

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 1 (69), 2023

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство
- 4.2. Зоотехния и ветеринария
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2023

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 1 (69), 2023

Groups of specialties:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management
- 4.2. Animal science and veterinary medicine
- 4.3. Agroengineering and food technologies

Volgograd
Volgograd state agrarian university
2023

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет

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

№ 1 (69), 2023

Группы специальностей:

- 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство
- 4.2. Зоотехния и ветеринария
- 4.3. Агроинженерия и пищевые технологии

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**

THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd state
agrarian university

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

№ 1 (69), 2023

Specialty groups:

- 4.1. Agronomy, forestry and water management
- 4.2. Animal science and veterinary medicine
- 4.3. Agroengineering and food technologie

ИЗВЕСТИЯ

Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование

№ 1 (69), 2023

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

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

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

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

Заместители главного редактора:

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

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

PROCEEDINGS

of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education

№ 1 (69), 2023

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

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

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

Deputy chief editor:

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

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Рулев А.С., академик РАН, гл. научн. сотр. Всероссийский НИИ орошаемого земледелия
<http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

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

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

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

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

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

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

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

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

Rulev A.S., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Chief Scientific Officer All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture

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

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

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

4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство

4.1. Agronomy, forestry and water management

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)

4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.2. Plant breeding, seed production and biotechnology (agricultural sciences)

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

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

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

Zelenev A.V., 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

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

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

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки)

4.1.3. Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

Семененко С.Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ВНИИОЗ

Semenenko S.Ya., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ

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

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

4.1.4. Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры (сельскохозяйственные науки)

4.1.4. Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (сельскохозяйственные науки)

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.1.5. Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика (технические науки)

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

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

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

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

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

4.1.6. Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация (сельскохозяйственные науки)

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

Рулев А.С., академик РАН, гл. научн. сотр. Всероссийский НИИ орошаемого земледелия <http://www.volsu.ru/struct/institutes/ien/>

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

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

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

4.2. Зоотехния и ветеринария

4.2.1. Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология (ветеринарные науки)

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

4.1.5. Land reclamation, water management and agrophysics (technical sciences)

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

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

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

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

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

4.1.6 Forest science, silviculture, agroforestry, landscaping, forest pyrology and inventory (agricultural sciences)

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

Rulev A.S., Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Scientific Officer All-Russian 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

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

4.2. Animal science and veterinary medicine

4.2.1. Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology (veterinary sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.2. Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность (ветеринарные науки)

4.2.2. Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety (veterinary sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)

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

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

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

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

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)

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

4.2.4. Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства (сельскохозяйственные науки)

4.2.4 Private zootechnics, feeding, feed and livestock production technologies (agricultural sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (сельскохозяйственные науки)

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.5. Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных (биологические науки)

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

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

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, г.н.с. Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (сельскохозяйственные науки)

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

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии —МВА имени К. И. Скрябина

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

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

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

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

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

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

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

4.2.5 Breeding, Selection, Genetics and Animal Biotechnology (Agricultural Sciences)

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

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

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

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

4.2.6. Fisheries, aquaculture and industrial fisheries (agricultural sciences)

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

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology - MBA named after K. I. Scriabin

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

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

Васильев А.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии —МВА имени К. И. Скрибина

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Астраханский государственный технический университет, Институт рыбного хозяйства, биологии и природопользования

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

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

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

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

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

Новиков А.Е., доктор технических наук, **член-корр. РАН**, ФГБНУ ВНИИОЗ, директор

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

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

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

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.2.6. Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство (биологические науки)

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

Vasiliev A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Bio-Technology - MBA named after K. I. Scriabin

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Astrakhan State Technical University, Institute of Fisheries, Biology and Environmental Management

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки)

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

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

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

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

Novikov A.E., Doctor of Technical Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, GNU VNIIOZ, Director

Ryadnov A.I., Doctor of Technical Sciences, Professor, 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

4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса (технические науки)

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

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

Дарманиян А.П., доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГАУ

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

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

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

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

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

Храмова В.Н., доктор биологических наук, профессор, Волгоградский государственный технический университет, декан факультета технологии пищевых производств

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, г.н.с. Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

4.3.2. Electrical technologies, electrical equipment and power supply of the agro-industrial complex (technical sciences)

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

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

Darmanyan A.P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Volgograd State University

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

4.3.3. Food systems (biological sciences)

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

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

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

Khramova V.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Technical University, Dean of the Faculty of Food Production Technology

Mosolova N.I., Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher of the Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО / AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-01

ECOTONS OF THE WATER INTAKE ZONES OF THE TSIMLYANSK RESERVOIR: CONDITION AND BIOREMEDIATION

V.V. Melikhov, LN. Medvedeva, M.V. Moskovets

Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 15.11.2022

Submitted 02.03.2023

Summary

The article presents studies of the water intake zone of the Tsimlyansky Reservoir near the village «Vesely» - Kotelnikovsky district of the Volgograd region. The results showed that the bioremediation of the reservoir improves the hydrochemical composition of water at the intake to the MPC standards and contributes to the conservation of ecotones, justifies the improvement of biotechnologies for natural water purification.

Abstract

Introduction. With anthropogenic activity (pollution of the surface of water bodies and lands), as well as with changes in climatic, hydrological and landscape regimes, significant structural and spatial shifts occur in existing ecosystems. The deterioration of water quality also significantly affects the state of coastal-aquatic ecotones, structural and species composition. **Object.** The bay of the Tsimlyansk reservoir, a water intake zone on the northeastern outskirts of the village «Vesely», providing water supply to the population of the urban settlement of Kotelnikovo, Volgograd Region. **Materials and methods.** The issues of the state and development of ecotones of the Tsimlyansk Reservoir, the use of bioremediation to improve the quality of natural water are being studied. The Tsimlyansk Reservoir was studied, the water quality was determined, formalized relationships between the abiotic and biotic components of the ecosystem were revealed, the ecological state of the coastal water ecotone of the water intake zone of the Tsimlyansk Reservoir was predicted, on which there are a number of structures whose functioning affects the water regime and level. In order to improve the quality of water in the bay near the village «Vesely», bioremediation of the planktonic microalgae *Chlorella vulgaris* was carried out, calculations of the introduction were made using computer programs. **Results and conclusions.** On the basis of the studies carried out, a map of the species composition of the ecotone was compiled, a scheme for the introduction of the strain *Chlorella vulgaris* No. IFR S-111 into the bay near the village «Vesely». The main biological indicators-indicators of the ecotone system of water bodies have been established, taking into account changes in the hydrological regime. The positive impact of the environmentally safe bioremediation of water at the water intake of the Tsimlyansk Reservoir in order to improve the quality of natural water used for drinking purposes is shown.

Key words: *ecotone, bioremediation, hydrological regime, hydrochemical indicators, water intake, reservoir, chlorella, ecosystem, Chlorella vulgaris strain № C-111.*

Citation. V.V. Melikhov, LN. Medvedeva, M.V. Moskovets. Ecotons of the water intake zones of the tsimlyansk reservoir: condition and bioremediation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 13-21 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-01.

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 634.93:521

**ЭКОТОНЫ ВОДОЗАБОРНЫХ ЗОН ЦИМЛЯНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА:
СОСТОЯНИЕ И БИОРЕМЕДИАЦИЯ****В. В. Мелихов**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАН**Л. Н. Медведева**, доктор экономических наук**М. В. Московец**, старший научный сотрудник*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 15.11.2022

Дата принятия к печати 02.03.2023

Актуальность. При антропогенной деятельности (загрязнение поверхности водоемов и земель), а также при изменении климатических, гидрологических и ландшафтных режимов происходят значительные структурные и пространственные сдвиги в сложившихся экосистемах. Ухудшение качества воды существенно влияет на состояние прибрежно-водных экотонных, их структурно-видовой состав. **Объекты.** Залив Цимлянского водохранилища, водозаборная зона на северо-восточной окраине хутора Веселый, обеспечивающая подачу воды населению городского поселения Котельниково Волгоградской области. **Материалы и методы.** Изучаются вопросы состояния и развития экотонных Цимлянского водохранилища, использование биоремедиации для улучшения качества природной воды. Проводилось изучение Цимлянского водохранилища, определялось качество воды, выявлялись формализованные зависимости между абиотическими и биотическими компонентами экосистемы, прогнозировалось экологическое состояние прибрежно-водного экотона водозаборной зоны Цимлянского водохранилища, на котором имеется ряд сооружений, функционирование которых оказывает влияние на режим и уровень воды. В целях улучшения качества воды в заливе у х. Веселый проводилась биоремедиация планктонной микроводоросли *Chlorella vulgaris*, расчеты вселения производились с помощью программ для ЭВМ. **Результаты и выводы.** На основании проведенных исследований составлена карта видового состава экотона, разработана схема вселения штамма *Chlorella vulgaris* № ИФР С-111 в залив у х. Веселый. Установлены основные биологические показатели-индикаторы экотонной системы водных объектов с учетом изменений в гидрологическом режиме. Показано положительное влияние проведенной экологически безопасной биоремедиации воды на водозаборе Цимлянского водохранилища в целях улучшения качества природной воды, используемой в питьевых целях.

Ключевые слова: экотоны, биоремедиация, гидрологический режим водохранилищ, гидрохимические показатели, водозаборы, водохранилища, *Chlorella vulgaris*.

Цитирование. Мелихов В. В., Медведева Л. Н., Московец М. В. Экосистемы водозаборных зон Цимлянского водохранилища: состояние и биоремедиация. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 13-21. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-01.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Большинство водохранилищ Российской Федерации является водоемами многоцелевого назначения, в связи с этим качество воды является важной составляющей нормальной жизнедеятельности всего живого, и прежде всего здоровья человека [12]. Вода участвует во всех жизненных процессах человека, животных, растений, она является основой для развития хозяйственной деятельности в области растениеводства и прудового рыбоводства [10]. В связи с возрастанием антропогенного воздействия на природные сообщества наиболее актуальными стали вопросы изучения экотонных (переходных сообществ), которые стали формироваться в водозаборных зонах водохранилищ. Разрабатываемая концепция выделения динамических процессов, протекающих в экотонах на водоохранных зонах, является весьма актуальной, поскольку затрагивает много-

образии биологических объектов, связывающих жизнь с этими зонами. Актуальность исследования объясняется тем фактом, что экосистемы водозаборных зон со своим набором флоры и фауны интенсивно используются человеком для сельскохозяйственного орошения и питьевого водоснабжения [4]. При разработке и планировании водоохраных зон и определении режимов их использования принимается во внимание тот факт, что пойменные экосистемы интразональны, что в их развитии и функционировании главным является гидрологический фактор. В естественных природных условиях гидрологический режим водоемов определяется режимом грунтовых вод. При экологическом обосновании выделения водоохраных зон водных объектов с измененным гидрологическим режимом в первую очередь учитываются возможные изменения в водных биоценозах [6]. Разнообразные группы растений (гигрофиты, аэрогидатофиты), обитающие в водоемах, являются их неотъемлемой частью, обеспечивающей нормальное функционирование и устойчивость водных экосистем [13]. Одни группы водных растений продуцируют кислород, создавая благоприятные физико-химические условия для обитания остальных гидробионтов; другие, например микроскопические водоросли, являются начальным звеном в пищевых цепочках водоемов; макрофиты, в свою очередь, формируют среду обитания и служат источником питания для многих животных и рыб, обитающих в водоемах; растения, произрастающие по берегам, укрепляют береговую линию, препятствуют абразии и взмучиванию донных отложений и как следствие, обеспечивают снижение мутности воды и большее поступление солнечного света [17].

Материалы и методы. Цимлянское водохранилище, созданное в середине XX века на реке Дон при сооружении Цимлянской ГЭС, стало для Волгоградской и Ростовской областей основой для получения электроэнергии, водоснабжения городов и промышленных предприятий, орошения, развития судоходства и рыбного хозяйства. Водохранилище занимает обширную долину Дона в его нижнем и, отчасти, среднем течении, с общей площадью водосбора – 255 000 км² [7]. Гидрографическая сеть в прибрежных районах Цимлянского водохранилища имеет значительное развитие: наиболее развита гидрографическая сеть речных долин и балок по правобережью водохранилища, по склонам высокого и узкого, прижатого к долине р. Дон и его водораздела с бассейном Северского Донца [7]. Морфометрические данные Цимлянского водохранилища (по материалам ФГУ «Управление водными ресурсами Цимлянского водохранилища»): водосборная площадь – 255 тыс. кв. км, среднемноголетний годовой сток р. Дон в створе плотины – 22,3 куб. км, площадь водоохранной зоны – 222,9 тыс. га, длина береговой линии (до устья р. Иловли) – 912 км, длина распространения подпора в межень (по естественному речному фарватеру) – 360 км, нормальный подпорный уровень (НПУ) – 36,0 м БС, уровень навигационной сработки – 31,0 м БС, уровень мертвого объема – 31,0 м БС, форсированный уровень при Р = 0,01 % – 38,0 м БС, средняя ширина – 0,4 км, наибольшая ширина – 38 км, максимальная глубина (приплотинный участок) – 35 м, средняя глубина – 8,8 м, объем воды (полный) – 23,86 куб. км, объем воды (полезный) – 11,54 куб. км, водообмен водохранилища за год (сред.) – 1,05, площадь зеркала при НПУ – 2702 кв. км, площадь мелководий (мелководья глубиной 2 м) – 314 кв. км, процент мелководий от общ. площади водохранилища – 11,6 % [3]. В число факторов, определяющих современный гидрологический и гидрохимический режим Цимлянского водохранилища, можно включить речной сток. С течением времени существования водохранилища его площадь, береговая линия, глубины и другие морфометрические показатели сильно изменялись. Наибольшее поступление воды в водоем наблюдается весной (до 70 %), период подъема температуры воды и активизации всех биологических процессов. В это время вместе с паводком в водохранилище поступает и наибольшее количество биогенных веществ, обеспечивающих интенсивное развитие фитопланктона и определяющих весь сложный процесс биологического продуцирования в водоеме [2]. На Цимлянском водохранилище имеется ряд сооружений в акватории и береговой зоне, функционирование которых

оказывает влияние на режим использования и регулирования уровней воды в водохранилище: к их числу относятся: водозабор из водохранилища, принадлежащий администрации Новомаксимовского сельского поселения, водозабор N 2 ОАО «Краснодонское», водозабор Иловлинского филиала ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Волгоградской области», водозабор Донского филиала ОАО НПП «Сады Придонья», насосная станция ГНС-3 Генераловской оросительно-обводнительной системы, водозабор для орошения земель сельскохозяйственного назначения Котельниковского филиала ФГБУ «Управление мелиорации земель и сельскохозяйственного водоснабжения по Волгоградской области», водозабор на северо-восточной окраине хутора Веселый, обеспечивающий население городского поселения Котельниково Волгоградской области питьевой водой. Приоритетным критерием при обосновании и выделении водоохраных зон являются размеры наземных участков (водоохраных зон), а основными биологическими показателями-индикаторами с ежегодной флуктуацией экотонных систем выступают биоценозы [14]. Присутствие в составе водозаборных экотонов постоянных видов растений (55-60 %) от ежегодной флоры отдельной модельной площади указывает на удовлетворительное состояние экосистемы [8]. Экотонная территория водозаборных зон Цимлянского побережья часто обозначается редкими кустами тамарисков (*Tamarix elongata*, *T. hispida*, *T. ramosissima*), зарослями типчака (*Festuca valesiaca*), степного разнотравья, ковылей. Общее количество видов в экотонной системе стремятся к увеличению в направлении от берега, что объясняется возрастанием разнообразия условий в биотопе. Основным внешним фактором, обуславливающим динамику природных комплексов побережья, является уровень водохранилища и особенность его регулирования. Водные ресурсы по территориям Волгоградской и Ростовской областей распределены достаточно неравномерно, к тому же с каждым годом увеличивается дефицит экологически чистой воды. Из-за загрязнения стоками в водоемах усиливаются биогенные мутации, беднеет флора и фауна, увеличивается эффект «цветения» [15]. С проблемой качества воды сталкиваются многие хозяйства на водозаборах Цимлянского водохранилища, учёные и исследователи ведут поиск эффективных и экономически выгодных способов очистки водоемов, к которым можно отнести биологические. Данные технологии применяются как в искусственных (в биологических фильтрах), так и в естественных (полях фильтрации) условиях при подготовке воды для орошения и рыбоводческих прудов [1]. Деятельность высших растений, бактерий, различных беспозвоночных и рыб запускает механизм самоочищения водоема. Особенно активны в процессе очищения воды водоросли и дрожжевые грибы, устрицы, моллюски, простейшие. Однако при массовом развитии фитопланктона можно получить и обратный эффект. Так, массовое развитие, особенно сине-зеленых водорослей, может привести к самозагрязнению водоемов [11]. Над проблемой улучшения качества природной воды для орошения и хозяйственных нужд человека работают ученые ФГБНУ ВНИИОЗ. Результаты экспериментов и наблюдений показывают, что проведение альголизации позволило улучшить состояние воды на водохранилищах Волго-Донского междуречья, повысить содержание растворенного кислорода, изменить структуру фито-, зоопланктона.

Международными исследованиями доказано, что в роли антагониста сине-зеленых водорослей могут выступать зеленые микроводоросли. Основное значение микроводорослей в жизни природы вытекает из их физиологических особенностей, как зеленые растения, подобно высшим растениям на суше, они в воде являются основными созидателями органического вещества и кислорода. Для очистки водоемов применяются химические методы: внесение в водоем медного купороса, газообразного хлора, хлорной извести, а для малых водоемов – соединений серебра. Несмотря на временный положительный эффект, данных, подтверждающих безопасность для человека и других живых организмов от воздействия химических соединений, не представлено. Ультразвуковые приборы для очистки водоемов успешно применяются в США, Канаде, Япо-

нии и Нидерландах, но и они имеют недостатки: ультразвуковые излучатели воздействуют не только на сине-зелёные водоросли, но и на другие микроорганизмы биоты, например *Chlorella vulgaris*. За рубежом широко используются для предупреждения «цветения» водоемов конструкции «constructed wetlands» (биоплато), которые размещаются на водной глади и не пропускают в водоем солнечные лучи, препятствуя тем самым бурному «цветению» сине-зеленых водорослей [16].

Результаты и обсуждение. В 2022 году учеными ФГБНУ ВНИИОЗ (Волгоград) проводились исследования водозаборной зоны Цимлянского водохранилища у х. Веселый Котельниковского района Волгоградской области. Для определения состояния водозаборной зоны отбирались пробы воды на гидрохимические показатели. На рисунке 1 показаны 9 станций отбора проб воды и 3 станции проведения альголизации штаммом *Chlorella vulgaris* № ИФР С-111 в заливе у х. Веселый.



Рисунок 1 – Маршрут движения катера с приборами для взятия проб воды с различных глубин, станции отбора биоматериалов и вселения *Chlorella vulgaris* в залив Цимлянского водохранилища х. Веселый Котельниковского района Волгоградской области

Figure 1 – The route of the boat with devices for taking water samples from various depths, the station for sampling biomaterials and the introduction of *Chlorella vulgaris* into the bay of the Tsimlyansk reservoir x. Cheerful Kotelnikovskiy district Volgograd region

Для биоремедиации водозаборной зоны, предотвращения эффекта «цветения» в разработку была взята биотехнология коррекции альгоценоза, основанная на вселении в водоем микроводоросли *Chlorella vulgaris*. Культивирование штамма проводилось в лаборатории ФГБНУ ВНИИОЗ в соответствии с техническими условиями. При культивировании на среде Тамия в термостате при температуре 36 °C и интенсивности освещения 30 000 лк на третьи сутки плотность клеток в культиваторе достигает 80 млн/мл при исходном количестве 9 млн/мл, что соответствует желаемому результату. Штамм *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 может выносить прямое солнечное освещение, при достижении плотности клеток в культуре более 10 млн/мл проявляются хорошо выраженные антагонистические свойства к альгофлоре, бактериям и инфузориям, при этом он обладает невосприимчивостью к фагам. Молодые клетки штамма слабоэллипсоидные, размером от 1,5 до 2,0 мкм. Взрослые – шаровидные, на жидкой питательной среде 6-8 мкм в диаметре, на дно не осаждаются и стенки культиватора не обрастают [5].



Рисунок 2 – Водозаборная зона Цимлянского водохранилища у х. Веселый, Котельниковский район, Волгоградская область

Figure 2 – The water intake zone of the Tsimlyansk reservoir near the Kh. Cheerful Kotelnikovskiy district, Volgograd region



Рисунок 3 – Культивирование штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в лаборатории ФГБНУ ВНИИОЗ

Figure 3 – Cultivation of the *Chlorella vulgaris* strain IGF No. C-111 in the laboratory of FGBNU VNIIOZ

Для расчёта параметров вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в водоемы применялись программы для ЭВМ «Система искусственного интеллекта для альголизации пресноводных водоемов Юга России штаммом *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в расчете на площадь водного зеркала» (правообладатель ФГБНУ ВНИИОЗ № 2021617064 от 06.05.2021); «Моделирование параметров процесса альголизации водоема на основе определения степени адаптации *Chlorella Vulgaris* к воде природных и искусственных водоемов» (правообладатель ФГБНУ ВНИИОЗ № 2021680606 от 13.12.2021). После вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 в залив у х. Веселый гидрохимические показатели воды стали соответствовать нормам ПДК (таблицы 1, 2).

Азот присутствовал в воде в виде различных неорганических и органических соединений (неорганические соединения – аммонийные, нитритные и нитратные). Концентрация нитратного азота колебалась в широких пределах, но это не лимитировало жизнедеятельность водных организмов и не превышало в среднем ПДК. Общее содержание металлов (железа, сульфат иона, свинца, никеля) до вселения штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 (март месяц) превышало ПДК; в последующем, по мере альголизации водоема показатели стали снижаться, в сентябре соответствовали нормам ПДК.

Таблица 1 – Гидрохимические показатели проб воды из залива Цимлянского водохранилища у х. Веселый, Котельниковский район, Волгоградская область, (мг/дм³)

Table 1 – Hydrochemical indicators of water samples from the bay of the Tsimlyansk reservoir near Kh. Vesely Kotelnikovsky district, Volgograd region, (mg/dm³)

Наименование	Месяц					
	V	VI	VII	VIII	IX	ПДК
Цветность	12±2	18 ±4	14 ± 3	10 ± 10	12 ± 2	не более 20
Мутность	менее 1,0	2,2 ± 0,4	1,5 ± 0,3	2,4 ± 0,5	менее 1,0	не более 2,6
Сухой остаток, минерализация	486 ± 44	465 ± 42	505 ± 45	496 ± 45	523 ± 47	1000
Жесткость	4,9 ± 0,7	5,2 ± 0,5	5,5 ± 0,5	4,8 ± 0,4	4,9 ± 0,7	7,0
Перманганатная окисляемость	2,8 ± 0,3	4,2 ± 0,4	3,0 ± 0,3	3,8 ± 0,4	2,4 ± 0,2	5,0
Нефтепродукты	менее 0,005	менее 0,005	менее 0,005	0,007 ± 0,004	0,02 ± 0,007	0,010-0,05
Анионные поверхностно-активные вещества	0,030 ± 0,01	0,31 ± 0,012	0,11 ± 0,04	менее 0,025	менее 0,025	0,5
Водородный показатель pH	8,29 ± 0,20	8,04 ± 0,20	8,00 ± 0,20	7,86 ± 0,20	7,65 ± 0,20	6,5-8,5

Таблица 2 – Содержание тяжелых металлов в пробах воды из залива Цимлянского водохранилища у х. Веселый, Котельниковский район, Волгоградская область, (мг/дм³)

Table 2 – The content of heavy metals in water samples from the bay of the Tsimlyansk reservoir at Kh. Vesely Kotelnikovsky district, Volgograd region, (mg/dm³)

Наименование	Месяц			
	III	VI	IX	ПДК
Железо общее	0,64 ± 0,10	менее 0,05	0,06 ± 0,02	0,3
Нитрат-ион	Менее 0,1	2,9 ± 0,5	3,3 ± 0,4	40
Хлорид-ион	92 ± 14	110 ± 15	69,1±10,3	300
Сульфат-ион	148 ±15	101±14	100 ±10	100
Марганец	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	0,1
Свинец	Менее 0,02	Менее 0,01	Менее 0,01	0,01
Никель	Менее 0,15	Менее 0,11	Менее 0,10	0,1
Хром	Менее 0,02	Менее 0,02	Менее 0,02	0,1
Цинк	Менее 0,04	Менее 0,04	Менее 0,04	5,0
Медь	Менее 0,01	Менее 0,01	Менее 0,01	0,3

Выводы. Основными внешними факторами, влияющими на состояние экотонов водозаборных зон, являются изменяющийся климат (повышение температуры) и хозяйственная деятельность человека. Природными факторами, от которых зависит стабильное состояние водозаборных зон, являются уровень водохранилища и сезонные колебания глубины залегания грунтовых вод. Весной подтоплению подвержена территория на расстоянии 200 м от береговой линии водохранилища. Изучение экотонов на водозаборных территориях Цимлянского водохранилища дает возможность оценить уровень антропогенного воздействия, изучить структурные и пространственные сдвиги в сложившихся экосистемах, определить динамику изменения качества воды. Положительный эффект – улучшение гидрохимического состава воды на водозаборе до норм ПДК, полученный после биоремедиации способствует сохранению экотонов, обосновывает совершенствование биотехнологий очистки природной воды.

Библиографический список

1. Биомелиорация водоемов с использованием микроводорослей / К. А. Родин, М. В. Фролова, М. В. Московец, А. Ю. Торопов // Орошаемое земледелие. 2021. № 2. С. 58-62.
2. Биотехнологии в обеспечении качества природной воды в Цимлянском водохранилище. / В. В. Мелихов, Л. Н. Медведева, М. В. Фролова, М. В. Московец // Journal of Agriculture and Environment. 2021. № 4 (20).
3. Вичкаева В. В. Роль метеорологических факторов в формировании уровня Цимлянского водохранилища // Научно-практические исследования. 2020. № 4 (27). С. 4-7.
4. Внедрение природосберегающих технологий – экологический императив в развитии регионов / Л. Н. Медведева, М. В. Фролова, М. В. Московец, А. В. Медведев // Вестник Волгоградского государственного университета. Экономика. 2019. Т. 21. №. 4. С. 126–140.
5. Дмитриев Н. П., Козлова Т. В. Влияние условий культивирования на витаминный состав суспензии водорослей *Chlorella vulgaris* (beijerinck) и *Scenedesmus acutus* (meyen) // Биотехнология: достижения и перспективы развития. Пинск, 2018. С. 58-60.
6. Зельман О. С. Установление и мониторинг водоохраной зоны Цимлянского водохранилища на основе данных аэросъемки // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 1 (61). С. 138-147.
7. Клещенко А. В., Московец А. Ю., Фролова М. В. Результаты изучения гидролого-гидрохимических характеристик Цимлянского водохранилища и Нижнего Дона в период сильного половодья // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 184-187.
8. Мурашко Т. А. Методики оценки экологических аспектов в градостроительном планировании прибрежных территорий озер // Архитектура и современные информационные технологии. 2022. № 2 (59). С. 258-260.
9. Синергическая эффективность применения в прудовом предпринимательстве микроводоросли *Chlorella vulgaris* / Л. Н. Медведева, М. В. Московец, А. Ю. Торопов, А. В. Медведев // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 9. С. 57-62.
10. Современное состояние популяции густеры в Цимлянском водохранилище / Ю. В. Кравченко, Д. А. Ранделин, А. И. Новокщенова, Л. С. Петрухина // Стратегия развития сельского хозяйства в современных условиях - продолжение научного наследия Листопада Г. Е., академика ВАСХНИЛ (РАСХН). 2019. С. 272-277.
11. Фролова М. В., Зибаров А. А., Московец М. В. Экологическая оценка современной биотехнологии улучшения качества воды для агроландшафтов Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 94-101.
12. Харитонов Г. В. Экономико-экологические аспекты обеспечения водохозяйственной безопасности бассейна Нижнего Дона // Экономика и предпринимательство. 2018. № 5 (94). С. 508-510.
13. Цикличность в зарастании высшей водной растительности мелководий Цимлянского водохранилища / А. И. Кочеткова, Е. С. Брызгалина, М. С. Баранова [и др.] // Антропогенная трансформация геопространства: природа, хозяйство, общество. Волгоград, 2019. С.74-78.
14. Численное моделирование гидродинамического воздействия на берегозащитные сооружения Цимлянского водохранилища / А. И. Сухинов, А. Е. Проценко, В. В. Сидорякина, С. В. Проценко // Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития. Авиационная и спутниковая метеорология. М., 2021. С. 361-366.
15. 35 лет институту экологии Волжского бассейна РАН / Е. В. Быков, В. И. Попченко, Г. С. Розенберг, С. В. Саксонов, В. Ф. Феоктистов // История науки и техники. 2018. № 13. С. 238-276.
16. Bertani I., Steger Kara E. Cyanobacteria bloom tracking: Do different approaches to monitoring say the same thing? // Environmental Science in General. 2017. Vol. 575. P. 294-308.
17. Goncalves A., Pires J., Simoes M. Wastewater polishing by consortia of *Chlorella vulgaris* and activated sludge native bacteria // Journal of cleaner production. 2016. V. 133. P. 348-357.

Информация об авторах:

Мелихов В. В., ведущий научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ, (400002, Волгоград, ул. Тимирязева 9), доктор сельскохозяйственных наук, член корреспондент РАН, тел.8(8442)60-24-33

Медведева Л. Н., ведущий научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ, (400002, Волгоград, ул. Тимирязева 9), доктор экономических наук, тел.8(8442)60-24-33

Московец М. В., старший научный сотрудник ФГБНУ ВНИИОЗ, (400002, Волгоград, ул. Тимирязева 9) тел.8(8442)60-24-33, e-mail: vniioz-algo@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-02

**SECONDARY SUCCESSION IN THE QUARRIES
OF THE NORTH CAUCASUS**

¹I.N. Aliev, ²V.P. Voronina, ¹ Z.K. Khamarova

¹Federal State Budget Scientific Institution

«North Caucasian Research Institute of Mountain and Foothill Gardening», Nalchik

² Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 20.12.2022

Submitted 30.01.2023

Summary

During secondary successions, mixed tree and shrub plantations adapted to technogenic soils with stable phytocenotic connections characteristic of zonal communities are formed at quarry developments.

Abstract

Introduction. The study of the processes of self-healing of quarries for the extraction of construction raw materials in the North Caucasus is insufficiently studied problem, the features of secondary successions due to the specifics of soils on technogenically disturbed landscapes, phytocenotic compatibility of tree species have not been identified. **Object.** The objects of the research were natural herbaceous and woody vegetation in quarries for the extraction of construction raw materials in the Kabardino-Balkarian Republic. **Materials and methods.** The methodological basis for the study of vegetation cover was the method of geobotanical descriptions based on dominants. The study of the growth and development of natural forest stands carried out by the method of laying trial plots and analyzing model trees by generally accepted taxation methods. **Results and conclusions.** As a result, of the conducted research in the steppe, pre-mountain, lower mountain and mountain-steppe zones, the peculiarities of the development of secondary successions were revealed. It is established that the demutation process occurs in the environment of agar landscapes, among degraded pasture lands, in forested areas, surrounded by zonal vegetation. It was revealed that the herbaceous vegetation settles within five years after the stabilization of the soil foundation. Then mixed deciduous plantings with a well-developed shrub layer formed. In the composition of the tree and shrub plantations, 5-14 species grow, aged 7-51 years. The density can vary (600-2400 pcs / ha) and depends on the habitat conditions, the duration of secondary succession. Optimization of the species composition achieved due to individual bioecological needs, which are in the settlement of wet habitats *Salix caprea* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., dry slopes – *Hippophae rhamnoides* L., *Prunus divaricata* Ldb., *Rosa canina* L. and other drought-resistant, root-springing shrubs. Tall trees (3.0-11.2 m) grow as the main breed: *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditschia triacantos* L., *Carpinus betulus* L., *Populus balsamifera* L., which stabilize the forest environment. The results obtained will make it possible to activate measures for the reclamation of disturbed lands, to use the natural resource potential more intensively.

Key words: secondary succession, tree and shrub vegetation, natural overgrowth in quarries for the extraction of raw materials, biological reclamation.

Citation. Aliev I. N., Voronina V. P., Khamarova Z. K. Secondary succession in the quarries of the North Caucasus. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 21-36 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-02.

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 631.6.8

ВТОРИЧНАЯ СУКЦЕССИЯ В КАРЬЕРАХ СЕВЕРНОГО КАВКАЗА

И. Н. Алиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
В. П. Воронина², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
З. Х. Хамарова¹, доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

¹ФГБНУ «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного
и предгорного садоводства», г. Нальчик

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.12.2022

Дата принятия к печати 30.01.2023

Актуальность. Изучение процессов самозарастания карьеров по добыче строительного сырья на Северном Кавказе является малоизученной проблемой: не выявлены особенности вторичных сукцессий, обусловленных спецификой почвогрунтов на техногенно-нарушенных ландшафтах, фитоценотической совместимостью древесных пород. **Объект.** Объектами проведения исследований служила естественная травянистая и древесная растительность, произрастающая в карьерах по добыче строительного сырья в Кабардино-Балкарской республике. **Материалы и методы.** Методологической основой изучения растительного покрова послужил метод геоботанических описаний, основанный на доминантах. Изучение роста и развития естественных лесных насаждений производилось методом закладки пробных участков и анализа модельных деревьев общепринятыми таксационными методами. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований в степной, предгорной, нижнегорной и горно-степной зонах были выявлены особенности развития вторичных сукцессий. Установлено, что процесс деградации происходит в окружении агарных ландшафтов, среди деградированных пастбищных угодий, на лесных территориях, в окружении зональной растительности. Было выявлено, что травянистая растительность поселяется в течение пяти лет после стабилизации почвогрунтов. Затем формируются смешанные лиственные насаждения с хорошо развитым кустарниковым ярусом. В составе древесно-кустарниковых насаждений произрастает 5-14 видов в возрасте 7-51 год. Густота может варьировать (600-2400 шт./га) и зависит от условий обитания, продолжительности вторичной сукцессии. Оптимизация видового состава достигается за счет индивидуальных биоэкологических потребностей, которые заключаются в заселении влажных местообитаний *Salix caprea* L., *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., сухих склонов – *Hippophae rhamnoides* L., *Prunus divaricata* Ldb., *Rosa canina* L. и др. засухоустойчивыми, корнеотпрысковыми кустарниками. В качестве главной породы произрастают высокорослые деревья (3,0-11,2 м): *Robinia pseudoacacia* L., *Gleditschia triacanthos* L., *Carpinus betulus* L., *Populus balsamifera* L., которые стабилизируют лесную среду. Полученные результаты позволят активизировать мероприятия по рекультивации нарушенных земель, интенсивнее использовать природно-ресурсный потенциал.

Ключевые слова: вторичная сукцессия, древесно-кустарниковые насаждения, естественное зарастание карьеров, биологическая рекультивация земель.

Цитирование. Алиев И. Н., Воронина В. П., Хамарова З. Х. Вторичная сукцессия в карьерах Северного Кавказа. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 21-36. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-02.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. При открытой добыче полезных ископаемых в первую очередь уничтожается почвенно-растительный покров, разрушаются ландшафты и нарушаются биогеоценотические связи, что оказывает прямое отрицательное воздействие на всю

окружающую среду. По мнению О.А. Языкова (2011), из-за карьерных разработок происходит нарушение и смена естественных ландшафтов на малоустойчивые, которые не имеют механизмов саморегуляции, поэтому длительное время сохраняют негативное влияние на значительные прилегающие территории. Наиболее тяжелые последствия для ландшафтов фиксируются на территориях Северного Кавказа, где осуществляется рекреация, произрастают редкие и эндемичные виды.

В последние годы исследователи [3, 7, 14] считают, что приоритетным направлением в экологических исследованиях должно быть изучение процессов самовосстановления нарушенных природных ландшафтов с целью задействовать природные ресурсы и потенциал биогеоценозов. Сукцессионные процессы, протекающие в экосистеме по прогрессивному типу, позволяют компенсировать негативное антропогенное воздействие на природу, так как запускаются естественные механизмы самовозобновления, свойственные вторичным сукцессиям.

Естественные механизмы восстановления растительного покрова – это длительный процесс, который может протекать с различной скоростью. Классическая вторичная сукцессия включает несколько стадий. Она начинается с поселения мхов и внедрения неприхотливых однолетников, которые дают большое количество семян и распространяются на большие расстояния. Затем через 2-3 года однолетники вытесняются многолетними травянистыми растениями, затем на их смену приходят низкорослые кустарники, а на более поздних стадиях сукцессии поселяются деревья. При изучении процессов самозарастания на карьерных отвалах в Центральном Предкавказье Т. Ю. Деньщикова [2] отмечает некоторые особенности в растительном покрове, связанные с присутствием сорных злаков, обилием разнотравья и почти полным отсутствием бобовых и многолетних видов.

Также исследователями отмечается, что при попадании на новые неосвоенные территории «зачатков» новой жизни выживают только те виды, у которых коэффициент экологической валентности соответствует биотопу. Пионерным видам также свойственны фитоценотические конкурентные взаимоотношения, которые приводят к образованию микрофитоценозов, образуют сезонные флуктуации и сукцессионные изменения. Одновременно с адаптацией и выстраиванием конкурентных отношений среди растений идет процесс трансформации эдафотопы, который становится более пригодным для других видов растений. Скорость трансформирования климатопы, аэротопы, видовой разнотравия на территории с вторичной сукцессией постепенно снижаются. На ней формируется стабильное сообщество, адаптированное к условиям окружающей среды.

Скорость самозарастания карьеров во многом зависит от источников обсеменения, особенно их доступности для распространения семян от различных лесных массивов, лесных культур, отдельно стоящих деревьев. Древесно-кустарниковые насаждения, находящиеся вблизи карьерных разработок, выполняют ведущую роль в восстановлении техногенно-нарушенных земель путем естественного зарастания их древесными породами и кустарниками.

Нерациональное использование земельных ресурсов полезных ископаемых приводит к техногенной трансформации естественных ландшафтов. В результате добычи сырья образуются большие массивы нарушенных земель, которые утрачивают свою хозяйственную ценность, становятся источниками негативного воздействия на окружающую среду, так как разрушается почвенный и растительный покров, который изменяет гидрологический режим, отрицательно влияет на прилегающие территории. Карьеры, где добывается строительное сырье, дестабилизируют естественные ландшафты, отрицательно влияют на агроландшафты. Наибольший вред от техногенно-нарушенных земель на Северном Кавказе выявлен в окрестностях поселений и лесных угодий. В со-

временных природно-экономических условиях большое значение приобретает рациональное использование земельных ресурсов, так как позволяет вовлечь неиспользуемые территории.

Целью исследований являлось изучение агресурсного потенциала нарушенных земель, анализ видового разнообразия древесных растений и развитие вторичной сукцессии с целью выявления особенностей формирования древесно-кустарниковых насаждений, приспособленных к почвогрунтам техногенно-нарушенных земель.

Материалы и методы. На территории Кабардино-Балкарской республики (КБР) добыча строительного сырья проводится в карьерах, которые оставляют под естественное зарастание. Объектами проведения исследований являлась естественная травянистая растительность, древесные и кустарниковые виды, которые заселяют бывшие карьеры, где добывались: песок, песчано-гравийные смеси, различные глины, вулканический пепел и туф (рисунок 1).

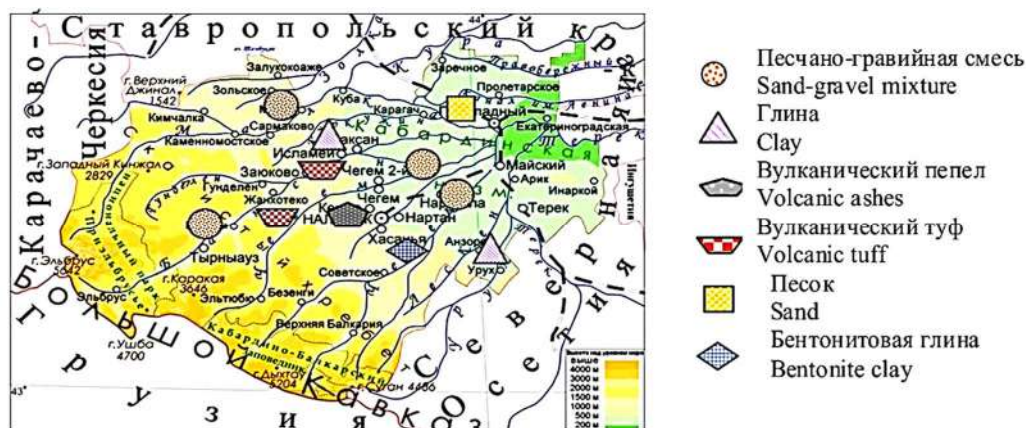


Рисунок 1 – Ключевые объекты изучения вторичных сукцессий
в Кабардино-Балкарской республике

Figure 1 – Key objects of study of secondary successions in the Kabardino-Balkaria Republic

Опытные участки расположены в КБР, где имеются природно-зональные комплексы, характерные для Северного Кавказа. КБР находится на юге РФ, занимает северные экспозиции на склонах в центральной части Большого Кавказа, а также примыкающие к ним равнинные ландшафты.

Объекты наблюдений находятся в различных природно-климатических условиях: степной, предгорной, нижнегорной и горно-степной зонах. Высота над уровнем моря колеблется в диапазоне от 130 до 150 м. Также меняется климат – от континентального до умеренно-континентального, где коэффициент увлажнения составляет 0,6-1,4, многолетняя среднегодовая температура колеблется от +3 до +12 °C, сумма годового количества осадков составляет от 300 до 700 мм.

Методологической основой изучения растительного покрова являлся метод геоботанических описаний на основе доминантов, который является традиционным и позволяет работать в различных ландшафтах. Изучение роста и развития естественных лесных насаждений производилось методом закладки пробных площадей и анализа модельных деревьев. С целью анализа пригодности почвогрунтов для произрастания растительности пробные площади закладывались на различных частях и экспозициях склонов карьеров. Экспериментальные площади закладывались размером (750 кв.м; 1200 кв.м; 5000 кв.м). На постоянных пробных участках проводился подревный учет, определялись таксационные показатели у 200 штук древесных пород. Также на учетной площади устанавливали видо-

вую принадлежность, густоту стояния, особенности развития растений. Морфологический и таксационный анализ состояния древесно-кустарниковых насаждений проводился способом измерения биометрических показателей, при этом определялись средневзвешенные параметры, ошибка, точность и достоверность опыта. Адаптационный потенциал древесных пород (АП) оценивался по комплексу эдафических и климатических факторов. I и II группы образуют виды с высокой и средней устойчивостью к экологическим факторам; III, IV группы имеют среднюю и слабую устойчивость; V группа представлена видами с невысокой устойчивостью, хорошо растут и развиваются.



Добыча глины вблизи населенного пункта
Clay mining near the settlement



Карьер песчано-гравийной смеси на
сельскохозяйственных полях
Quarry of sand-gravel mixture in agricultural
fields



Добыча туфа в окружении леса
Tuff mining surrounded by forest



Добыча вулканического пепла в лесах
Extraction of volcanic ash surrounded by forest

Рисунок 2 – Космические снимки различных карьерных разработок
в Кабардино-Балкарской Республике

Figure 2 – Satellite images of various quarry developments in the Kabardino-Balkaria Republic

Результаты и обсуждение. В Кабардино-Балкарии, где проводились научные исследования, были детально обследованы нарушенные земли, где проводилась добыча различного сырья, применяемого для строительной отрасли. Установлено, что чаще всего добыча минерального и органического сырья осуществляется открытым карьерным способом, поэтому формируются техногенные ландшафты, где разрушены растительные сообщества, почвенная и литогенная основа. Существующие карьеры имеют глубину карьерной выработки 18-65 м, обусловленную особенностью залегания полезных ископаемых [8]. Чаще всего после прекращения горных работ в карьерах не проводилось рекультивационных работ, что привело к многочисленным отрицательным последствиям. До разработки месторождений на опытных участках произрастала различная растительность (рисунки 2, 3, 4, 5).



Рисунок 3 – Заросли *Hippophae rhamnoides* L. на хвостохранилище

Figure 3 – Thickets of *Hippophae rhamnoides* L. at the tailings dump

Так, на территориях, где добываются песок и песчано-гравийная смесь, ранее выращивались бахчевые и зерновые культуры. На пастбищных и сенокосных угодьях стали добывать глину. Карьеры по добыче вулканического туфа и вулканического пепла приурочены к лесным территориям, где были буково-грабовые насаждения, также единично встречались экземпляры груши, мушмулы, ясеня. В подлеске росли кустарниковые виды – бересклет обыкновенный, боярышник однопестичный, бузина черная и др. Статистический анализ показывает, что биологическая рекультивация на техногенно-нарушенных землях проводилась на незначительной площади. Лесокультурные работы осуществлялись с использованием облепихи, тополей. При создании лесных культур на техногенно-нарушенных землях очень часто рекомендуемый регламент технологий не соблюдался, так как подбирались ассортимент пород, плохо приспособленный к почвогрунтам, не выдерживались схемы смешения, агротехника выращивания.

Проведенные наблюдения на бывших карьерных разработках показали, что после стабилизации почвогрунтов происходит самозаращение территорий травянистой и древесной растительностью, достаточно хорошо прослеживается вторичная

сукцессия формирования фитоценозов. Поселение растительности также происходит в самых неблагоприятных местах. Например, особи облепихи крушиновой поселяются и образуют заросли даже на хвостохранилище Тырныаузского горно-обогатительного комбината (рисунок 3).



Рисунок 4 – Зарастание карьера по добыче песчано-гравийной смеси

Figure 4 – Overgrowth of a quarry for the extraction of a sand-gravel mixture



Рисунок 5 – Вторичная сукцессия в карьере вулканического туфа

Figure 5 – Secondary succession in a volcanic tuff quarry

Обследование месторождений песка и песчано-гравийной смеси выявило отсутствие растительности в течение 5 лет, так как после добычи происходит естественное уплотнение почвогрунтов и выравнивание рельефа.

На 6-7-й годы обычно поселяются травы, а в нижних элементах рельефа начинают расти влаголюбивые тополя (Т. белый, Т. бальзамический), ива, на сухих склонах расселяется облепиха крушиновая (рисунки 3, 5). На других карьерных разработках техногенный рельеф более стабильный, поэтому разнотравно-злаковые группировки на отдельных территориях появляются сразу после горнотехнических работ (рисунок 6). Древесные и кустарниковые растения начинают расти через 8-10 лет, осваивая наиболее благоприятный микрорельеф.

Добываемое сырье <i>Extracted raw materials</i>	Продолжительность сукцессии, годы <i>Duration of succession, years</i>					
	1-5	6-10	11-20	21-30	31-40 и старше	
Песок	Растительность отсутствует	Разнотравно-злаковые группировки				
		<i>Tussilago farfara</i> L., <i>Chamaenerium angustifolium</i> L., <i>Elytrigia repens</i> L.	Единичные деревья и кустарники: <i>Salix triandra</i> L), <i>Populus balsamifera</i> L., <i>Hippophae rhamnoides</i> L.			
		<i>Onopordon acantium</i> L., <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L., <i>Inula helenium</i> L.		<i>Ulmus scabra</i> Mill., <i>Populus tremula</i> L.		
		<i>Artemisia annua</i> L., <i>Tanacetum vulgare</i> L., <i>Filipendula ulmaria</i> Maxim., <i>Verbascum thapiiforme</i> Schard.		<i>Ulmus pumila</i> L., <i>Salix acutifolia</i> Willd.		
Песчано-гравийная смесь	Растительность отсутствует	Разнотравно-злаковые группировки				
		<i>Tussilago farfara</i> L., <i>Inula helenium</i> L., <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.,		<i>Populus balsamifera</i> L., <i>Hippophae rhamnoides</i> L.		
		<i>Galium verum</i> L., <i>Verbascum thapiiforme</i> Schard., <i>Onopordon acantium</i> L., <i>Erenginum planum</i> L.		<i>Populus alba</i> L., <i>Populus tremula</i> L., <i>Prunus divaricata</i> Ldb.		
Глина	<i>Artemisia annua</i> L., <i>Onopordon acantium</i> L., <i>Erythrea centarium</i> Pers., <i>Rumex confertus</i> Willd., <i>Arctium lapra</i> L.		<i>Prunus divaricata</i> Ldb., <i>Rosa canina</i> L., <i>Hippophae rhamnoides</i> L.			
	<i>Tanacetum vulgare</i> L., <i>Galium verum</i> L., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Artemisia vulgaris</i> L.			<i>Robinia pseudoacacia</i> L., <i>Pyrus caucasica</i> Fed.		
Вулканический туф	<i>Tussilago farfara</i> L., <i>Rumex confertus</i> Willd., <i>Plantago major</i> L., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Hypericum perforation</i> L., <i>Pulmanaria officinalis</i> L., <i>Dtiopteris filix mas</i> L.					
		<i>Carpinus betulus</i> L.				
		<i>Carpinus betulus</i> L.		<i>Mespilus germanica</i> L., <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.), <i>Pyrus caucasica</i> Fed.		
Вулканический пепел		<i>Carpinus betulus</i> L.		<i>Corilus avellana</i> L., <i>Salix caprea</i> L., <i>Rosa canina</i> L.		
		<i>Tussilago farfara</i> L., <i>Equisetum pretense</i> Ehrh.		<i>Plantago major</i> L., <i>Dtiopteris filix mas</i> L., <i>Carpinus betulus</i> L., <i>Populus balsamifera</i> L.		
		<i>Carpinus betulus</i> L.				
		<i>Carpinus betulus</i> L.	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn., <i>Pyrus caucasica</i> Fed.			
Бентонитовая глина		<i>Carpinus betulus</i> L.		<i>Pyrus caucasica</i> Fed., <i>Populus tremula</i> L.		
	<i>Tussilago farfara</i> L., <i>Dactylis glomerata</i> L., <i>Onopordon acantium</i> L.,		<i>Rumex confertus</i> Willd., <i>Pulmanaria officinalis</i> L., <i>Dtiopteris filix mas</i> L. <i>Prunus divaricata</i> Ldb.			
			<i>Carpinus betulus</i> L., <i>Pyrus caucasica</i> Fed.			
				<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn., <i>Fraxinus exselsior</i> L., <i>Pyrus caucasica</i> Fed.		

Рисунок 6 – Вторичная сукцессия на карьерах Северного Кавказа

Figure 6 – Secondary succession in the quarries of the North Caucasus

По мнению А. Е. Морозова и др. [3], растительные сообщества развиваются под воздействием почвенно-климатических условий, которые определяются природными зональными факторами экологической среды, поэтому при оптимальных условиях образуются фитоценозы с параметрами, близкими к показателям зонального типа. Учитывая, что район исследований имеет хорошо выраженную высотную поясность, многообразные климатопы и эдафотопы, большое значение имеет видовое разнообразие прилегающих территорий, где проводятся разработки.

Наши наблюдения показали, что демулационные стадии на карьерах в Центральном Предкавказье, описанные Т. Ю. Денщиковой, протекают аналогичным образом и в Кабардино-Балкарской Республике. Вторичные сукцессии в республике КБР происходят на различных угодьях: а) в аграрных ландшафтах, где мало семян дикой флоры; б) на пастбищах с деградированным растительным покровом; в) на землях, где ранее росли леса; г) среди хорошо сохранившейся зональной (вертикальной) флоры (рисунки 2, 6).

На месторождениях песчано-гравийной смеси древесные растения произрастают в степной, предгорной и горностепной природно-климатических зонах (таблица 1). Для насаждений характерно достаточно невысокое разнообразие древесной флоры, где произрастают 5-9 видов. В составе насаждений преобладают (60,0-66,7 %) древесные формы жизни. Более раннее зарастание старого карьера отмечается в степной зоне, так как встречаются отдельные особи тополя бальзамического и облепихи в возрасте 28 лет, а по дну карьера произрастает ива козья в возрасте 22 года. Густота древесно-кустарниковых насаждений составляет 2379 шт./га. Здесь имеются молодые деревья и кустарники 2-4 лет, что свидетельствует об интенсивном зарастании территории. Доминантами в составе насаждений являются тополь бальзамический – 712 шт./га и облепиха – 998 шт./га, которые за счет быстроты роста и способности давать корневые отпрыски хорошо адаптируются в новых эдафических условиях.

В предгорной области отмечается формирование более разреженных насаждений с густотой 736 шт./га. Наибольший возраст 19-21 год выявлен у тополя бальзамического, облепихи, ивы козьей, которые также доминируют в таксационном составе, составляют 61,1 % от общей численности. В отличие от степной зоны в предгорной области, где гидротермические условия более благоприятные, поселяются яблоня лесная и орех грецкий, занесенные зоогенным путем.

Анализ особенностей видового состава в горностепной природно-климатической зоне позволил установить, что тополевые сообщества, которые произрастают в теплообеспеченных зонах, сменяются березовыми популяциями. Также в качестве подлесочной породы растет мирикария, кустарник, хорошо приспособленный для горных склонов. В составе древостоя доминирует облепиха (1129 шт./га). Средняя густота насаждений составляет 1687 шт./га.

Выявленная приуроченность растений к определенным местообитаниям соответствует их биологическим потребностям и свободным экологическим нишам в соответствии с широтной и вертикальной зональностью, лесорастительными условиями произрастания.

Добыча строительных глин в Кабардинской республике проводится в степной и предгорной природно-климатических зонах. Это более молодые карьерные разработки, поэтому возраст древесных пород не превышает 22-26 лет, а средний возраст насаждений оценивается в 8-15 лет. Однако видовое разнообразие древесно-кустарниковых насаждений выше в 1,2-2,2 раза по сравнению с аналогичной зоной на месторождениях песчано-гравийной смеси, где более бедные почвогрунты.

Таблица 1 – Обобщенная характеристика смешанных насаждений на карьерах
по добыче песчано-гравийной смеси

Table 1 – Generalized characteristics of mixed plantings in quarries for the extraction
of sand-gravel mixture

№ п/п	Вид	АП *	Таксационные показатели				
			Воз- раст, годы**	Сред- няя густо- та, шт/га	Высота растений, м	Диаметр ствола, см	При- рост побе- гов, см
Степная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Абрикос обыкновенный (<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.)	IV	8(13)	105	2,71±0,13	8,1±0.38	45
2	Груша кавказская (<i>Pyrus caucasica</i> Fed.)	V	8(13)	48	2,54±0,12	8,8±0,40	32
3	Ива козья (<i>Salix caprea</i> L.)	II	15(24)	213	3,43±0,16	13,9±0,60	22
4	Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i> L)	III	20(29)	480	11,24±0,57	29,3±0,97	57
5	Тополь белый (<i>Populus alba</i> L.)	III	9(16)	283	3,63±0,12	6,5±0,32	45
6	Тополь дрожащий (<i>Populus tremula</i> L.)	V	9(13)	135	2,42±0,12	7,2±0.34	29
Кустарниковый ярус							
7	Облепиха крушиновая (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	I	18(29)	731	3,92±0,18	12,3±0.58	32
8	Слива растопыренная, Алыча (<i>Prunus divaricata</i> Ldb.)	II	8(13)	257	2,04 ±0,11	6,7±0.33	27
9	Свидина (<i>Cornus sanguinea</i> L.)	I	13(16)	127	2,31±0,12	7,4±0.35	44
Предгорная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Ива козья (<i>Salix caprea</i> L.)	II	13(19)	138	3,04±0,12	11,7±0,55	37
2	Орех грецкий (<i>Juglans regia</i>)	V	8(12)	29	2,92±0,11	7,4±0,36	40
3	Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera</i> L)	III	12(20)	130	4,42±0,20	13,1±0,59	40
4	Яблоня лесная (<i>Malus silvestris</i> (L.) Mill.)	V	11(18)	112	3,14±0,14	9,0±0,41	28
Кустарниковый ярус							
5	Облепиха крушиновая (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	I	15(23)	182	3,33±0,13	11,1±0,49	23
6	Слива растопыренная, Алыча (<i>Prunus divaricata</i> Ldb.)	II	12(18)	145	3,21±0,12	10,7±0,48	29
Горностепная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Абрикос обыкновенный (<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.)	IV	10(15)	70	3,04±0,12	9,0±0,40	40
2	Береза повислая (<i>Betula pendula</i> Roth)	V	13(22)	156	5,52±0,25	13,1±0,54	43
3	Ива козья (<i>Salix caprea</i> L.)	II	13(19)	305	3,51±0,14	12,5±0,57	41
Кустарниковый ярус							
4	Мирикария лисохвостниковая (<i>Myricaria alopecuroides</i> Schrenk.)	V	11(14)	27	1,23±0,05	4,1±0,20	12
5	Облепиха крушиновая (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	I	18(27)	1129	3,64±0,14	14,0±0,67	24

АП* - Адаптационный потенциал древесных пород; ** Средний возраст вида, в скобках указывается максимальный возраст.

Как правило, карьеры по добыче глины располагаются вблизи населенных пунктов (рисунок 2), поэтому источниками обсеменения техногенно-нарушенных земель являются деревья и кустарники селитебных зон, полезавитные лесные полосы.

Доминируют в составе насаждений в обеих природно-климатических зонах плодовые корнеотпрысковые кустарники: облепиха, алыча, шиповник. В степной зоне древесный ярус образуют: клен ясенелистный, робиния, шелковица; в предгорной зоне преобладают: клен ясенелистный, робиния, шелковица, гледичия, которые имеют высокую засухоустойчивость.

Таблица 2 – Обобщенная характеристика смешанных насаждений на карьерах по добыче глины

Table 2 – Generalized characteristics of mixed plantings in clay quarries

№ п/п	Вид	АП *	Таксационные показатели				
			Воз- раст, годы**	Сред- няя густо- та, шт/га	Высота растений, м	Диаметр ствола, см	При- рост по- бего- в, см
Степная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Абрикос обыкновенный (<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.)	IV	12(21)	46	4,13±0,19	11,52±0,56	37
2	Груша кавказская (<i>Pyrus caucasica</i> Fed.)	V	8(10)	44	2,25±0,12	6,71±0,33	33
3	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	I	9(16)	61	2,73±,14	8,92±0,39	68
4	Робиния лжеакация (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	III	9(15)	56	3,14±0,13	9,33±0,45	35
5	Шелковица черная (<i>Morus nigra</i>) L	V	8(13)	30	2,62±0,12	7,31±0,34	41
Кустарниковый ярус							
6	Калина обыкновенная (<i>Viburnum opulus</i> L.)	V	12(16)	46	3,33±0,14	5,12±0,19	36
7	Облепиха крушиновая (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	I	13(27)	77	3,32±0,13	12,22±0,56	26
8	Слива растопыренная, Алыча (<i>Prunus divaricata</i> Ldb.)	II	13(23)	58	3,74±0,17	12,04±0,58	32
9	Слива колючья, Терн (<i>Prunus spinosa</i> L.)	I	13(17)	82	2,14±0,12	6,44±0,30	24
10	Шиповник (<i>Rosa canina</i> L.)	I	12(18)	68	1,43±0,05	2,91±0,13	26
Предгорная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Абрикос обыкновенный (<i>Armeniaca vulgaris</i> Lam.)	IV	10(13)	41	3,53±0,16	10,62±0,47	35
2	Вяз шершавый (<i>Ulmus glabra</i> Mill.)	II	9(12)	91	2,62±0,13	10,05±0,42	29
3	Груша кавказская (<i>Pyrus caucasica</i> Fed.)	V	13(15)	77	3,54±0,17	13,24±0,53	27
4	Гледичия трехколючковая (<i>Gleditschia triacantos</i> L.)	III	20(28)	177	6,43±0,23	19,44±0,88	32
5	Клен ясенелистный (<i>Acer negundo</i> L.)	I	11(17)	197	3,54±0,16	11,53±0,45	32
6	Слива растопыренная, Алыча (<i>Prunus divaricata</i> Ldb.)	II	12(21)	234	3,84±0,16	11,82±0,55	32
7	Робиния лжеакация (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	III	14(22)	173	4,64±0,23	14,41±0,64	33
8	Шелковица черная (<i>Morus nigra</i>) L	V	13(18)	149	5,04±0,21	14,43±0,71	38
9	Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	V	7(10)	80	2,55±0,12	8,13±0,33	36
Кустарниковый ярус							
10	Облепиха крушиновая (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.)	I	16(26)	244	3,53±0,17	14,72±0,59	22
11	Шиповник (<i>Rosa canina</i> L.)	I	11(16)	218	1,55±0,08	3,22±0,14	14

АП* - Адаптационный потенциал древесных пород; ** Средний возраст вида, в скобках указывается максимальный возраст

Возраст различных видов растений отличается незначительно, что объясняется одновременным заселением различных экологических ниш. Средняя густота растений в предгорной зоне составляет 1681 шт./га, что в 2,95 раза выше, чем в степной зоне. Особенно наглядно эти различия прослеживаются в популяциях алычи и шиповника, количество особей которых в предгорной зоне больше в 4 раза.

В целом густота растений на глинистых разработках меньше из-за различных рельефных особенностей, глубины карьеров, переуплотнении глинистых горизонтов. Территории с древесно-кустарниковыми насаждениями имеют мозаичный характер, встречаются участки без леса, где только формируются травянистые сообщества. Анализ жизненных форм показывает, что на долю кустарников приходится не менее 50 % видов, что свидетельствует о достаточно напряженных гидротермических условиях. Существующий ассортимент древесных пород характеризуется невысокими таксационными показателями (высота, диаметр), однако текущий прирост растений, составляющий у древесного яруса 32-65 см (клен, гледичия, робиния, шелковица) свидетельствует об их хорошей адаптации в новых условиях и формировании 2-х ярусных устойчивых насаждений. Сходные механизмы развития вторичных сукцессий отмечаются на выработанном карьере кирпичной глины.

Как видно из рисунка 1, добыча вулканических туфов проводится в предгорной и нижнегорной природно-климатических зонах. Карьеры окружены грабовыми лесами (рисунок 2, таблица 3). Добыча сырья на некоторых участках была закончена более 60 лет назад, поэтому здесь произрастают наиболее густые насаждения. Так, в предгорной зоне средняя густота древесно-кустарниковых насаждений составляет 2063 шт./га, а в нижнегорной зоне – 1763 шт./га. Заселение карьерных разработок в предгорной зоне началось с самосева граба обыкновенного, отдельные особи которого достигли 60-летнего возраста и высоты 13,1 м. На сухих склонах карьера образовались заросли из мушмулы высотой 1,8-6,4 м. На нижних элементах рельефа (дно, ручьи) произрастают влаголюбивые породы, такие как ольха черная высотой 3,1-12,2 м, возрастом 10-29 лет. Сейчас здесь сформировалось достаточно устойчивое лесное сообщество, максимально приближенное к зональному типу широколиственных лесов – по составу грабово-плодовое.

В нижнегорной природно-климатической зоне отмечается более высокое биоразнообразие, чем в предгорной зоне. Здесь доминируют: граб обыкновенный, ольха серая, ива козья, мушмула, алыча, достигающие высоты 5,0-12,5 метров, максимального возраста 18-32 года. Текущий прирост преобладающих пород сохраняется на достаточно высоком уровне – 21-33 см. Здесь сформирован подлесочный ярус, состоящий из лещины, кизила, терна, мушмулы. В настоящее время сформировавшееся грабово-ольховое насаждение функционирует достаточно стабильно, имеется молодой подрост, видовое разнообразие дендрофлоры стабилизировалось.

В техногенных ландшафтах Кабардино-Балкарии отмечается высокая дифференциация микро- и мезоэдафических условий, которые в первую очередь отражаются на режиме почвогрунтов и гидротермических показателях надземно-воздушной среды. Поэтому живой напочвенный покров является важнейшим индикатором потенциальной лесопригодности для древесных растений и успешности их произрастания. Так, мать-и-мачеха растет на холодных склонах северных и восточных экспозиций, где лучше увлажнение местопроизрастания. Также она заселяет смытые склоны, где отмечается овражная эрозия. В нижней части склона и по дну карьеров, где почвы хорошо дренированы, грунтовые воды располагаются достаточно близко, в составе эфемерово-разнотравной растительности произрастают популяции хвоща лугового (*Equisetum pratense*) (рисунок 7). Обычно на смену хвощево-

разнотравным группировкам приходят влаголюбивые деревья и кустарники: ольха черная, ольха серая, ива, которые могут выдерживать кратковременное затопление, возникающее на дне карьеров.

Таблица 3 – Обобщенная характеристика смешанных насаждений на карьерах по добыче вулканических туфов

Table 3 – Generalized characteristics of mixed plantings in volcanic tuff quarries

№ п/п	Вид	АП *	Таксационные показатели				
			Воз- раст, годы**	Средняя густота, шт/га	Высота растений, м	Диаметр ствола, см	При- рост побе- гов, см
Предгорная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Граб обыкновенный (<i>Carpinus betulus L.</i>)	III	51(62)	372	10,22±0,4 3	25,1±0,89	18
2	Груша кавказская (<i>Pyrus caucasica Fed.</i>)	V	21(28)	107	6,32±0,25	21,2±0,95	31
3	Ива козья (<i>Salix caprea L.</i>)	II	10(17)	139	3,04±0,12	10,5±0,38	34
4	Ольха черная (<i>Alnus glutinosa (L.) Gaertn.</i>)	V	25(29)	317	9,02±0,39	27,4±0,90	25
Кустарниковый ярус							
5	Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana L.</i>)	V	14(23)	198	4,23±0,19	13,3±0,65	36
6	Мушмула германская (<i>Mespilus germanica L.</i>)	V	31(42)	362	5,54±0,23	15,2±0,71	19
7	Свидина (<i>Cornus sanguinea L.</i>)	I	10(16)	208	1,94±0,08	6,2±0,26	38
8	Шиповник (<i>Rosa canina L.</i>)	I	12(16)	360	1,62±0,07	5,0±0,23	30
Нижнегорная природно-климатическая зона							
Древесный ярус							
1	Вяз шершавый (<i>Ulmus glabra Mill.</i>)	II	10(16)	65	2,82±0,12	10,0±0,45	29
2	Береза повислая (<i>Betula pendula</i>)	III	9(13)	11	2,84±0,14	9,0±0,40	31
3	Граб обыкновенный (<i>Carpinus betulus L.</i>)	III	23(29)	190	7,93±0,35	21,9±0,89	21
4	Груша кавказская (<i>Pyrus caucasica Fed.</i>)	V	11(19)	78	3,94±0,15	12,7±0,47	36
5	Ива козья (<i>Salix caprea L.</i>)	II	10(20)	198	2,61±0,11	10,5±0,44	33
6	Ольха серая (<i>Alnus incana</i>)	V	29(32)	313	8,84±0,44	27,4±0,86	22
7	Тополь бальзамический (<i>Populus balsamifera L</i>)	II	9(15)	105	2,43±0,12	9,5±0,38	28
8	Осина (<i>Populus tremula L.</i>)	V	9(12)	68	3,05±0,12	10,6±0,48	34
9	Яблоня лесная (<i>Malus silvestris (L.) Mill.</i>)	V	9(15)	34	2,54±0,12	9,1±0,42	29
Кустарниковый ярус							
10	Кизил (<i>Cornus mas L.</i>)	IV	11(21)	22	2,82±0,12	10,0±0,37	28
11	Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana L.</i>)	V	12(22)	53	3,91±,15	12,2±0,51	41
12	Мушмула германская (<i>Mespilus germanica L.</i>)	V	13(22)	264	2,92±0,11	11,6±0,45	22
13	Слива растопыренная, Алыча (<i>Prunus divaricata Ldb.</i>)	II	11(22)	289	3,72±0,15	13,4±0,60	33
14	Слива колючья, терн (<i>Prunus spinosa L.</i>)	I	10(16)	73	1,74±0,09	4,5±0,20	20

АП* - Адаптационный потенциал древесных пород; ** Средний возраст вида, в скобках указывается максимальный возраст



Рисунок 7 – *Equisetum pratense* в нижней части склона

Figure 7 – *Equisetum pratense* at the bottom of the slope

Как отмечают многие авторы [1, 3, 5, 14], на участках техногенных ландшафтов происходит закономерная смена пород. Как правило, на карьерных разработках поселяются менее ценные древесные виды, произрастающие ранее на соседних территориях в коренном фитоценозе. Крутосклонные участки, где на поверхности техноландшафта встречается материнская порода, заселяются растительностью особенно тяжело. Как было ранее выявлено, таксационные показатели (высота, диаметр, прирост), а также общее состояние естественных насаждений, находятся в зависимости от эдафических, а биологическое разнообразие определяется, прежде всего, наличием источников обсеменения и возрастом вторичной сукцессии. Видовой состав древостоев при вторичной сукцессии формируется постепенно, адаптируясь к особенностям местообитания, включая высотную поясность и микрорельефную неоднородность, а также фитоценотическую совместимость деревьев и кустарников, испытывающих конкурентное воздействие как со стороны дендрофлоры, так и живого напочвенного покрова.

Выводы. Таким образом, проведенные наблюдения на 47 месторождениях по добыче строительных материалов в Кабардино-Балкарской республике показали, что естественное зарастание отработанных карьеров происходит медленно. В рекультивации нуждаются 750 га или 72 % территории, поэтому использование природно-ресурсного потенциала, выявленного при изучении вторичных сукцессий позволяет эффективнее использовать существующие насаждения, шире привлекать лесовосстановительные работы.

На техногенных ландшафтах после завершения добычи полезных ископаемых формируются смешанные лиственные насаждения, в составе которых произрастает 5-14 видов деревьев и кустарников, имеющих разновозрастную структуру (7-51 год). Прогнозируемый сценарий развития вторичной сукцессии должен в первую очередь определяться наличием источников обсеменения и их породным составом. При

прогрессивной вторичной сукцессии состав и структура древесно-кустарниковых насаждений будет стремиться к равновесию и самовозобновлению, развитию по зональному типу. Мезо- и микрорельефные особенности техногенно-нарушенных земель используются древесными породами для выявления оптимальной экологической ниши, чтобы минимизировать конкуренцию со стороны менее приспособленных видов. Северные и восточные склоны карьеров имеют более благоприятные гидротермические условия, чем западные и южные экспозиции, и зарастают в первую очередь. Как и в природных условиях, сухие и осыпающиеся склоны заселяются облепихой, алычой, шиповником и др. засухоустойчивыми, корнеотпрысковыми кустарниками. На влажных местообитаниях произрастает ольха, ивы. Более пологие участки, где произошла стабилизация почвогрунта, хорошо подходят для древесных пород: робинии, гледичии, граба, тополей, которые в качестве главной породы занимают верхний ярус и стабилизируют лесную обстановку.

При разработке карьеров с удаленными источниками естественного облесения рекомендуется заранее, вблизи месторождений, создавать лесные культуры, где целесообразно использовать наиболее устойчивые к условиям среды в карьерах кустарники, а для формирования древесного яруса следует применять породы, образующие первый ярус в смешанных широколиственных лесах.

Библиографический список

1. Алиев И. Н., Хамарова З. Х., Тхакахова Д. М. Восстановление древесной растительности на отвалах месторождений полезных ископаемых на территории Кабардино-Балкарии // Растительные ресурсы. 2019. Т. 55. № 1. С. 102-112.
2. Денщикова Т. Ю. Сукцессионные процессы в растительности Центрального Предкавказья: монография. Ставрополь: изд-во СКФУ, 2015. 94 с.
3. Естественное лесовозобновление на сейсморазведочных профилях в условиях лесовозобновления на сейсморазведочных профилях в условиях Западно-Сибирского северотаежного равнинного лесного района / А. Е. Морозов, Р. А. Осипенко, К. А. Башегуров, С. В. Залесов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 2 (63). С. 99-106.
4. Опыт рекультивации различных видов нарушенных земель / Ю. В. Зарипов, Р. А. Осипенко, Е. С. Залесова, С. В. Залесов // Экобиотех. 2020. Т. 3. № 4. С. 621-626.
5. Осипенко Р. А., Зарипов Ю. В., Залесов С. В. Формирование естественных фитоценозов на выработанном карьере кирпичной глины как начальный этап дальнейшего лесоразведения // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2020. № 3 (60). С. 111-117.
6. Пути совершенствования мероприятий по компенсационному лесовосстановлению / Е. П. Платонов, А. С. Оплетев, С. В. Залесов, К. А. Башегуров // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 6. С. 5-10.
7. Сариев А. Х., Чербакова Н. Н., Терентьева Н. Ю. Восстановление почвенно-растительного покрова нарушенных тундровых земель // Вестник КрасГАУ. 2021. № 7. С. 73-81.
8. Сводный отчет о рекультивации земель, снятии и использовании плодородного слоя почвы в КБР за 2022 г. // Государственный земельный комитет РФ КБР. Нальчик, 2023. 2 с.
9. Сизов О. С., Лоботросова С. А. Особенности восстановления растительности в пределах участков разведываемых песков северотаежной подзоны Западной Сибири // Криосфера Земли. 2016. Т. XX. № 3. С. 3-13.
10. Столбов И. А., Брыжко В. Г., Брыжко И. В. Геоинформационное обеспечение оценки эрозионной опасности земель сельских территорий // ИнтерКарт. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 2. С. 885-900.
11. Формирование фитоценозов на золоотвалах Нижнетуринской ГРЭС / Т. С. Чибрик, Н. В. Лукина, Е. И. Филимонова, М. А. Глазырина, Е. А. Раков // Проблемы региональной экологии. 2018. № 6. С. 27-29.

12. Хабилова Л. М., Кулагин А. А. Самовосстановление растительного покрова карьеров по добыче строительных материалов на территории республики Башкортостан // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2-2. С. 551-554.

13. Хамарова З. Х., Алиев И. Н., Тхакахова Д. М. Формирование защитных лесных насаждений в техногенных землях Центральной части Северного Кавказа // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2020. № 1 (45). С. 51-65.

14. Worlanyo A. S., Jiangfeng L. Evaluating the environmental and economic impact of mining for post-mined land restoration and land-use: A review // Journal of Environmental Management. 2020. 111623 p.

15. Zolotova E., Ryabinin V. Elements distribution in soil and plants of an old copper slag dump in the Middle Urals, Russia // Ecological Questions. 2019. V. 30. № 4. P. 1-11.

Информация об авторах

Алиев Игорь Нажафович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий отделом технологий горного и предгорного садоводства Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства», (Россия, КБР, 360004, Нальчик, улица Шарданова, 23), ORCID: 0000-0003-1144-2333, e-mail: aliev61@mail.ru

Воронина Валентина Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Агро-экология и лесомелиорация ландшафтов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (Россия, 400002, Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: 0000-0002-3441-5314, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Хамарова Зора Хакимовна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, отдел технологий горного и предгорного садоводства Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства», (Россия, КБР, 360004, Нальчик, улица Шарданова, 23), ORCID: 0000-0001-8030-209X, e-mail: aliev61@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-03

SUBSTANTIATION OF THE ROLE AND PLACE OF FLOW-REGULATING MEASURES IN THE FIGHT AGAINST SOIL DEGRADATION AND LAND DESERTIFICATION

A. T. Barabanov

*Federal Research Centre of Agroecology, Amelioration and Protective
Afforestation of Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 08.10.2022

Submitted 09.02.2023

The research was carried out within the framework of the state task

No. 0713-2019-0003 "Theoretical foundations of the erosion-hydrological process in catchment basins, conceptual directions, ways and principles of creating highly effective environmental management systems for this process in order to completely prevent soil erosion" (state registration no. AAAA19-119042290013-8) funding for the Ministry of science and higher education of the Russian Federation

Summary

Over the last century, many measures and techniques have been proposed to protect the soil from erosion. However, not all of them have received an objective assessment of their role and the flow-regulating effect is evaluated ambiguously by different authors. Based on the analysis and generalization of numerous literature data and the results of our research, a scientific justification of the effectiveness of various soil protection measures and techniques from the standpoint of the law of limiting factors of runoff is given and an experimental assessment of their role on agricultural lands is carried out.

Abstract

Introduction. The development of new measures to protect soils from erosion is a very urgent task, despite the fact that many measures and techniques have been proposed over the past century. However, not all of them have received a scientific justification of their role and an objective assessment of the effect, and therefore the flow-regulating effect is evaluated differently by different authors. Some overestimate their role and it seems that with the help of individual measures, it is possible to fully protect the soil from erosion. **Materials and methods.** The analysis of the materials of theoretical and experimental studies of the flow-regulating role of various anti-erosion techniques obtained using water-balance methods – runoff sites, small catchments, etc. **Results and conclusions.** Based on the analysis and generalization of numerous literature data and the results of our research at All-Russian Research Institute of Agroforestry and the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Aforestation of the Russian Academy of Sciences, a scientific justification of the flow-regulating and anti-erosion effectiveness of various soil protection measures and techniques from the standpoint of the law of limiting factors of slope runoff is given and an objective experimental assessment of their role on agricultural lands is carried out. Of the entire large arsenal of anti-erosion protection of soils from erosion, some techniques have shown high efficiency, while others are ineffective or even play a negative role, since they do not affect natural factors affecting runoff: soil freezing, its humidity and snow reserves. A scientific explanation of these processes and facts is given. This should be taken into account when developing and evaluating the effectiveness of new anti-erosion techniques. On this basis, we have developed new highly effective techniques.

Keywords: agroforestry, soil erosion, relief, ecological framework, catchment area, anti-erosion techniques, runoff factors.

Citation. Barabanov A. T. Substantiation of the role and place of flow-regulating measures in the fight against soil degradation and land desertification. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 36-46 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-03.

Author contribution. The author of this study were directly involved in the planning, execution of experiments and analysis of the results obtained. The authors of this article have familiarized themselves with the final version presented and approved it.

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

УДК 631.6.02:556

ОБОСНОВАНИЕ РОЛИ И МЕСТА СТОКОРЕГУЛИРУЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ В БОРЬБЕ С ДЕГРАДАЦИЕЙ ПОЧВ И ОПУСТЫНИВАНИЕМ ЗЕМЕЛЬ

А. Т. Барабанов, доктор сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 08.10.2022

Дата принятия к печати 09.02.2023

Актуальность. Разработка новых мероприятий для защиты почв от эрозии является очень актуальной задачей, несмотря на то что за последнее столетие было предложено много мероприятий и приемов. Однако не все они получили научное обоснование их роли и объективную оценку эффекта, и поэтому разными авторами стокорегулирующий эффект оценивается по-разному. Некоторые завышают их роль, и складывается впечатление о том, что с помощью отдельных мероприятий можно полностью защитить почву от эрозии. **Материалы и методы.** Осуществлен анализ материалов теоретических и экспериментальных исследований стокорегулирующей роли различных противозерозионных приемов, полученных с применением водно-балансовых методов – стоковых площадок, малых водосборов и др. **Результаты и выводы.** На основе анализа и обобщения многочисленных литературных данных и результатов наших исследований во ВНИАЛМИ и ФНЦ агроэкологии РАН дано научное обоснование стокорегули-

рующей и противоэрозионной эффективности разных почвозащитных мероприятий и приемов с позиций закона лимитирующих факторов склонового стока и осуществлена объективная экспериментальная оценка их роли на сельскохозяйственных землях. Из всего большого арсенала средств противоэрозионной защиты почв от эрозии некоторые приемы показали высокую эффективность, а другие малоэффективны или даже играют отрицательную роль, так как не воздействуют на природные факторы, влияющие на сток, а именно промерзание почвы, ее влажность и снегозапасы. Дано научное объяснение этим процессам и фактам. Это необходимо учитывать при разработке и оценке эффективности новых противоэрозионных приемов. На этой основе нами разработаны новые высокоэффективные приемы.

Ключевые слова: агролесомелиорация, эрозия почв, типы рельефа, экологический каркас, водосборы, противоэрозионные приемы, факторы стока.

Цитирование. Барабанов А. Т. Обоснование роли и места стокорегулирующих мероприятий в борьбе с деградацией почв и опустыниванием земель. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 36-46. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-03.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении опытов и анализе полученных результатов. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Эрозия почв – процесс многофакторный, он протекает под влиянием множества антропогенных и природных факторов при сложном их сочетании и часто приводит к катастрофическим последствиям – деградации и опустыниванию ландшафтов. Поэтому решение этой проблемы – очень сложное, оно требует больших сил, средств и знаний [2, 5, 6, 9, 11–14]. Применением отдельных приемов ее не решить, нужна система мероприятий, созданная из разных взаимодействующих и взаимодополняющих приемов на основе знания закономерностей формирования стока и процессов эрозии, роли природных и антропогенных факторов в развитии этих процессов, способности почв и растительности противодействовать им и др. Для этого необходима разработка комплексных проектов адаптивно-ландшафтной системы земледелия, основой которого является противоэрозионная организация территории и агролесомелиоративный экологический каркас.

Концепция адаптивно-ландшафтного земледелия предусматривает такой характер сельскохозяйственной деятельности, при котором учитываются природно-ресурсный потенциал землепользования, его агроэкологическое состояние, требовательность сельскохозяйственных культур к условиям произрастания, их почвозащитная способность, рельеф местности и др. [1]. Это важно для определения характера дифференцированного использования земельных участков для выращивания сельхозкультур.

А. С. Козменко (1954), основываясь на созданной им теории образования современного рельефа и покровных отложений, впервые разработал научные основы противоэрозионной мелиорации, предусматривающие для борьбы со смывом почвы и оврагообразованием комплекс мер, охватывающих целые водосборы и включающих множество приемов, объединенных в следующие группы мероприятий: организационно-хозяйственные, лесомелиоративные, агротехнические, лугомелиоративные и гидротехнические. Им же впервые был разработан и осуществлен на практике комплекс противоэрозионных мероприятий. Научная общественность и практика высоко оценила достижения Новосильской опытно-овражной станции (ныне Новосильской агролесомелиоративной опытной станции им. А. С. Козменко – филиал ФНЦ агроэкологии РАН). На первом Всесоюзном совещании по борьбе с эрозией почв в СССР (4-7 марта 1936 г.), которое проходило в Почвенном институте Академии наук СССР под руководством выдающегося инициатора постановки

проблемы и начала деятельности по изучению эрозии почв в стране А. М. Панкова, был заслушан доклад директора Новосильской опытной станции А. С. Козменко. В резолюции этого совещания отмечалось: «При планировании и проектировании противоэрозионных мероприятий и организации территории эродлируемых площадей Совещание считает необходимым положить в основу систему учения акад. В. Г. Вильямса и мелиоративные методы, разработанные Новосильской опытно-овражной станцией» [1].

Разработанные А. С. Козменко научные основы противоэрозионной мелиорации стали базой для создания агролесомелиоративного экологического каркаса на водосборах и разработки современных систем адаптивно-ландшафтного земледелия. Они подробно описаны в работе [8]. Здесь мы рассматриваем главную особенность основ противоэрозионной мелиорации – комплексный подход к защите почв от эрозии и систему мер, охватывающих целые водосборы и включающую множество приемов. В течение многих лет основы противоэрозионной мелиорации совершенствовались несколькими поколениями ученых [3, 4, 7, 9, 10, 15]. Наиболее полно это направление разрабатывалось во ВНИИ-АЛМИ Г. П. Сурмачем, Е. А. Гаршиным, А. Т. Барабановым, Борцом В. П., В. И. Пановым, А. И. Петелько и продолжает развиваться сейчас в ФНИ агроэкологии РАН. Была разработана оригинальная теория рельефообразования и отложения лессовых пород, создана модель эрозионно-аккумулятивного процесса на основе концепции тождественности функции формы склона и функции эрозионно-аккумулятивного процесса, открыт закон лимитирующих факторов стока талых вод, дано теоретическое обоснование создания новых противоэрозионных приемов и оценки их эффективности, разработаны новые противоэрозионные мероприятия, входящие в системы адаптивно-ландшафтного земледелия, и многое другое.

В результате многолетних экспериментов многих исследователей, в том числе и наших, получен большой материал, характеризующий эффективность противоэрозионных приемов, применяемых в адаптивно-ландшафтных системах земледелия. Они оцениваются неоднозначно. Цель исследований – дать научное обоснование стокорегулирующей и противоэрозионной эффективности почвозащитных мероприятий на основе нового знания об эрозионно-гидрологическом процессе, влиянии на него природных и антропогенных факторов, взаимодействия талой воды с мерзлой почвой, закономерности формирования стока и способности приемов высокоэффективно воздействовать на этот процесс.

Материалы и методы. Объектами исследований были агроландшафты лесостепной, степной и полупустынной природных зон. Методологической основой наших исследований были приняты водно-балансовый метод и система методов, применяемых в агролесомелиорации и смежных науках: гидрологии почвоведении, земледелии, и др. При планировании, проведении опытов и анализе результатов использовали статистический и генетический подходы, элементы системного подхода. Наши исследования проводились в полевых экспериментах с применением стоковых площадок. При обобщении литературных данных мы также использовали материалы, полученные с применением водно-балансового метода. На стоковых площадках размером 20 на 100 м определяли сток и факторы, влияющие на его формирование: снегозапасы, глубина промерзания почвы и ее влажность; исследовали почвенные характеристики; вели гидрометеорологические наблюдения и др. Сток учитывали на тонкостенных водосливах с углом выреза 45°, снегозапасы путем проведения снегомерной съемки. Высоту снега измеряли снегомерной рейкой по профилям через 1-4 м в 3-5-кратной повторности, а плотность – весовым снегомером в 3-кратной повторности. Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом, а глубину промерзания – бурением скважин и по мерзлотомерам Данилина. Другие показатели определяли по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. Была разработана теория формирования весеннего склонового стока, сформулирован ряд теоретических выводов и практических предложений, определяющих направления разработки новых способов защиты почв от эрозии и углубляющих знания об этом процессе. Был открыт закон лимитирующих факторов стока, значительно расширяющий и углубляющий наши знания о закономерностях его формирования [2]. Суть закона заключается в том, **что при некотором минимальном значении одного из трех лимитирующих факторов (снегозапасы, глубина промерзания и влажность почвы) поверхностный сток не формируется независимо от уровня двух других.** То есть на величину поверхностного стока существенно влияют только три фактора. Если уровни каждого из этих факторов ниже некоторой лимитирующей величины (глубина промерзания до 50 см, влажность почвы 70-120 мм в слое 0-50 см по природным зонам, снегозапасы меньше объема свободных пор в слое 0-30 см), то сток не формируется. При уровнях факторов выше указанных (лимитирующих) сток образуется в любом случае, и величина его зависит от запасов воды в почве и снеге. Поэтому при разработке и оценке эффективности стокорегулирующих и противоэрозионных приемов нужно исходить из того, как они влияют на эти факторы.

Арсенал противоэрозионных средств защиты почв от эрозии разного характера воздействия на эрозионно-гидрологический процесс был создан большой, однако стокорегулирующая и противоэрозионная роль их оценивается неоднозначно. Автор сгруппировал их по характеру влияния на сток и эрозию в три группы:

- первая группа приемов влияет на сток и эрозию рассредоточено по всей площади поля. Это в основном приемы зяблевой обработки почвы: создание искусственного микрорельефа, щелей, кротовин, мульчирование поверхности пашни и др.;

- вторая группа противоэрозионных приемов направлена на регулирование стока и предотвращение эрозии локально, на рубежах: стокорегулирующие и прибалочные лесополосы, кулисы из кустарников и высокостебельных сельскохозяйственных растений;

- третья группа приемов также обладает свойствами локального действия, но они могут применяться в комплексе с другими приемами. Это гидротехнические мероприятия – валы-террасы, водоотводящие валы, валы-каналы.

Эффективность приемов первой группы (агротехнических) оценивается неоднозначно. Для применения их при управлении эрозионно-гидрологическим процессом необходимо знать, какую роль они играют в этом процессе.

Наши многолетние исследования в лесостепной и степной зонах бассейнов Волги и Дона и анализ литературных данных позволили решить эту задачу и обосновать их роль и место в адаптивно-ландшафтной системе земледелия.

Основными элементами такой системы земледелия являются почвозащитная организация землепользования, агротехнические, лесомелиоративные, гидротехнические и лугомелиоративные мероприятия.

При почвозащитной организации землепользования на основе учета природно-ресурсного потенциала, особенностей рельефа, состояния эродированности почв, характера современных эрозионных процессов предусматривается классификация земель; определение характера их использования; выделение севооборотных массивов; размещение полей, лесных полос и других рубежей на территории; разработка севооборотов, технологий обработки почвы и мелиорации суходольных лугов. Организация территории землепользования и агролесомелиоративный каркас являются базовыми элементами системы земледелия, на которых осуществляются все другие мероприятия. Лесомелиоративные мероприятия разрабатываются одновременно с противоэрозионной организацией территории. Они являются основой экологического агролесомелиоративного каркаса. Агротехнические приемы планируются в составе агротехнологий. Они играют стокорегулирующую и про-

тивоэрозионную роль. Гидротехнические мероприятия применяются как при создании агролесомелиоративного экологического каркаса на полях в сочетании со стокорегулирующими лесополосами, так и самостоятельно в вершинах оврагов. Лугомелиоративные мероприятия с целью улучшения и повышения продуктивности суходольных лугов осуществляется в овражно-балочной сети для предотвращения смыва и оврагообразования.

Лесомелиоративные противоэрозионные мероприятия включают лесные полосы на пашне (стокорегулирующие, прибалочные, приовражные) и массивные лесонасаждения на оврагах и балках. Стокорегулирующие лесополосы расчлняют склоны большой длины на короткие отрезки и за счет повышенной водопоглотительной способности в них обуславливают уменьшение стока и эрозии почв. Лесополосы обладают высоким стокорегулирующим эффектом по сравнению с другими приемами. Они способны сократить склоновый сток в маловодные годы на 4-7 мм в многоводные – на 24-34 мм. Коэффициент водопоглощения склонового стока в лесополосах колеблется от 0,13-0,54 в многоводные годы, до 0,74-0,89 в маловодные [2].

Кроме того, инфильтрацию в стокорегулирующих лесополосах можно повысить сочетанием их с другими приемами, способствующими уменьшению промерзания почв и увеличивающими площадь затопления (площадь впитывающей поверхности) за счет подпора воды, поступающей с поля. Это достигается мульчированием почвы в междурядьях лесополос и сочетанием их с канавами и валами, что позволяет увеличить водопоглощение в лесополосе в несколько раз – до 3000-5000 мм. В результате в целом на водосборе водопоглощение может составить до 40-50 мм.

Очень важным вопросом является пространственное размещение лесополос, от которого зависит их стокорегулирующая эффективность. Они могут быть высокоэффективны в противоэрозионном отношении, если будут размещаться с учетом рельефа на всей площади от водораздела до бровки балки. В этом случае обеспечивается оптимальное сочетание всех функций лесополос – регулирования стока, защиты от эрозии и дефляции. Гаршиным Е. А. (2002) предложено размещать лесополосы на водосборах поперек склона, по горизонталям или близко к ним следующими способами (рисунок). Прибалочные и приовражные лесополосы размещаются одновременно с общей организацией территории вдоль бровок балок, оврагов, а насаждения на землях гидрографической сети – на оврагах и берегах балок.

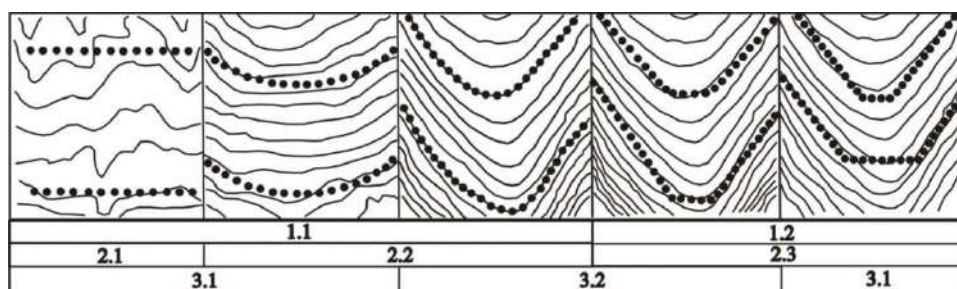


Рисунок – Способы размещения стокорегулирующих лесополос:

1.1 – горизонтальное (контурное), 1.2 – субгоризонтальное (субконтурное), 2.1 – прямолинейное, 2.2 – криволинейное, 2.3 – криволинейно-прямолинейное, 3.1 – эквидистантное (параллельное), 3.2 – неравнорасстоянное (непараллельное)

Figure – Methods of placement of flow-regulating forest belts 1.1 – horizontal (contour), 1.2 – sub-horizontal (sub-contour), 2.1 – rectilinear, 2.2 - curvilinear, 2.3 – curvilinear-rectilinear, 3.1 - equidistant (parallel), 3.2 - non-equidistant (non-parallel)

Агротехнических стокорегулирующих и противоэрозионных приемов разработано много. Их влияние на водопоглощение и сток в основном рассредоточенное по площади, а по назначению их можно сгруппировать в следующие группы [2]:

– приемы, направленные на повышение водопроницаемости почв за счет улучшения водно-физических свойств: углубления пахотного слоя, улучшения структуры почв и др.;

– приемы, обуславливающие поверхностное задержание воды: создание искусственного микрорельефа, поперечная вспашка зяби и др.;

– приемы, придающие почве высокую почвозащитную устойчивость за счет мульчирования ее поверхности и минимизации обработки;

– приемы, направленные на снегозадержание и регулирование снеготаяния снегопахами, путем посева кулис из кукурузы и подсолнечника, зачернения и уплотнения снега.

Как показали наши исследования и обобщение литературных материалов, (таблица) все эти приемы малоэффективны в стокорегулирующем и противозерозионном отношении. Глубокая вспашка зяби благодаря увеличению порозности верхнего пахотного слоя почвы способствует уменьшению стока в среднем всего на 5–8 мм (по природным зонам), а смыва почвы – только на 0,4–1,66 м³/га. Стокорегулирующий эффект поперечной пахоты по сравнению с продольной не выше 2-3 мм. Это связано с тем, что гребни, формирующиеся при вспашке поперек склона, имеют небольшую высоту и у них частые разрывы, понижения, через которые стекает вода. По нашим данным, разница в емкости микрорельефа при продольной и поперечной вспашке составляет всего 1,6 мм (15,8 и 17,4 мм).

Таблица – Средние показатели стокорегулирующей и противозерозионной эффективности агротехнических мероприятий на зяби [2]

Table – Average indicators of flow-regulating and anti-erosion efficiency of agrotechnical measures in the winter [2]

Наименование противозерозионных приемов / Name of anti-erosion techniques	Количество опытов / Number of experiments	Снижение (–) или повышение (+) относительно контрольного варианта / Decrease (–) or increase (+) relative to the control variant	
		сток, мм drain, mm	смыв, т/га flushing, t/ha
Вспашка поперек склона на глубину 27-30 см / Plowing across the slope to a depth of 27-30 cm	22	–6	–0,9
То же, на глубину 20-22 см / Also, to a depth of 20-22 cm	14	–2	–0,4
Плоскорезная обработка на глубину 20-22 см / Flat-cutting processing to a depth of 20-22 cm	75	+2	–0,1
Вспашка ступенчатая / Step plowing	14	–1	–1,1
Комбинированная вспашка / Combined plowing	25	+2	0
Щелевание / Slitting	6	–3	–0,3
Обвалование / Embankment	39	–5	–0,2
Создание прерывистых борозд / Creating intermittent furrows	48	–2	+0,2
Образование лунок / Formation of holes	62	+1	+0,1
Устройство микролиманов / The device of microlimans	17	–2	+0,1
Мульчирование поверхности почвы соломой / Mulching the soil surface with straw	4	–6	–0,8
Зачернение снега по полосам / Blackening of snow by stripes	5	–5	+1,4
Полосное укрытие снега соломой / Strip snow cover with straw	4	–4	+0,3

Эффективность создания микрорельефа на зяби, несмотря на то, что его объем составляет 30-40 мм, также низкая. Средняя величина его колеблется около нуля.

Причина низкой его эффективности заключается в том, что при устройстве микрорельефа почва уплотняется тракторами и орудиями, создающими его, уменьшается глубина рыхлого слоя в днище емкости, происходит закупорка пор в нем в результате образования наилка осенью и льда зимой (в наших опытах мощность его доходила до 12 см). Все это приводит к резкому уменьшению впитывающей способности почвы. Кроме того, следует иметь в виду, что при формировании стока создается лавинный эффект, когда емкость переполняется в одном месте, то происходит размыв других емкостей, что приводит к потере большого количества воды.

Эффективность других агротехнических приемов (щелевание, кротование, мульчирование почвы, регулирование снеготаяния и др.) также низкая. Они и не должны обладать высоким стокорегулирующим эффектом, потому что слабо воздействуют на главные факторы стока: снеготаяния, замерзание и влажность почвы.

В настоящее время в стране применяются новые технологии выращивания сельскохозяйственных культур: прямой посев без обработки, минимальные обработки и др. Их стокорегулирующая и противозерозионная эффективность не изучена. Исходя из имеющихся знаний о закономерностях формирования стока на рыхлой и уплотненной пашне, можно сделать вывод о том, что при этих технологиях создается стокообразующий агрофон, который, с одной стороны, может способствовать снижению смыва почвы, а с другой, – усилению оврагообразования из-за повышенного стока. Поэтому необходимо изучить стокорегулирующую и противозерозионную эффективность этих приемов и технологий.

Таким образом, многолетний экспериментальный материал показывает, что имеющийся большой арсенал агротехнических мероприятий малоэффективен в регулировании стока и защите почв от эрозии, однако это не должно привести к отказу от их применения в комплексе мероприятий.

Объективная оценка их реальной роли не должна допустить заблуждения в их высокой эффективности и возможности защиты почвы от эрозии их применением. Это создает опасную иллюзию, что этими приемами можно решить такую сложную проблему и исключить необходимость разработки и применения других почвозащитных мероприятий. Агротехнические приемы должны быть частью почвозащитных технологий возделывания сельскохозяйственных культур в почвозащитной системе земледелия.

Лугомелиоративные мероприятия применяются в основном в гидрографической сети. Из-за высокой антропогенной нагрузки естественная травянистая растительность в значительной степени деградирует, и почва часто подвергается эрозии. Для повышения их противозерозионного эффекта на суходольных лугах (в основном на берегах балок) применяются приемы поверхностного и коренного улучшения и рационального их использования (пастбищеобороты и др.).

Гидротехнические противозерозионные приемы на пашне (валы-террасы, водоразводящие валы и борозды) высокоэффективны: они уменьшают величину стока на 30-50 мм и смыва почвы в 8-12 раз. Однако они сложны в исполнении, требуют больших затрат и поэтому мало применяются на практике, хотя в некоторых случаях они необходимы в комплексе с другими мероприятиями.

Перспективными противозерозионными приемами являются те приемы, которые сильно влияют на снеготаяния, влажность почвы и особенно на ее промерзание – наиболее мощный фактор стока. На него можно эффективно воздействовать путем регулирования снеготаяния. Регулирование стока на водосборе можно осуществлять также путем задержания его на рубежах и перевода в грунтовой с помощью лесополос, простейших гид-

ротехнических сооружений и устройств или безопасного отвода наклонными водоотводящими бороздами, валами по залуженным ложбинам; применения приемов, повышающих почвозащитную устойчивость почвы (минимизация зяблевой обработки почвы, посев сельскохозяйственных культур без обработки, плоскорезное рыхление); использования почвозащитной способности сельскохозяйственных растений (структура посевов, система севооборотов и др.). На этой основе нами предложены новые высокоэффективные способы регулирования снегоотложения, стока талых вод и борьбы с эрозией.

Способ регулирования снегоотложения (патент 1799234) заключается в создании на склоне от водораздела до бровки балки системы лесных полос, конструкции которых обеспечивают изменяющуюся продуваемость. В приводораздельной части склона размещают лесополосу продуваемой конструкции и далее вниз по склону ажурно-продуваемой, ажурной и плотной. Лесополосы позволяют сохранить весь снег от переноса его в гидрографическую сеть и способствуют перераспределению его с небольшим уменьшением высоты при движении снизу вверх. При таком характере снегоотложения обуславливается постепенное стаивание снега сверху вниз. Такой постепенный сход снега резко уменьшает (до полного предотвращения) смыв почвы.

Следующий способ регулирования снегоотложения (патент № 2248116) включает создание на склоне системы лесополос комбинированной конструкции, созданных из 2-3 рядов деревьев и 1-2 рядов низкорослого кустарника. Профиль такой конструкции лесополосы формируется следующий: в нижней части до 30-50 см плотный за счет кустарника, в средней – до 1,5 м – продуваемый за счет обрезки нижних сучьев и в верхней – ажурной или плотной за счет естественно сформировавшейся кроны. Система лесополос такой конструкции обеспечивает оптимальное распределение снега в межполосном пространстве и отложение в лесополосе необходимого количества снега для предотвращения глубокого промерзания почвы и накопление дополнительной влаги для деревьев. Она обеспечивает достаточно равномерное и эффективное снегораспределение и снегонакопление на прилегающих полях (действует как продуваемая), а за счет ряда низкорослого кустарника – необходимые снегозапасы в самой полосе.

Способ крупнополосного размещения сельхозкультур в межполосных пространствах системы стокорегулирующих лесных полос плотной конструкции (авторское свидетельство 1404000), у которых образуются большие снежные шлейфы, особенность его заключается в том, что сельскохозяйственные культуры размещаются в межполосных пространствах в зависимости от их почвозащитной способности и способа основной обработки почвы. В зонах снежных шлейфов размещаются яровые культуры, для которых требуется отвальная зябь, почвозащитная устойчивость которой очень низкая, а в межшлейфовых частях – культуры, которые обладают высокой почвозащитной способностью: многолетние травы, озимые, культуры прямого посева, стерневые агрофоны. Особенность снеготаяния в таком межполосном пространстве заключается в том, что в первую очередь сходит снег в средней его части, где агрофон с высокой противозерозионной устойчивостью. Вода, поступающая из вышележащего снежного шлейфа, не производит здесь смыва, а попадая в нижележащий снежный шлейф, где отвальная зябь, она медленно просачивается через снег и смыва также не производит.

Способ защиты почв от смыва (патент 2744184) предусматривает после уборки зерновых культур сохранение стерни на всем склоне. При этом высота среза ее при уборке урожая должна увеличиваться при движении вниз по склону на 3-5 см через каждые 100-150 м. На длинных склонах свыше 450 м обычно формируют четыре полосы с разной высотой стерни. Способ создает условия для постепенного стаивания снега сверху вниз по склону, что обуславливает предотвращение смыва почв.

Выводы. Таким образом, из всего большого арсенала средств противоэрозионной защиты почв некоторые приемы оказались высокоэффективными, а другие – малоэффективными или совсем неэффективными. Связано это с тем, что они не воздействуют на природные факторы формирования склонового стока: промерзание почвы, ее влажность и снеготопливы. Поэтому нужна система мероприятий, построенная на наиболее эффективных взаимодействующих приемах на основе знания закономерностей формирования стока и процессов эрозии. Перспективными противоэрозионными приемами могут быть такие приемы, которые сильно влияют на эти факторы стока, особенно на промерзание почвы, которое наиболее мощно воздействует на водопоглощение. Это необходимо учитывать при разработке и оценке эффективности новых противоэрозионных приемов. Наибольшее воздействие на эти факторы оказывают стокорегулирующие лесополосы. Важную роль играет сочетание их с другими приемами, направленными на локальное водозадержание или регулируемый безопасный отвод по залуженным ложбинам с помощью водозадерживающих и водоотводящих валов, канав, борозд и других приемов.

Библиографический список

1. Агролесомелиоративный эталон защиты почв от эрозии: Справочник-путеводитель по Новосильской зональной агроресомелиоративной опытной станции им. А.С. Козменко / К. Н. Кулик, А. С. Рулев, А. Т. Барабанов, А. И. Петелько, Н. Е. Новиков, А. В. Кулик, А. В. Выпова. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. 52 с.
2. Барабанов А. Т. Эрозионно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов формирования поверхностного стока талых вод и адаптивно-ландшафтное земледелие. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 188 с.
3. Картографирование ручейковой эрозии пахотных почв по данным с беспилотных летательных аппаратов / А. Н. Каштанов, Ю. И. Вернук, И. Ю. Савин, В. В. Щепотьев, П. А. Докукин, Д. В. Шарычев, К. А. Ли // Почвоведение. 2018. № 4. С. 506-512.
4. Кирюшин В. И. Система научно-инновационного обеспечения технологий адаптивно-ландшафтного земледелия // Земледелие. 2022. № 2. С. 3-7.
5. Коронкевич Н. И., Георгиади А. Г., Ясинский С. В. О гидрологических изменениях // Вопросы географии. 2018. № 145. С. 739-744.
6. Кулик К. Н. Агроресомелиоративное обустройство степных ландшафтов – пережиток прошлого или экологический императив современности // Степи Северной Евразии: материалы VII международного симпозиума. Оренбург: ИС УрОРАН, Печатный дом «Димур», 2015. С. 57-60.
7. Моделирование процессов противоэрозионного земледелия и агроресомелиорации / А. В. Панфилов, П. Н. Проездов, А. В. Розанов, А. В. Карпушкин // Аграрный научный журнал. 2017. № 9. С. 19-23.
8. От основ противоэрозионной мелиорации школы А. С. Козменко – Г.П. Сурмача к современным системам адаптивно-ландшафтного земледелия (история эрозиоведения ВНИ-АЛМИ) / А. Т. Барабанов, А. И. Петелько, В. И. Панов, А. В. Кулик, О. А. Гордиенко, М. Р. Шайфуллин // Научно-агрономический журнал. 2021. № 3. С. 6–19.
9. Панов В. И. Оптимизация соотношения основных ландшафтных угодий (кластеров) в бассейновом агроэколандшафте степного засушливого пояса России // Научно-агрономический журнал. 2021. № 2. С. 6–16.
10. Панов В. И. Ландшафтный лесной кластер в ландшафтно-синергетическом экологическом агроприродопользовании в засушливом степном поясе России // Научно-агрономический журнал. 2022. № 2 (109). С. 4-12.
11. Панфилов А. В., Попов В. Г. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия и агроресомелиорации в степной и сухостепной зонах Поволжья // Экология. Экономика. Информатика. Серия: Системный анализ и моделирование экономических и экологических систем. 2018. Т. 1. № 3. С. 217-222.

12. Петелько А. И. Противоэрозионные защитные насаждения в Центральном Нечерноземье // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: матер. науч.-практ. конф. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. С. 144-149.

13 Шабает А. И. Избранные труды. Эрозия почв и адаптивно-ландшафтное земледелие. Саратов: ФГБНУ «НИИСХЮВ», 2017. 648 с.

14. Lawson G., Dupraz C., Watts J. Can Silvoarable Systems Maintain Yield, Resilience, and Diversity in the Face of Changing Environments // Agroecosystem Diversity: Reconciling Contemporary Agriculture and Environmental Quality. Elsevier Inc. 2019. P. 145-168.

15. Pimentel D., Burgess M. Soil erosion threats food production // Agriculture. 2013. № 3 (3). P. 443-463.

Информация об авторе

Барабанов Анатолий Тимофеевич, главный научный сотрудник - заведующий лабораторией защиты почв от эрозии ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9945-654X> barabanova@vfanc.ru тел. 8-961-694-08-44

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-04

VARIETY SPECIFICITY OF THE INFLUENCE OF SALT AND OSMOTIC STRESS ON THE MORPHOLOGICAL SIGNS OF SPRING WHEAT SEEDLINGS

I. N. Besaliev¹, A. L. Panfilov¹, N. S. Reger¹

¹*Federal Scientific Center for biological Systems and agricultural Technologies of Russian Academy of Sciences, Orenburg*

Received 22.11.2022

Submitted 12.02.2023

The studies "Variety specificity of the influence of salt and osmotic stress on the morphological characteristics of spring wheat seedlings" were carried out in accordance with the research plan for 2021-2030. FGBNU BST RAS on the topic No. FNWZ-2022-0014

Summary

The article presents the results of a laboratory experiment on the study of the influence of various variants of salt and osmotic stress on the morphological parameters of seedlings of varieties of spring soft and durum wheat. As a result of the research, a negative effect of osmotic stress and salinity on the sowing qualities of seeds and morphological parameters of seedlings of the studied spring wheat varieties was revealed.

Abstract

Introduction. One of the factors that have a negative impact on the formation of productivity of agricultural crops is soil salinization. In recent years, due to the increase in aridity and lack of moisture, the negative impact of excess salt in the soil has been increasing. The study and evaluation of the resistance of varieties to the salinity factor against the background of sufficient and insufficient moisture makes it possible to establish their genetic fitness. **Object.** The objects of research were varieties of spring soft and durum wheat. **Materials and methods.** The studies used data from a laboratory experiment conducted at the Center for Collective Use of the Federal State Budget Scientific Institution of the Federal Scientific Center of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences» on methods for assessing plant resistance to salinity and osmotic stress. To assess salt resistance, the seeds were treated with sodium chloride salts at a dose of 8.7 g/l (150 mM); to create osmotic stress, the seeds were kept in a sucrose solution at a dosage of 16 atm. In the control, the seeds were treated with distilled water. Seed germination was carried out in a TSO-1M thermostat. **Results and conclusions.** Germination energy and seed germination were determined, as well as morphological parameters of seedlings - length, number and weight of roots, length and weight of seedlings. The treatment of seeds with sodium chloride had a more significant inhibitory effect on the sowing qualities of the seeds of the studied varieties, compared with the modified drought stress, and the indicators of the root system of seedlings decreased more under osmotic stress. Spring soft wheat varieties *Oren-*

burgskaya 22 and Ulyanovskaya 105, spring durum wheat variety *Zolotaya* showed the stability of individual parameters of seedling morphology under osmotic stress in comparison with the studied variant of modified salinity. Weak resistance to the factors of lack of moisture and excess of salt in the experimental solutions was obtained in the soft wheat variety *Uchitel* and the durum wheat variety *Orenburgskaya 10*. The results obtained on the assessment of varietal specificity for the studied variants of induced stress can be used in breeding practice.

Key words: *spring wheat, variety, salinity, osmotic stress, morphological parameters of seedlings, germination, germination energy.*

Citation. Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S. Varietal specificity of the effect of salt and osmotic stress on the morphological characteristics of spring wheat seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 46-53 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-04.

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

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

УДК 633.111«321»:631.526.32

СОРТОВАЯ СПЕЦИФИКА ВЛИЯНИЯ СОЛЕВОГО И ОСМОТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ПРОРОСТКОВ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

И. Н. Бесалиев, доктор сельскохозяйственных наук
А. Л. Панфилов, кандидат сельскохозяйственных наук
Н. С. Регер, аспирант

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 22.11.2022

Дата принятия к печати 12.02.2023

*Исследования выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2030 гг.
ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук» по теме № FNWZ-2022-0014*

Актуальность. Одним из факторов, оказывающих отрицательное влияние на формирование продуктивности сельскохозяйственных культур, является засоление почв. В последние годы в связи с нарастанием засушливости и недостатком влаги, негативное влияние избытка соли в почве возрастает. Изучение и оценка устойчивости сортов к фактору засоления на фоне достаточного и недостаточного количества влаги позволяет установить их генетическую приспособленность. **Объект.** Объектами исследований послужили сорта яровой мягкой и твёрдой пшеницы. **Материалы и методы.** В исследованиях использовались данные лабораторного опыта, проведённого в центре коллективного пользования ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по методикам оценки устойчивости растений к засолению и осмотическому стрессу. Для оценки солеустойчивости проведена обработка семян солями хлорида натрия в дозе 8,7 г/л (150 мМ), для создания осмотического стресса семена были выдержаны в растворе сахарозы с дозировкой 16 атм. На контроле семена обрабатывались дистиллированной водой. Проращивание семян проводили в термостате ТСО-1М. **Результаты и выводы.** Определены энергия прорастания и всхожесть семян, а также морфологические показатели проростков – длина, число и масса корешков, длина и масса ростков. Обработка семян хлоридом натрия оказала более значительное подавляющее действие на посевные качества семян изученных сортов по сравнению с модифицированным стрессом засушливости, а показатели корневой системы проростков снизились больше при осмотическом стрессе. Сорта яровой мягкой пшеницы Оренбургская 22 и Ульяновская 105, сорт яровой твёрдой пшеницы Золотая показали устойчивость отдельных показателей морфологии проростков при осмотическом стрессе по сравнению с изученным вариантом мо-

дифицированного засоления. Слабая устойчивость факторам недостатка влаги и избытка соли в опытных растворах получена у сорта мягкой пшеницы Учитель и сорта твёрдой пшеницы Оренбургская 10. Полученные результаты по оценке сортовой специфики на изученные варианты индуцированного стресса могут использоваться в селекционной практике.

Ключевые слова: сорта яровой пшеницы, солевой стресс, осмотический стресс пшеницы, морфологические показатели проростков, всхожесть семян пшеницы.

Цитирование. Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Ретер Н. С. Сортовая специфика влияния солевого и осмотического стресса на морфологические признаки проростков яровой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 46-53. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-04.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Засоление почв, наряду с засухой, является одним из отрицательных факторов, снижающих продуктивность культур. Нарастание засушливости климата во взаимодействии с избыточным засолением усиливает стрессовое воздействие [8, 13].

Основные пути решения возникающих при этом вопросов и задач устойчивости к стресс-факторам лежат в основе оценки сортовой специфики. Существуют различные методы оценки солеустойчивости и засухоустойчивости сортов: по активности антиоксидантных ферментов [1], по содержанию пролина в листьях [6, 7]. Но более широко оценка этих характеристик проводится по изучению морфологических признаков проростков в лабораторных условиях.

Объясняется это наибольшей чувствительностью растений к засолению на стадии прорастания семян [3, 9, 15]. Выживаемость проростков на ранней стадии, как считают Kader M. A. et. al. [10], увеличивает шанс выживания растений до достижения стадии зрелости.

Работами ряда авторов [2, 4] показана сортоспецифичность реакции на изученные варианты засоления; установлена также видовая устойчивость, при которой твёрдая пшеница более чувствительна к избытку солей, чем мягкая [14].

В то же время подчёркивается необходимость изучения не только морфологических, но и биохимических показателей устойчивости к стресс-факторам, в частности по содержанию хлорофилла [5], удельной электропроводности клеточных мембран [2].

В оценке солеустойчивости с превалированием оценки признака по результатам лабораторных опытов и на фоне незначительных успехов в условиях полевых исследований [12, 16] подчёркивается их важность для подтверждения результатов, полученных в контролируемых условиях [11].

Таким образом, в вопросах изучения солеустойчивости и засухоустойчивости культур, в частности яровой пшеницы, ещё много неизученных моментов, связанных с генотипической обусловленностью данного фактора, а также с глобальными и региональными климатическими изменениями, с нарастанием засушливости, при которых засоление усиливает негативное влияние.

Оренбургское Приуралье относится к регионам, в которых проявление засушливости климата проявляется особенно остро в периоды наиболее активной вегетации культур (май – июнь).

Устойчивость к засолению и засушливости климата сортов культурных растений в условиях климатических изменений с недостатком продуктивной влаги в почве на фоне высоких значений температуры воздуха является одним из составляющих

условий их толерантности к стресс-факторам. Лабораторный анализ солеустойчивости и засухоустойчивости по показателям морфологических признаков проростков позволяет достаточно объективно характеризовать генотипическую обусловленность данного признака.

Цель исследования состояла в изучении энергии прорастания, всхожести семян, морфологических показателей проростков сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы в лабораторных опытах по вариантам солевого и осмотического стресса.

Материалы и методы. Объектами исследований были сорта яровой мягкой пшеницы: Учитель, Варяг, Оренбургская 22, Ульяновская 105; сорта твёрдой пшеницы: Золотая и Оренбургская 10.

Проращивание семян проводили в термостате ТСО-1М. Опытные варианты по засолению были обработаны солями NaCl по методике Удовенко Г. В., Дроздова С. Н., Еремина Г. В., Климашевского Э. Л. в дозе 8,7 г/л (150 мМ). Для создания осмотического стресса семена были выдержаны в растворе сахарозы с дозировкой 16 атм. (методика Олейниковой Т. В., Осипова Ю. Ф.), на контроле семена обработаны водой. Объём выборки составлял 20 семян в четырёхкратной повторности для каждого варианта. На третий день проводили учёт энергии прорастания (у твёрдой пшеницы на 4-й день), на седьмой день (у твёрдой пшеницы на 8-й) – определение всхожести. Одновременно с определением всхожести проведён подсчёт количества, массы и длины корешков, длины и массы ростков.

Результаты и обсуждение. Энергия прорастания и всхожесть изученных сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы снизились под влиянием засоления, причём более значительно у сортов мягкой пшеницы Варяг и Ульяновская 105 (на 16 % и 14 % соответственно) при большей устойчивости данного показателя у сорта Учитель (снижение на 4 %). Сорта твёрдой пшеницы заняли промежуточное положение (таблица 1).

Осмотический стресс оказал меньшее отрицательное влияние на посевные качества семян изучаемых сортов, чем хлоридное засоление в изученной дозе.

Наибольшее снижение энергии прорастания отмечалось у сорта Варяг (10 %), а всхожести – у сорта Ульяновская 105 (9 %). Стабильность к воздействию данного фактора показали сорта мягкой пшеницы Учитель и Оренбургская 22, а также сорт твёрдой пшеницы Золотая (снижение показателей на 2-4 %).

Получено ингибирующее действие обоих видов стрессового воздействия на формирование морфологических показателей проростков изученных сортов. По количеству корешков снижение получено по всем сортам, за исключением сорта Ульяновская 105, у которого в условиях осмоса не отмечено уменьшения данного показателя. У остальных сортов формирование первичной корневой системы при наличии засоления и недостатка влаги проходило неблагоприятно. При оптимальном числе нормальных корешков при прорастании у пшеницы 4-5 в условиях воздействия стресс-факторов в опыте их количество снижалось до 2,4-3,8 шт., что создает предпосылки для развития слаборазвитой корневой системы в процессе дальнейшего развития.

По массе корешков у сорта Учитель снижение показателей от хлоридного засоления и осмотического стресса составило соответственно 66,7 % и 71,4 %, по сорту Варяг – 76,2 % и 85,7 %; эти цифры являются самыми значительными по снижению данного показателя. У сортов мягкой пшеницы Оренбургская 22 и Ульяновская 105, сортов твёрдой пшеницы Оренбургская 10 и Золотая масса корешков снижалась на 28,6-62,5 % в варианте солевого стресса и на 57,1-71,4 % при осмотическом стрессе, причём наименьшие цифры из этого ряда получены по сорту твёрдой пшеницы Золотая (таблица 2).

Таблица 1 – Влияние хлоридного засоления и осмотического стресса на энергию прорастания и всхожесть семян сортов яровой пшеницы

Table 1 – Effect of chloride salinity and osmotic stress on energy germination and germination of seeds of spring wheat varieties

Вариант опыта	Энергия прорастания семян, %	Всхожесть семян, %
Учитель		
Контроль – вода	80 ± 5,4	84 ± 5,4
NaCl – 150 мМ	76 ± 5,4	78 ± 4,9
Сахароза – 16 атм.	78 ± 5,2	80 ± 5,2
Варяг		
Контроль – вода	85 ± 4,6	89 ± 4,1
NaCl – 150 мМ	69 ± 8,9	78 ± 2,5
Сахароза – 16 атм.	75 ± 7,0	86 ± 3,8
Оренбургская 22		
Контроль – вода	80 ± 3,5	86 ± 3,5
NaCl – 150 мМ	71 ± 7,0	81 ± 5,4
Сахароза – 16 атм.	76 ± 5,4	84 ± 4,1
Ульяновская 105		
Контроль – вода	80 ± 6,1	88 ± 5,6
NaCl – 150 мМ	66 ± 6,1	74 ± 4,1
Сахароза – 16 атм.	77 ± 6,1	79 ± 4,8
Оренбургская 10		
Контроль – вода	80 ± 7,9	84 ± 4,7
NaCl – 150 мМ	71 ± 4,2	74 ± 2,9
Сахароза – 16 атм.	74 ± 5,6	80 ± 4,1
Золотая		
Контроль – вода	75 ± 6,1	80 ± 0,0
NaCl – 150 мМ	70 ± 3,5	76 ± 2,2
Сахароза – 16 атм.	73 ± 4,9	78 ± 2,5
НСР ₀₅	5,4	3,5
НСР ₀₅ А (сорт)	4,5	2,8
НСР ₀₅ В (вариант опыта)	3,2	2,0
НСР ₀₅ АВ	3,2	2,0

Влияние изученных вариантов солевого и осмотического стресса на длину корешков имело сортовую специфику. Следует отметить отрицательное влияние на этот показатель обработки семян хлоридом натрия по всем сортам и при сравнительно ровном снижении длины корешков у большинства сортов (на 49,5-60,8 %) отмечается устойчивость у сорта твердой пшеницы Золотая (28,9 %).

Реакция по длине корешков на осмотический стресс была не так однозначна и при значительном снижении длины корешков у сортов Учитель (72,7 %) и Оренбургская 10 (61,8 %), значительно меньшее снижение отмечалось у сорта Ульяновская 105 (42,4 %) и практическое отсутствие снижения длины корешков – у сорта мягкой пшеницы Оренбургская 22 (3 %).

Ростовые функции прорастающих семян важны с точки зрения формирования растения, на полноту их реализации оказывают влияние биотические и абиотические факторы. Недостаток влаги выступает в качестве главного ограничителя реализации этих функций, особенно в зоне аридного земледелия.

Таблица 2 – Влияние хлоридного засоления и осмотического стресса на показатели морфологии проростков сортов яровой пшеницы

Table 2 – Effect of chloride salinity and osmotic stress on the morphology of seedlings of spring wheat varieties

Вариант опыта	Среднее число корешков, шт.	Масса корешков 10 семян, г	Средняя длина 1 корешка, см	Средняя длина 1 ростка, см	Масса ростков 10 семян, г
Учитель					
Контроль – вода	4,4	0,21	2,78±0,12	1,86±0,10	0,17
NaCl – 150 мМ	3,0	0,07	1,23±0,04	0,34±0,02	0,04
Сахароза – 16 атм.	2,4	0,06	0,76±0,05	1,04±0,06	0,11
Варяг					
Контроль – вода	4,8	0,23	2,89±0,11	1,82±0,09	0,18
NaCl – 150 мМ	3,0	0,07	1,30±0,05	0,39±0,02	0,03
Сахароза – 16 атм.	2,7	0,05	2,04±0,08	1,38±0,07	0,10
Оренбургская 22					
Контроль – вода	3,7	0,16	2,33±0,09	1,54±0,08	0,13
NaCl – 150 мМ	3,0	0,07	1,16±0,04	0,41±0,02	0,03
Сахароза – 16 атм.	2,8	0,05	2,26±0,06	1,66±0,06	0,09
Ульяновская 105					
Контроль – вода	3,4	0,28	4,24±0,14	2,42±0,09	0,20
NaCl – 150 мМ	3,0	0,10	1,66±0,06	0,59±0,04	0,04
Сахароза – 16 атм.	3,5	0,08	2,24±0,10	2,01±0,07	0,15
Оренбургская 10					
Контроль – вода	4,3	0,32	4,38±0,18	3,68±0,21	0,36
NaCl – 150 мМ	3,0	0,12	2,21±0,12	0,47±0,02	0,04
Сахароза – 16 атм.	3,4	0,10	1,67±0,09	1,63±0,18	0,18
Золотая					
Контроль – вода	3,9	0,28	4,02±0,16	2,91±0,16	0,27
NaCl – 150 мМ	3,8	0,20	2,86±0,13	1,14±0,10	0,09
Сахароза – 16 атм.	3,5	0,12	1,76±0,10	1,94±0,04	0,19
НСР ₀₅	0,28	0,08	0,34	0,19	0,06
НСР ₀₅ А (сорт)	0,23	0,07	0,28	0,16	0,05
НСР ₀₅ В (вариант опыта)	0,16	0,05	0,20	0,11	0,04
НСР ₀₅ АВ	0,16	0,05	0,20	0,11	0,04

В опыте получено значительное подавляющее действие солевого стресса на показатели ростков сортов яровой пшеницы. Среднее снижение длины ростка по всем изученным сортам составило 77,1 %, с изменениями от 60,8 % по сорту твёрдой пшеницы Золотая до 87,5 % по сорту Оренбургская 10. Также существенным было снижение массы ростков 10 семян: при среднем значении снижения по опыту 78,7 % варьирование по сортам составило от 66,7 % по сорту Золотая до 88,9 % по сорту Оренбургская 10. Отмечаем, что как самыми устойчивыми, так и самыми неустойчивыми по показателям ростовых функций семян при воздействии стресс-факторов оказались сорта твёрдой пшеницы. Сорта мягкой пшеницы заняли промежуточное положение.

Выводы. Установлено отрицательное влияние изученных вариантов солевого и осмотического стресса на показатели всхожести семян и формирование морфологических признаков проростков сортов яровой мягкой и твёрдой пшеницы.

Обработка семян хлоридом натрия оказала более значительное подавляющее действие на посевные качества семян изученных сортов по сравнению с модифицированным стрессом засушливости, а показатели корневой системы проростков снизились больше при осмотическом стрессе. При общем подавляющем действии обоих видов модифицированного стресса на показатели ростовых функций прорастающих семян получена некоторая устойчивость средней длины и массы ростков при осмотическом стрессе в сравнении с хлоридным засолением, хотя снижение изученных морфологических признаков также присутствует.

Сорта яровой мягкой пшеницы Оренбургская 22 и Ульяновская 105, сорт яровой твёрдой пшеницы Золотая показали устойчивость отдельных показателей морфологии проростков при осмотическом стрессе по сравнению с изученным вариантом модифицированного засоления.

Библиографический список

1. Абдыев В. Б., Абдуева-Исмаилова С. М. Сравнительное изучение активности каталазы в растениях, различающихся по солеустойчивости при засолении // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. 2017. № S12. С. 93-95.
2. Гурова Т. А., Луговская О. С., Свежинцева Е. А. Влияние совместного действия обыкновенной корневой гнили и хлоридного засоления на проростки сортов пшеницы // Успехи современной науки. 2017. Т. 2. № 4. С. 157-160.
3. Использование реакции проростков пшеницы на засоление для прогноза ее сортовой засухоустойчивости в условиях Южного Предуралья / Д. С. Веселов, М. Д. Тимергалин, Г. В. Шарипова, В. И. Никонов // Агрохимия. 2013. № 2. С. 62-66.
4. Лушникова Т. А. Влияние хлоридного и сульфатного засоления на физиологические показатели проростков яровой мягкой пшеницы сортов Жигулевская и Терция // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2018. № 8. С. 50-58.
5. Оценка морфологических и биохимических параметров устойчивости различных генотипов пшеницы к хлоридному засолению / Н. В. Кононенко, Т. А. Диловарова, Р. В. Канавский [и др.]. // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2019. Т. 14. № 1. С. 18-39.
6. Расторгуева В. И. Определение содержания пролина в листьях пшеницы, как стресс индуцированного показателя // Современные проблемы агропромышленного комплекса: сборник научных трудов 72-й Международной научно-практической конференции. Самара: Самарский государственный аграрный университет, 2019. С. 39-42.
7. Стаценко А. П., Блинохватов А. А. Оценка солеустойчивости полевых культур // Инновационная техника и технология. 2019. № 2(19). С. 34-37.
8. Effects of drought and high temperature stress on synthetic hexaploid wheat / G. P. Pradhan, P. V. V. Prasad, A. K. Fritz, M. B. Kirkham, B. S. Gill // Funct Plant Biol. 2012. № 39 (3). P. 190-198.
9. Effect of plant growth promoting bacteria associated with halophytic weed (*Psoralea corylifolia* L.) on germination and seedling growth of wheat under saline conditions / A. M. Sorty, K. K. Meena, K. Choudhary, U. M. Bitla, P. S. Minhas, K. K. Krishnani // Appl. Biochem. Biotech. 2016. № 180 (5).
10. Kader M. A., Jutzi S. C. Effects of thermal and salt treatments during imbibition on germination and seedling growth of sorghum at 42/19°C // Journal Agronomy Crop Science. 2004. № 190 (1). P. 35-38.
11. Multi-dimensional evaluation of response to salt stress in wheat / S. Dadshani, R. C. Sharma, M. Baum, F. C. Ogbonnaya, J. Léon, A. Ballvora // PLoS One. 2019. No 14 (9). e0222659.
12. Munns R., James R. A., Läuchli A. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals // Journal of Experimental Botany. 2006. No 57 (5). P. 1025-1043.
13. Prajapat A. L., Saxena R. Thermal requirements of wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under different growing environments // Int. J. Chem. Stud. 2018. № 6. P. 17-22.

14. Seawater stress applied at germination affects mitochondrial function in durum wheat (*Triticum durum*) early seedlings / Z. Flagella, D. Trono, M. Pompa, N. Di Fonzo, D. Pastore // *Funct Plant Biol.* 2006. No 33. P. 357–366.

15. Seed birth to death: dual functions of reactive oxygen species in seed physiology / S. P. Jeevan Kumar, S. Rajendra Prasad, Rintu Banerjee, Chakradhar Thammineni // *Annals of Botany.* 2015. V. 116. Is. 4. P. 663–668.

16. Uncoupling of sodium and chloride to assist breeding for salinity tolerance in crops / Y. Genc, K. Oldach, J. Taylor, G. H. Lyons // *New Phytol.* 2016. No 210 (1). P. 145–156.

Информация об авторах

Бесалиев Ишен Насанович, заведующий отделом технологий зерновых и кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (46000, г. Оренбург, ул. 9 Января, дом 29), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-9389-1938, тел.: 8 (3532) 30-83-47; e-mail: orniish_tzk@mail.ru

Панфилов Александр Леонидович, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (46000, г. Оренбург, ул. 9 Января, дом 29), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-1210-6350, тел.: 8 (3532) 30-83-47; e-mail: panfilov-1@mail.ru

Регер Нелли Сергеевна, младший научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН» (46000, г. Оренбург, ул. 9 Января, дом 29), аспирант, ORCID: 0000-0002-0047-7680, тел.: 8 (3532) 30-83-47; e-mail: 8ellen.13@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-05

IMPROVED METHODS OF CULTIVATING VARIETIES OF MEDIUM-RIPENED POTATOES IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN SEA

A. N. Bondarenko

Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of Russian Academy of Sciences»

Received 07.12.2022

Submitted 21.02.2023

The research was carried out in the framework of research in 2022-2024. "Develop improved zonal resource-saving agricultural technologies to improve soil fertility, crop productivity and product quality in Natural and climatic conditions of the Northern Caspian region. "Topic № FNMW-2022-0012

Summary

The results of growing varieties of medium-ripened potatoes in light chestnut soil on drip irrigation are presented. Promising options have been identified that contribute to the formation of high yields of the studied crop.

Abstract

Relevance. The introduction of intensive potato cultivation technologies today is a priority area in vegetable growing in the Lower Volga region. In this regard, the search for improved agricultural techniques for cultivating potatoes, which would contribute to high yields at lower production costs, is very relevant. The purpose of this study was to improve the methods and methods of cultivating varieties of medium-ripe potatoes in the conditions of drip irrigation of the Northern Caspian region. **Object.** Mid-ripe potato varieties: Queen Anne, Gala, Azhur. **Materials and methods.** For the first time in the irrigated area of the Federal State Budgetary Scientific Institution "PAFNC RAS" on light chestnut brackish soil in the period from 2020 to 2022. A comparative analysis was carried out to identify the most promising option for cultivating the studied crop. The field experiment provided for both sheet processing and additional soaking of tubers before planting with new generation growth stimulating drugs aimed at increasing the yield of the resulting products of varieties of medium-ripe potato varieties cultivated during the drip irrigation method. The research work consisted of staging a field experiment that provided for two-factor field experience with systematic placement of plots. The

research material was: amino acid biostimulator Biostim Start and liquid complex organ-mineral fertilizer Fast and Furious. **Results and conclusions.** During the study, it was noted that the maximum biological yield indicators - 91.1 t/ha were obtained in the version using Biostim Start when used together (on the sheet + additional soaking of tubers) in the Azhur variety with a commercial yield of 78.9 t/ha. Net income under this option amounted to 1632.3 thousand rubles/ha, profitability - 479.8%.

Key words: potatoes, medium-ripening variety, spraying on the leaf, soaking tubers, yield, economic efficiency.

Citation. Bondarenko A. N. Improved methods of cultivating varieties of medium-ripened potatoes in the conditions of the North-Western Caspian sea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 53-65 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-05.

Author's contribution. The author is directly related to the present study, was directly involved in the laying of field experience. Participated in the implementation and analysis of the experiment. The author of this publication has read the final result for publication.

Conflict of interests. The author of this publication declares that there is no conflict of interest.

УДК 635.21:631.5

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ СПОСОБЫ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ СОРТОВ СРЕДНЕСПЕЛОГО КАРТОФЕЛЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ

А. Н. Бондаренко, доктор сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 07.12.2022

Дата принятия к печати 21.02.2023

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022...2024 гг.

*«Разработать усовершенствованные зональные ресурсосберегающие агротехнологии, обеспечивающие повышение плодородия почвы, продуктивности сельскохозяйственных культур и качества продукции в природно-климатических условиях Северного Прикаспия»
Тема № 0722-2019-0016*

Актуальность. Внедрение интенсивных технологий возделывания картофеля на сегодняшний день является приоритетным направлением в овощеводстве Нижневолжского региона. В связи с этим поиск усовершенствованных агротехнологических приемов возделывания картофеля, которые при меньших затратах на производство способствовали бы получению высоких показателей урожайности, является весьма актуальным. Целью настоящего исследования явилось усовершенствование способов и приемов возделывания сортов среднеспелого картофеля в условиях капельного орошения Северного Прикаспия. **Объект.** Сорта среднеспелого картофеля: Королева Анна, Гала, Ажур. **Материалы и методы.** Впервые на орошаемом участке ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» на светло-каштановой солонцеватой почве в период с 2020 по 2022 гг. проведен сравнительный анализ по выделению наиболее перспективного варианта возделывания изучаемой культуры. Полевой эксперимент предусматривал как листовые обработки, так и допосадочное замачивание клубней перед посадкой ростостимулирующими препаратами нового поколения, нацеленных на увеличение урожайности полученной продукции сортов среднеспелых сортов картофеля, возделываемых при капельном способе полива. Научно-исследовательская работа заключалась в постановке полевого эксперимента, который предусматривал двухфакторный полевой опыт с систематическим размещением делянок. Материалом исследования послужили: аминокислотный биостимулятор Биостим Старт и жидкое комплексное органоминеральное удобрение Форсаж. **Результаты и выводы.** В ходе изучения было отмечено, что максимальные показатели биологической урожайности – 91,1 т/га – были получены на варианте с использованием препарата Биостим Старт при совместном использовании (по листу + допосадочное замачивание клубней) у сорта Ажур с товарной урожайностью 78,9 т/га. Чистый доход по данному варианту составил у 1632,3 тыс. р./га, рентабельность – 479,8 %.

Ключевые слова: сорта картофеля, среднеспелые сорта картофеля, опрыскивание по листу, замачивание клубней картофеля, урожайность картофеля.

Цитирование. Бондаренко А. Н. Усовершенствованные способы возделывания сортов среднеспелого картофеля в условиях Северо-Западного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 53-65. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-05.

Авторский вклад. Автор имеет прямое отношение к настоящему исследованию, принимал непосредственное участие в закладке полевого опыта. Участвовал в выполнении и анализе эксперимента. Автор данной публикации был ознакомлен с окончательным результатом для публикации.

Конфликт интересов. Автор данной публикации заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Наиболее востребованной на сегодняшний день сельскохозяйственной продукцией на продовольственном рынке являются картофель и овощи [2, 6, 7].

Возделывание данных культур в открытом грунте в зоне недостаточного увлажнения, где расположены Ростовская, Волгоградская, Астраханская области и т.д., экономически целесообразно лишь при условии орошения. Известно, что овощные культуры и картофель отзывчивы на применение удобрений, эффективность которых зависит от влагообеспеченности растений, конкретных почвенно-климатических условий, комплекса технологических приемов, сроков и способов внесения.

Картофель является самой важной овощной и третьей по значимости продовольственной культурой после риса и пшеницы. Преимущество картофеля – высокий потенциал урожайности [8-12].

Исследования Алиевой Ш. Т. в Республике Дагестан в 2014-2016 гг. подтвердили высокую эффективность использования разных регуляторов роста Эпин-Экстра, Гумат+7 при возделывании сортов раннего картофеля. При этом обработка клубней препаратом Эпин-Экстра способствовала повышению урожайности в среднем на 13 %, а при использовании регулятора Гумат+7 – на 9,7 % [1].

Двухфакторный полевой опыт по возделыванию раннего картофеля с использованием микробиологических препаратов был проведен Роменской О. Н. в КФХ Ледевева А. М. Городищенского района Волгоградской области в 2017 году. В результате проведенных исследований максимальный показатель урожайности был получен на варианте с обработкой клубней препаратом Азотовит по предшественнику озимая рожь на сидерат - 57,2т/га [4].

Получению достаточно стабильных и высоких урожаев данной группы культур способствует орошение в сочетании с комплексом эффективных защитных мероприятий и минеральных удобрений. Таким образом, совершенствование элементов технологии возделывания овощных культур на орошаемых землях, в частности овощей и картофеля, в аспекте ресурсосбережения, остается на данный момент актуальной проблемой [3, 5].

Цель исследования – усовершенствование способов и приемов возделывания сортов среднеспелого картофеля в условиях капельного орошения Северного Прикаспия.

В задачи исследований входило:

1. Изучить особенности роста и развития сортов среднеспелого картофеля при возделывании по различным агроприемам (допосадочное замачивание клубней, листовые обработки);
2. Определить хозяйственно-ценные признаки и урожайность сортов среднеспелого картофеля;
3. Провести расчёт экономической эффективности возделывания сортов среднеспелого картофеля.

Научная новизна. Впервые в условиях Северо-Западного Прикаспия определены оптимальные варианты сортов среднеспелого картофеля отечественной селекции с использованием усовершенствованных способов возделывания, способствующих формированию высоких показателей урожайности при капельном орошении.

Схема закладки и содержание опыта. В ходе НИР методом расщепленных делянок был заложен двухфакторный полевой опыт по культуре среднеспелый картофель. Повторность опыта – трехкратная. Размещение делянок – систематическое (Доспехов Б. А., 1985 г.).

В опыте фактор А – сорта среднеспелого картофеля: Гала, Королева Анна, Ажур. Фактор В: аминокислотный биостимулятор Биостим Старт, жидкое комплексное органоминеральное удобрение Форсаж.

Площадь делянки – 70 м², площадь под вариантом – 210 м².

Варианты опыта:

1. N₁₂₀P₆₀K₆₀ - Фон (контроль) - опрыскивание водой по листу;
2. N₁₂₀P₆₀K₆₀ - Фон (контроль) - предпосадочное замачивание клубней;
3. N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Биостим Старт (опрыскивание по листу)
4. N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Форсаж (опрыскивание по листу);
5. N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Биостим Старт (предпосадочное замачивание клубней) Препарат разводится 5-10 мл препарата на 1 л воды. Предпосадочная обработка клубней 0,5-1,2 л/г.
6. N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Форсаж (предпосадочное замачивание клубней). Расход 10-20 г/10 л воды;
7. N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Биостим Старт (по листу + замачивание клубней);
8. N₁₂₀P₆₀K₆₀ + Форсаж (по листу + замачивание клубней).

Материалы и методы. Проводились полевые учеты, наблюдения и измерения с использованием методики Белика В. Ф. (1982 г.), методики Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2015 г.), а также согласно Методическому руководству по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве (2018 г.).

Экономическая эффективность возделывания изучаемых сортов и гибридов овощных культур была рассчитана согласно технологической карте и методическим рекомендациям (Шпилько А. В., 1998; Санду И. С., 2013).

Результаты и обсуждение. Агрохимический анализ почв опытного участка представлен в таблицах 1...2. В целом необходимо отметить, что опытный участок по горизонтам 0-20 см и 20-40 см отличаются низким содержанием гумуса – 0,81 и 0,92 мг/кг и низким содержанием фосфора – 24,75-25,40 мг/кг, pH водной вытяжки находится на уровне 8,29...8,60.

Таблица 1 – Результаты по горизонту 0...20 см / Table 1 – Results for horizon 0...20 cm

Показатель/Indicator	Единица измерения / Unit of measure	Фактическое значение / Actual value	ГОСТ / GOST
pH водной вытяжки/ pH of water extract	Ед./ unit	8,29	26423-85
Массовая доля подвижных соединений фосфора/ Mass fraction of mobile phosphorus compounds	мг/кг mg/kg	24,75	26205-91
Массовая доля подвижных соединений калия/ Mass fraction of mobile potassium compounds	мг/кг mg/kg	442,0	26205-91
Массовая доля органического вещества/ Mass fraction of organic matter	%	0,92	26213-91
Массовая доля азота аммония/ Mass fraction of ammonium nitrogen	мг/кг mg/kg	3,85	26486-85
Массовая доля азота нитратов/ Nitrate nitrogen mass fraction	мг/кг / mg/kg	4,40	26951-86

Таблица 2 – Результаты по горизонту 20...40 см/ Table 2 – Results for horizon 20... 40 cm

Показатель/Indicator	Единица измерения/ Unit of measure	Фактическое значение/ Actual value	ГОСТ / GOST
рН водной вытяжки/ pH of water extract	Ед./ unit	8,60	26423-85
Массовая доля подвижных соединений фосфора/ Mass fraction of mobile phosphorus compounds	мг/кг mg/kg	25,40	26205-91
Массовая доля подвижных соединений калия/ Mass fraction of mobile potassium compounds	мг/кг mg/kg	172,0	26205-91
Массовая доля органического вещества/ Mass fraction of organic matter	%	0,81	26213-91
Массовая доля азота аммония/ Mass fraction of ammonium nitrogen	мг/кг mg/kg	2,80	26486-85
Массовая доля азота нитратов/ Nitrate nitrogen mass fraction	мг/кг mg/kg	6,0	26951-86

Урожайность среднеспелых сортов картофеля. Величина урожайности является важнейшим показателем эффективности изучаемых агроприемов, а также сортов и их сочетаний.

Средние показатели элементов структуры урожая проведенных исследований представлены в таблицах 3...5. При анализе полученных данных по возделыванию среднеспелого сорта картофеля Королева Анна максимальный эффект от использования препаратов Форсаж и Биостим Старт был на вариантах с замачиванием клубней ($N_{120}P_{60}K_{60}$ +Форсаж) и при совместном использовании по листу + допосадочное замачивание клубней ($N_{120}P_{60}K_{60}$ +Форсаж) и ($N_{120}P_{60}K_{60}$ +Биостим Старт). Биологическая урожайность по данным вариантам находилась в диапазоне 48,5...51,5 т/га, товарная урожайность – 31,2...41,2 т/га, товарность – 64,2...80,6 % при средней массе клубня 68,2...85,6 г (таблица 6). В ходе проведенного изучения по возделыванию среднеспелого сорта картофеля Гала, возделываемого при аналогичных вариантах было установлено, что преимущество по урожайности имели варианты с использованием органоминерального удобрения Форсаж как при допосадочном замачивании клубней, так и при совместном его использовании (по листу + замачивание клубней). Биологическая урожайность составляла 45,8...47,2 т/га, товарная урожайность – 30,6...33,8 т/га, товарность – 66,7...71,6 %. Варианты, где использовался аминокислотный биостимулятор Биостим Старт при аналогичном использовании замачивания клубней, а также совместного использования обработки по листу+ замачивание, немного уступали как по биологической урожайности – 43,1...43,9 т/га, так и по товарной урожайности – 29,9...30,2 т/га (таблица 7).

При возделывании сорта Ажур исследования оказалось, что, как и по предыдущим сортам, преимущество по биологической урожайности – 87,5...87,7 т/га, было у вариантов $N_{120}P_{60}K_{60}$ +Форсаж (замачивание клубней) и $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Форсаж (по листу + замачивание клубней). Максимальные показатели биологической урожайности – 91,1 т/га, по данному сорту были получены на варианте с использованием препарата Биостим Старт при совместном использовании (по листу + допосадочное замачивание клубней). По товарной урожайности выделились уже варианты $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Форсаж (опрыскивание по листу) с урожайностью 78,4 т/га и $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Биостим Старт (по листу + допосадочное замачивание клубней) – 78,9 т/га.

Необходимо отметить, что по данному сорту на всех вариантах опыта средняя масса клубня составляла 116,3...143,3 г. Общая масса клубней с 1 растения находилась в диапазоне 1445,5...1938,7 г.

Таблица 3 – Элементы структуры урожая картофеля сорта Королева Анна, среднее за 2020...2022 г.

Table 3 – Koroleva Anna potato crop structure elements, average for 2020... 2022

Вариант/Option	Количество ветвей, шт./ Number of branches, pieces	Показатели/ Indicator											
		Высота, см/ Height, cm	Количество клубней, шт./ Number of tubers, pcs.			Масса клубней, г / Tubers weight, g			Общая масса клубней с 1 растения, г/ Total weight of tubers with 1 plant, g	Средняя масса клубня с 1 растения, г/ Average tuber weight with 1 plant, g	Биологическая урожайность, т/га/ Biological yield, t/ha	Товарная урожайность, т/га/ Commodity yield, t/ha	Прибавка ± к контролю, т/га ± increase to control, t/ha
			крупные/ large	средние/ medium	мелкие/ small	крупные/ large	средние/ medium	мелкие/ small					
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) –контроль (опрыскивание водой по листу)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (water spraying on sheet) N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Биостим Старт (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (sheet spraying)	2,9	49,9	3	4	8	274,2	203,5	185,5	663,2	44,2	31,2	22,5	-
	2,3	51,5	2	3	4	353,7	227,5	199,9	781,1	86,8	36,7	27,3	4,8
	3,1	51,7	2	3	5	343,2	282,3	207,9	833,4	83,3	39,2	29,4	6,9
	3,3	50,9	3	4	7	312,9	251,7	194,7	759,3	54,2	35,7	26,5	-
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (soaking tubers)	2,3	55,5	4	3	5	423,7	193,9	134,1	751,7	62,6	35,3	29,0	2,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (замачивания клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (tuber soaking)	4,1	48,3	4	3	5	516,8	253,1	184,9	954,8	79,6	44,9	36,2	9,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (по листу +замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (by sheet + soaking tubers)	3,1	52,3	2	5	9	251,0	412,3	368,9	1032,2	64,5	48,5	31,2	
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (по листу+замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (by sheet + soaking tubers)	4,5	43,9	4	4	7	579,9	296,7	219,9	1096,5	73,1	51,5	41,2	

Таблица 4 – Элементы структуры урожая картофеля сорта Гала, среднее за 2020...2022 гг.

Table 4 – Elements of the structure of the Gala potato crop, average for 2020...2022

Вариант/Option	Количество ветвей, шт./ Number of branches, pieces	Высота, см/ Height, cm	Показатель/ Indicator						Общая масса клубней с 1 растения, т/ Total weight of tubers with 1 plant, g	Средняя масса клубня с 1 растения, т/ Average tuber weight with 1 plant, g	Биологическая урожайность, т/га/ Biological yield, t/ha	Товарная урожайность, т/га/ Commodity yield, t/ha	Прибавка ± к контролю, т/га/ increase to control, t/ha
			Количество клубней, шт./ Number of tubers, pcs.			Масса клубней, г/ Tubers weight, g							
			крупные/ large	средние/ medium	мелкие/ small	крупные/ large	средние/ medium	мелкие/ small					
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (опрыскивание водой по листу)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (water spraying on sheet)	2,7	48,9	2,0	5,0	6,0	242,8	326,1	234,5	803,4	61,8	37,7	26,7	-
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Биостим Старт (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (sheet spraying)	2,7	55,1	3,0	3,0	5,0	346,7	291,5	173,9	812,1	73,8	38,2	30,0	3,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Afterburner (spraying on sheet)	3,5	46,5	3,0	4,0	8,0	273,5	254,1	306,9	834,5	55,6	39,2	24,8	-
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (замачивание клубней в воде)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (soaking tubers in water)	2,7	47,9	3,0	1,0	7,0	415,7	121,3	235,2	772,2	70,2	36,3	25,2	-
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (soaking tubers)	4,5	53,9	2,0	5,0	9,0	276	360,3	280,3	916,6	57,3	43,1	29,9	4,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (замачивания клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (tuber soaking)	2,9	48,3	3,0	6,0	9,0	383	268,7	321,9	973,6	54,1	45,8	30,6	5,4
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (по листу +замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (by sheet + soaking tubers)	3,3	47,9	2,0	4,0	7,0	307,3	334,3	291,5	933,1	71,8	43,9	30,2	
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (по листу+замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (by sheet + soaking tubers)	4,7	50,1	2,0	5,0	7,0	299,7	419,7	285,3	1004,7	71,8	47,2	33,8	

Таблица 5 – Элементы структуры урожая картофеля сорт Ажур, среднее за 2020...2022 гг.

Table 5 – Elements of the structure of the potato crop Azhur variety, average for 2020...2022

Вариант/Option	Количество ветвей, шт./ Number of branches, pieces	Показатель/ Indicator												
		Высота, см/ Height, cm	Количество клубней, шт./ Number of tubers, pcs.			Мелкие/ small	Масса клубней, г / Tubers weight, g			Общая масса клубней с 1 растения, г/ Total weight of tubers with 1 plant, g	Средняя масса клубня с 1 растения, г/ Average tuber weight with 1 plant, g	Биологическая урожайность, т/га/ Biological yield, t/ha	Товарная урожайность, т/га/ Commodity yield, t/ha	Прибавка ± к контролю, т/га ± increase to control, t/ha
			крупные/ large	средние/ medium	мелкие/ small		крупные/ large	средние/ medium	мелкие/ small					
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (опрыскивание водой по листу)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (water spraying on sheet)	3,5	104,1	5,0	3,0	2,0	1020,5	327,3	97,7	114,6	67,9	63,3	-		
	5,1	109,5	5,0	5,0	5,0	809,1	598,0	280,5	112,5	79,3	66,1	2,8		
	4,9	103,3	4,0	6,0	4,0	1072,0	596,5	156,3	130,3	85,8	78,4	15,1		
	5,1	106,3	5,0	4,0	5,0	939,3	493,9	214,3	117,7	77,4	67,4	-		
	4,5	111,5	6,0	3,0	3,0	1110,5	286,1	116,3	126,1	71,1	65,6	-		
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (замачивание клубней)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (tuber soaking)	4,1	87,1	5,0	6,0	5,0	1034,5	643,5	183,1	116,3	87,5	78,9	11,5		
	3,9	112,7	5,0	4,0	5,0	1142,9	535,1	260,7	138,5	91,1	78,9			
	3,7	108,5	4,0	5,0	4,0	1150,3	451,0	265,5	143,6	87,7	75,3			

Таблица 6 – Экономическая эффективность возделывания картофеля сорта Королева Анна, среднее за 2020...2022 гг.

Table 6 – Economic efficiency of cultivating potatoes of the Koroleva Anna variety, average for 2020...2022

Вариант/Option	Товарная урожайность, т/га /Commodity yield, t/ha	Общие затраты, тыс.р./га / Total costs, thousand rubles/ha	Себестоимость, тыс. р./т /Cost price, thousand rubles/ton	Стоимость реализованной продукции, тыс. р./т / The cost of products sold, thousand rubles/ton	Чистый доход, тыс. р./га / Net income, thousand rubles/ha	Рентабельность, % / Profitability, %
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (опрыскивание водой по листу)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (water spraying on sheet)	22,5	328,6	14,6	562,5	233,9	71,2
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Биостим Старт (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (sheet spraying)	27,3	335,1	12,3	682,5	347,4	103,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Afterburner (spraying on sheet)	29,4	355,9	12,1	735,0	379,1	106,5
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (замачивание клубней в воде)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) – control (soaking tubers in water)	26,5	333,8	12,6	662,5	328,7	98,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (soaking tubers)	29,0	337,3	11,6	725,0	387,7	114,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (замачивания клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (tuber soaking)	36,2	364,7	10,1	905,0	540,3	148,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (по листу) +замачивание клубней/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (by sheet + soaking tubers)	31,2	340,2	10,9	780,0	439,8	129,3
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (по листу)+замачивание клубней/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (by sheet + soaking tubers)	41,2	371,2	9,0	1030,0	658,8	177,5

цена за 1 кг картофеля - 25 р.

Таблица 7 – Экономическая эффективность возделывания картофеля сорта Гала, среднее за 2020....2022 гг.

Table 7 – Economic efficiency of cultivation of Gala potatoes, average for 2020...2022

Вариант/Option	Товарная урожайность, т/га /Commodity yield, t/ha	Общие затраты, тыс.р./га / Total costs, thousand rubles/ha	Себестоимость, тыс. р./т /Cost price, thousand rubles/ton	Стоимость реализованной продукции, тыс. р./т / The cost of products sold, thousand rubles/ton	Чистый доход, тыс. р./га / Net income, thousand rubles/ha	Рентабель- ность, % / Profitability, %
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (опрыскивание водой по листу)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (water spraying on sheet)	26,7	325,8	12,3	667,5	338,9	103,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Биостим Старт (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (sheet spraying)	30,0	340,3	11,2	750,0	414,9	123,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Afterburner (spraying on sheet)	24,8	337,7	14,4	620,0	264,1	74,2
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (замачивание клубней в воде)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) – control (soaking tubers in water)	25,2	331,6	13,2	630,0	296,2	88,7
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (soaking tubers)	29,9	340,3	11,3	747,5	410,2	121,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (замачивания клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (tuber soaking)	30,6	345,3	11,9	765,0	400,3	109,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (по листу +замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (by sheet + soaking tubers)	30,2	342,9	11,3	755,0	414,8	121,9
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (по листу+замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (by sheet + soaking tubers)	33,8	349,6	11,0	845,0	473,8	127,6

Таблица 8 - Экономическая эффективность возделывания картофеля сорта Ажур, средние за 2020...2022 гг.

Table 8 - Economic efficiency of cultivation of potatoes of the Azhur variety, average for 2020...2022.

Вариант/Option	Товарная урожайность, т/га Commodity yield, t/ha	Общие затраты, тыс. р./га Total costs, thousand rubles/ha	Себестоимость, тыс. р./т Cost price, thousand rubles/ton	Стоимость реализованной продукции, тыс. р./т The cost of products sold, thousand rubles/ton	Чистый доход, тыс. р./га Net income, thousand rubles/ha	Рентабельность, % Profitability, %
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (опрыскивание водой по листу)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -control (water spraying on sheet)	63,3	347,1	5,2	1582,5	1253,9	381,6
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Биостим Старт (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (sheet spraying)	66,1	350,2	5,1	1652,5	1317,4	393,1
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (опрыскивание по листу)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Afterburner (spraying on sheet)	78,4	359,9	4,5	1960,0	1604,1	450,7
Фон (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) -контроль (замачивание клубней в воде)/ (N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀) – control (soaking tubers in water)	67,4	351,5	5,0	1685,0	1351,2	404,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (soaking tubers)	65,6	370,3	5,1	1640,0	1302,7	386,2
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (замачивания клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (tuber soaking)	78,1	365,5	4,7	1952,5	1587,8	435,4
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Биостим Старт (по листу +замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Biostim Start (by sheet + soaking tubers)	78,9	364,2	4,3	1975,2	1632,3	479,8
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Форсаж (по листу+замачивание клубней)/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Fast and Furious (by sheet + soaking tubers)	75,3	361,1	4,9	1882,5	1511,3	407,1

Экономическая эффективность возделывания среднеспелых сортов картофеля. По результатам полученных данных урожайности было установлено, что возделывание среднеспелых сортов является весьма рентабельным производством, даже при самых низких значениях урожайности, полученных на контрольных вариантах (таблицы 6...8). На вариантах с совместным применением обработок как по листу, так и допосадочном замачивании клубней рентабельность составляла 121,9...479,8 %.

Результаты экономической оценки показали, что наибольшая величина чистого дохода – 658,8 тыс. р./га – при возделывании среднеспелого сорта картофеля Королева Анна получена на варианте совместного применения органо-минерального удобрения Форсаж (по листу + замачивание). Рентабельность производства также была по данному варианту максимальной – 177,5 % (таблица 8).

В ходе экономической оценки возделывания картофеля сорта Гала было также установлено преимущество варианта $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Форсаж (по листу + замачивание клубней), при котором был получен максимальный уровень товарной урожайности – 33,8 т/га. Чистый доход на 1 га составлял 473,8 тыс. руб., рентабельность производства – 127,6 % при общих затратах на производство 349,6 тыс. р./га (таблица 7).

Полученные в процессе исследований результаты экономической эффективности при возделывании картофеля сорта Ажур позволили выделить высокоурожайный вариант $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Биостим Старт (по листу + замачивание клубней) с товарной урожайностью 78,9 т/га. Чистый доход составил по данному варианту 1632,3 тыс. р./га, рентабельность – 479,8 % (таблица 8).

Выводы. Таким образом, в ходе научных исследований выявили высокие показатели как биологической, так и товарной урожайности на варианте с применением аминокислотного биостимулятора Биостим Старт (по листу + замачивание клубней) + $N_{120}P_{60}K_{60}$ у среднеспелого сорта Ажур. Товарная урожайность в изучении по данному сорту оказалась самой максимальной – 78,9 т/га. Стоимость реализованной продукции составила 1975,2 р./т, чистый доход – 1632,3 тыс. р./га, рентабельность – 479,8 %.

Библиографический список

1. Алиярова Ш. Т., Магомедова А. А., Мусаева З. В. Продуктивность раннего картофеля в предгорной подпровинции Республики Дагестан // Международный журнал прикладных наук и технологий. «Integral». 2018. № 3. С. 9-11.
2. Бондаренко А. Н., Мухортова Т. В., Мягкова Е. Г. Возделывание картофеля при совместном капельном и спринклерном орошении - перспективная инновация для крестьянско-фермерских хозяйств аридной зоны // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 97-105.
3. Кулыгин В. А. Влияние уровней минерального питания и увлажнения почв на продуктивность овощных культур и картофеля // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 2 (30). С. 131-142.
4. Плескачëв Ю. Н., Роменская О. Н. Влияние микробиологических удобрений азотовит и фосфатовит на продуктивность картофеля в Нижнем Поволжье // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 24-26.
5. Рак М. В. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 1 (60). С. 180-192.
6. Спиридонов А. М., Бронштейн П. М., Рачеева А. И. Влияние новых удобрений на урожайность и качество картофеля // Аграрная Россия. 2020. № 2. С. 3-6.
7. Тиранова Л. В., Тиранов А. Б., Григорьев А. В. Ресурсосберегающая технология возделывания картофеля на дерново-подзолистой почве в условиях Новгородской области // Аграрная Россия. 2019. № 3. С. 3-6.

8. Desai H., Thakkar K., Desai J. Adoption of potato cultivation technology by the potato growers under contract farming. Gujarat Journal of Extension Education. 2022. № 33. P. 30-33.

9. Kharumnuid Pynbianglang, Devarani, Loukham, Singh, Ram. Growth Performance of Potato in India vis-à-vis North East India. Indian Journal of Extension Education. 2022. Vol. 59. No. 1. P. 37-41.

10. Performance evaluation of AquaCrop and DSSAT-SUBSTOR-Potato models in simulating potato growth, yield and water productivity under various drip fertigation regimes / Wang Haidong [et al.] // Agricultural Water Management. 2023. V. 276. P. 4-21.

11. Rittl T., Grønmyr F., Bakken I., Løes A.-K. Effects of organic amendments and cover crops on soil characteristics and potato yields // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science. 2023. V. 73. P. 13-26.

12. Vejchar D., Stehlik M., Mayer V. Influence of tied ridging technology on the rate of surface runoff and erosion in potato cultivation // Agronomy Research. 2017. No 15 (5). P. 2207–2216.

Информация об авторах

Бондаренко Анастасия Николаевна, д.с.-х.н., зав. лабораторией агротехнологий овощных культур. ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» 416251. Астраханская область, Черноярский район, кв.-л Северный 8. E-mail. pniaz@mail.ru. (ORCID ID № 0000-0003-4816-5667).

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-06

ADAPTABILITY OF MAPLE PLANTS IN LIGHTLY FORESTED URBANIZED LANDSCAPES

V.P. Voronina, M. A. Dolmonego, A. A. Gabunshina

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 11.01.2023

Submitted 10.03.2023

Summary

Studied species of the genus *Acer L.* on technogenic soils, it was possible to identify adaptation mechanisms that allow for successful seasonal development, maintain active growth and development, and maintain decorative attractiveness.

Abstract

Introduction. The mechanisms of stability of maple plantations growing on construction soils in residential areas is a little-studied problem, since the influence of temperature factors on the growth and formation of the assimilation apparatus, on which the decorative effect and the stability of the tree depend, has not been revealed. **Object.** The studies were carried out on local maple populations: K. hollyleaf (*Acer platanoides L.*), K. hollyleaf F. Globosum (*A. platanoides var. Globosum L.*), K. field (*A. campestre L.*), K. sycamore (*A. pseudoplatanus L.*), K. sugar (*Acer saccharum M.*), in the arboretum of the Volgograd Agricultural University on technogenic soils. **Materials and methods.** The methodological basis for the study of species was the method of comparative analysis: the current growth of leaf shoots, leaf mass and leaf area. Morphometric indicators (leaves, shoots, wings) were determined by generally accepted methods in 30 samples, on single trees at the age of 20, according to the volume of a small sample. **Results and conclusions.** It was revealed that the species of the genus *Acer L.* have a high adaptive potential, allowing them to undergo a full cycle of seasonal development using 3800-4200 OS. They are characterized by high winter hardiness, drought resistance. All species are in the active growth phase (log phase), which is described by the equation of a straight line. The current growth of lateral branches in heat-loving species *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides* is 12-14 cm/year at an air temperature of 10.1-10.4 °C / year, decreasing to 7.3-9.5 cm in cooler conditions. In *A. campestre*, the growth of shoots is higher (35 cm) at lower temperatures. The variation of the growth within normal limits indicates the success of the cultivation of maple plantations. Analysis of the specific phytomass of the leaf showed that under the optimal temperature regime in 2020 (for June-August - 24.8 °C), well-developed leaves are formed: in *A. pseudoplatanus* 1.05 g/m², in *A. campestre*, *A. platanoides var. Globosum* - 0.88 g/m², *A. saccharum* – 0.69 g/m², *A. platanoides* - 0.49 g/m², which shows good work of adaptation mechanisms. In the collection, maples produce fruit-lionfish characteristic of the natural range. When landscaping urbanized landscapes, it is necessary to use more widely species of the genus *Acer L.*, as highly decorative and resistant to adverse environmental conditions.

Key words: maple plantation, *Acer L.*, urbanized landscapes, adaptation to technogenic soils.

Citation. Voronina V. P., Dolmonego M. A., Gabunshina A. A. Adaptive capabilities of maple plantations in sparsely wooded urbanized landscapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 65-78 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-06.

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 630*232.1

АДАПТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ КЛЕНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В МАЛОЛЕСИСТЫХ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЛАНДШАФТАХ

В. П. Воронина, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М. А. Долмонега, аспирант

А. А. Габунщина, магистрант

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 11.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Аннотация. Изучив виды рода *Acer L.* на техногенных почвах, удалось выявить адаптационные механизмы, позволяющие успешно развиваться сезонно, поддерживать активный рост и развитие, а также сохранять декоративную привлекательность.

Актуальность. Действие механизмов устойчивости кленовых насаждений, растущих на строительных грунтах в селитебных зонах, является малоизученной проблемой, поскольку не выявлено влияния температурных факторов на рост и формирование ассимиляционного аппарата, от которого зависят декоративный эффект и устойчивость дерева. **Объект.** Исследования проводились на местных популяциях клена: К. остролистный (*Acer platanoides L.*), К. остролистный ф. Глобозум (*A. platanoides var. Globosum L.*), К. полевой (*A. campestre L.*), К. платановидный (*A. pseudo-platanus L.*), К. сахарный (*Acer saccharum M.*), в дендрарии Волгоградского государственного аграрного университета на техногенных почвах. **Материалы и методы.** Методологической основой изучения видов являлся метод сравнительного анализа: текущего прироста боковых побегов, массы и площади листа. Морфометрические показатели (листа, побегов, крылаток) определялись по общепринятым методикам у 30 образцов, на модельных деревьях в 20-летнем возрасте, согласно объему малой выборки. **Результаты и выводы.** Выявлено, что виды рода *Acer L.* имеют высокий адаптационный потенциал, позволяющий проходить полный цикл сезонного развития, используя 3800-4200 °С. Они отличаются высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью. Все виды находятся в фазе активного роста (лог-фаза), которая описывается уравнением прямой. Текущие приросты боковых ветвей у теплолюбивых видов *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides* составляют 12-14 см/год при температуре воздуха 10,1-10,4 °С/год, снижаясь до 7,3-9,5 см в более прохладных условиях. У *A. campestre* прирост побегов выше (35 см) при более низких температурах. Варьирование прироста в нормальных пределах свидетельствует об успешности выращивания кленовых насаждений. Анализ удельной фитомассы листа показал, что при оптимальном температурном режиме в 2020 г. (за июнь – август – 24,8 °С) формируются хорошо развитые листья: у *A. pseudoplatanus* – 1,05 г/м², у *A. campestre*, *A. platanoides var. Globosum* – 0,88 г/м², у *A. saccharum* – 0,69 г/м², у *A. platanoides* – 0,49 г/м², что показывает хорошую работу адаптационных механизмов. В коллекции клены образуют плоды-крылатки, характерные для естественного ареала. При озеленении урбанизированных ландшафтов следует шире использовать виды рода *Acer L.* как высокодекоративные и устойчивые к неблагоприятным экологическим условиям.

Ключевые слова: кленовые насаждения, *Acer L.*, урбанизированные ландшафты, адаптация кленовых насаждений.

Цитирование. Воронина В.П., Долмонего М.А., Габунщина А. А. Адаптационные возможности кленовых насаждений в малолесистых урбанизированных ландшафтах. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 65-78. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-06.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Зеленые насаждения урболандшафта поддерживают функциональные связи между компонентами как экологический каркас [8]. Аналогичной позиции придерживаются исследователи [6], которые считают, что система озеленения в городах должна выполнять полифункциональную роль и образовывать единый каркас с природными зонами рекреации.

Современные застройки жилых массивов с формированием новых пространств, где ранее были природные ландшафты, приводит к увеличению территорий, которые требуют озеленения. Анализ пространственной приуроченности древесно-кустарниковых насаждений г. Волгограда, проведенный дистанционным методом, показал их неравномерное расположение, низкий уровень лесистости в жилых массивах и увеличение доли урбанизированных ландшафтов [12]. Однако препятствуют проведению качественного формирования озелененного пространства строительные грунты, которые присутствуют во всех жилых зонах, а также отсутствие адаптированного ассортимента древесных и кустарниковых пород, способного сохранять декоративную привлекательность.

Анализ трансформации каштановых почв под влиянием антропогенных факторов показал, что в рекреационных зонах преобладают погребенные грунты с заменой верхних плодородных горизонтов на строительные и иные почвогрунты, где плотность сложения погребенных горизонтов возрастает до 1,54-1,62 г/см³ [3, 4]. А следствием уплотнения почвенных горизонтов является отрицательное влияние на накопление влаги в почве и развитие корневых систем.

Для озеленения южных городов с резко континентальным климатом, где одновременно фиксируются экстремально высокие температуры летом и очень низкие в зимний период, для озеленения перспективными видами являются только породы, имеющие высокую засухоустойчивость и зимостойкость.

Успешность интродукции кленов в дендрариях с различными гидротермическими условиями, показывает высокую пластичность рода *Acer*, что позволяет видам сохранять жизненную форму, высокую засухоустойчивость и зимостойкость, иметь хорошее плодоношение [1, 7, 9-11]. При формировании многоярусных и смешанных насаждений в городской среде многие исследователи отмечают перспективность кленовых лесных культур [3, 5, 8-10], так как они имеют высокую фитоценоотическую устойчивость, а при произрастании с другими видами способствуют улучшению лесорастительных условий. Под кроной дерева формируется благоприятный микроклимат, что позволяет произрастать красивым, но менее устойчивым видам.

Несомненно, исследования актуальны, так как расширение ареала выращивания кленовых пород способствует обогащению ассортимента древесных пород Волгоградской области, позволяет формировать более привлекательные озелененные пространства на техногенных почвогрунтах из хорошо приспособленных видов.

Целью исследования являлось изучение адаптационного потенциала видов рода *Acer* на техногенных почвогрунтах в урбанизированных ландшафтах с целью отбора устойчивых видов, пригодных для озеленения на техногенно нарушенных землях.

Материалы и методы. На территории ландшафтного дендрария ВолГАУ с 2000 года произрастает коллекция кленов. Территория дендрария может служить эталонным полигоном для изучения поведения древесных пород, в том числе и *Acer L.*, так как он заложен на строительных почвогрунтах, имеющих мощность 0,3-1,5 м (до 2,2 м) и достаточно часто аналогичные почвогрунты встречаются на новостройках. Урбанозем (погребенные светло-каштановые почвы) включает различные строительные фракции, его анализ на токсичность показал безопасность в отношении тяжелых металлов, содержание которых не превышает ПДК (Zn – 1 : 0,97; Pb – 1 : 0,84; Cd – 1 : 0,30; Hg – 1 : 0,05).

Объектами исследования являлись популяции клена, выращенные из семян местных репродукций. Изучались виды из секции *Platanioidea Pax.* – клен полевой (*Acer campestre L.*), клен остролистный (*Acer platanoides L.*), клен остролистный ф. Глобозум (*Acer platanoides var. Globosum L.*), из секции *Gemmata Pojark.* – клен платановидный (*Acer pseudo-platanus L.*), из секции *Saccharina Pax.* – клен сахарный (*Acer saccharum M.*).



Рисунок 1 – План дендропарка Волгоградского ГАУ

Figure 1 – The plan of the arboretum of the Volgograd State Agrarian University

Эколого-биологические особенности изучались на модельных деревьях. Устойчивость древесных растений к экстремально высоким температурам определялась визуально по степени повреждения (подгорания) листьев с одновременной фиксацией метеорологических параметров. Для выявления влияния метеорологических особенностей использовали оперативные показатели по метеостанции г. Волгограда. Зона морозостойкости определялась согласно Ir.M.H.A. Hofman; Drs. M.B.M. Raveslot «Winterhardheid van boornkwekeriioewassen» (1998).

Ростовые показатели изучали после окончания роста побегов, взятых из центральной части кроны, средние показатели определялись у 30 побегов, что соответствует объему малой выборки. Морфологические характеристики листовой поверхности (масса, площадь) изучались на листьях, отобранных из средней части кроны дерева в количестве 30 штук. Воздушно-сухая масса листа определялась без черешка. Площадь листа определялась после нанесения контура на кальку, общепринятым весовым методом. Для определения массы листьев и семян использовались электронные весы DIGITAL SCALE, позволяющие проводить измерения с точностью $\pm 0,003$ g. Согласно ГОСТ 13056.4-67, у кленов

определяют массу 1000 плодов-крылаток. Изменчивость оцениваемых признаков оценивалась по коэффициенту вариации (C_v) для биологических объектов (по Зайцеву Г. Н., 1991), $C_v > 20\%$ – степень варьирования высокая, C_v – 11-20 % – средняя, менее 10 % – низкая.

Результаты и обсуждение. В малолесных районах, к которым относится Нижнее Поволжье, равнинные территории ЮФО, интродукционные работы по испытанию кленов в культуре проводятся с начала-середины прошлого века. В Нижнем Поволжье на светло-каштановых почвах интродукция кленов проводилась с 1963 г. (Хижняк Н. И., Семенютина А. В., 1984). В Саратовском Поволжье в дендрарии НИИ сельского хозяйства Юго-Востока, по данным Арестовой С. В., Арестовой Е. А., 2017, на черноземных почвах создана коллекция кленов из 17 видов, включающая 2 местных вида. В Ботаническом саду ЮФУ на черноземе обыкновенном карбонатном среднесиловом успешное испытание прошли 28 вида кленов и 4 формы (Федоринова О. И., Козловский Б. Л., Куропятников М. В., 2013).

То есть в результате научных исследований в благоприятных эдафических условиях исследователями был проведен первичный отбор видов рода *Acer*, которые имели высокую морозостойкость, зимостойкость, засухоустойчивость, формировали полноценные семена, из которых затем выращивались местные популяции кленов и создавались зеленые насаждения. В неблагоприятных эдафических и гидротермических условиях о механизмах адаптации кленов почти сведения отсутствуют, биоэкологические особенности, потребности растений изучены недостаточно.

Анализ динамики температуры за 20-летний период показал существенное изменение среднемесячных температур воздуха по сравнению со средними многолетними показателями. Повышение температуры отмечается как в холодный период, так и в теплое время года. Поэтому возрастает актуальность изучения влияния температурного режима на рост и развитие древесных насаждений, в том числе и кленов.

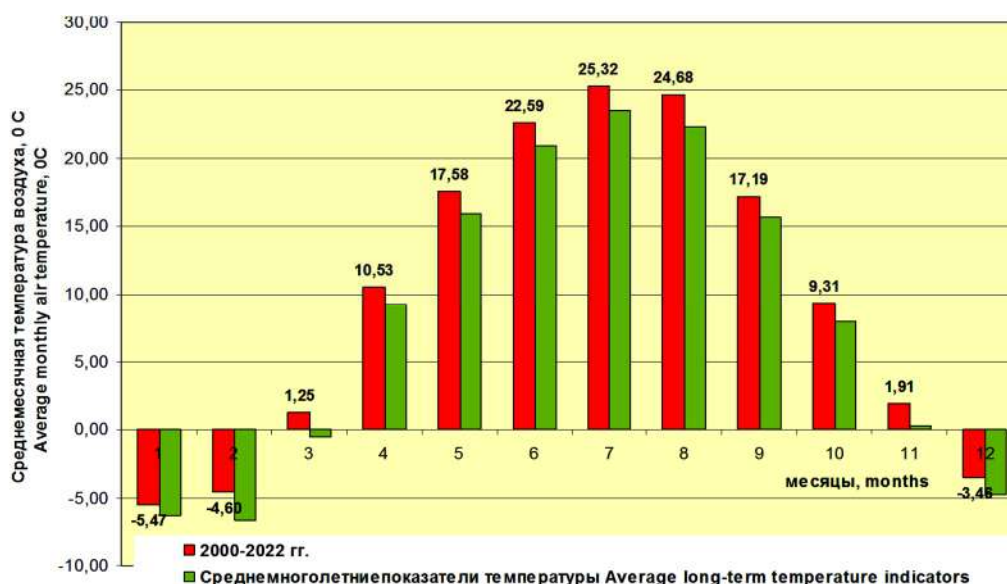


Рисунок 2 – Среднемесячная температура воздуха за период 2000-2022 гг., г. Волгоград

Figure 2 – Average monthly air temperature for the period 2000-2022, Volgograd

Для Волгоградской области лимитирующими факторами для широкого применения кленов в озеленении являются термо- и засухоустойчивость, а также морозостойкость. Биоэкологический потенциал кленов проанализирован в пределах ареала распространения вида и его использования в культуре: произрастание в естественных

насаждениях, озеленительных насаждениях, лесопарках и др. С учетом опыта интродукции и оценки влияния лимитирующих факторов перспективными для испытания выделены виды: *A. platanoides* L., *A. platanoides* var. *Globosum*, характеризующиеся умеренной засухоустойчивостью и высокой морозостойкостью (USDA 4), у видов *A. campestre* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharum* M. отмечается снижение морозостойкости (USDA 5), но повышается засухоустойчивость.

Рост растений описывается сигмоидной S-образной кривой, где в начале развития особи отмечается слабый прирост побегов (лаг-фаза). Затем идет «взрывная» логарифмическая (лог-фаза) фаза, когда активизируются ростовые процессы. Постепенно ростовые процессы стабилизируются и затухают.

Анализ роста кленов с 2016-2022 годы показал, что все виды перешли во вторую фазу активного роста, которая описывается на данном отрезке развития уравнением прямой линии: *A. campestre* - $y = 31,2x + 8,0714$; *A. platanoides* var. *Globosum* - $y = 19,014x - 0,9143$; *A. platanoides* - $y = 9,6893x - 5,7143$; *A. pseudoplatanus* - $y = 11,071x - 3,2714$ с высоким коэффициентом детерминации - $R^2 = 0,97-0,99$. Величина прироста деревьев клена в этот период времени определяется биоэкологическим потенциалом вида, а также успешностью адаптации к текущим гидротермическим условиям. Соответственно, учитывая тенденции роста кленов в новых условиях и существующие закономерности роста растений, можно спрогнозировать активный рост и формирование кроны в течение ближайших 10 лет, а общая продолжительность жизни может составлять не менее 50-55 лет при условии сохранения полива в летние жаркие месяцы.

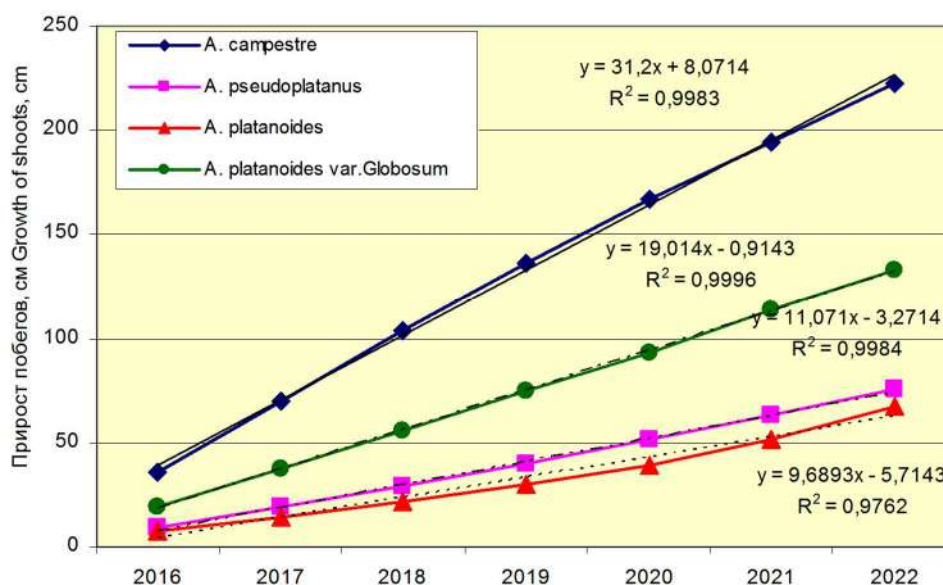


Рисунок 3 – Динамика роста побегов видов рода *Acer*

Figure 3 – Dynamics of growth of shoots of species of the genus *Acer*

Анализируя термический режим воздуха, который определяет морозостойкость и засухоустойчивость, а в конечном итоге влияет на ростовые процессы, было установлено, что развитие кленовых насаждений проходило в различных температурных условиях. Вегетационные периоды в 2016 и 2017 годах характеризуются достаточно холодной зимой и нежарким летом. Развитие деревьев в 2018, 2019 и 2020 годы проходило в более мягких зимних условиях, но при более жарком летнем периоде. Периоды вегетации в 2021 и 2022 годах являются экстремальными, с холодной зимой и чрезвычайно жарким летом. Среднегодовая температура воздуха в 2016-2017 гг. составила $9,9^{\circ}\text{C}$, в 2018-2020 гг. – $10,1^{\circ}\text{C}$, 2021-2022 гг. – $10,4^{\circ}\text{C}$.

Таблица 1 – Ежегодный прирост различных видов клена в зависимости от термических условий

Table 1 - Annual growth of different types of maple depending on thermal conditions

Периоды вегетации	Температура воздуха, °С		Средний прирост боковых побегов, см				
	максимальная	минимальная	<i>A. platanoides</i> var. <i>Globosum</i>	<i>A. platanoides</i>	<i>A. campestre</i>	<i>A. pseudoplatanus</i>	<i>A. saccharum</i>
2016, 2017	32,6	-24,0	18,50	7,25	35,0	9,5	-
2018, 2019, 2020	35,5	-17,0	18,57	8,33	32,33	10,9	-
2021, 2022	40,0	-21,1	20,20	14,1	27,95	11,9	16,15
Среднее			19,09	9,89	31,84	10,79	16,15

Анализ прироста боковых ветвей в зависимости от температурных условий (таблица 2) показал, что *A. campestre* более интенсивно (35 см) растет при достаточно прохладных условиях (2016-2017 гг.), так как адаптирован к умеренно-континентальному климату. А в экстремальных температурных условиях 2021-2022 годов происходит снижение прироста на 30 %, при этом остается наиболее интенсивно растущим видов. У более теплолюбивых видов (*A. pseudoplatanus*, *A. Platanoides*), естественный ареал которых приурочен к центральной Европе, наибольший прирост отмечается при среднегодовой температуре воздуха 10,1-10,4 °С, составляя соответственно около 12-14 см. В более прохладных условиях отмечается снижение текущего прироста до 7,25-9,5 см. Для культиватора *A. platanoides* var. *Globosum*, прошедшего селекционный отбор, выявлен достаточно стабильный прирост боковых побегов, независимо от температурного режима.

Детальный анализ ростовых показателей был проведен за вегетационные периоды 2021 и 2022 годов (таблица 2) с целью выявить реакцию кленовых насаждений на экстремальные высокие температуры, сопровождающиеся очень низкой влажностью воздуха. При анализе ростовых процессов важно пользоваться коэффициентом вариации, характеризующим степень приспособленности растения к новым условиям существования. Анализ варьирования текущего прироста кленов в условиях техногенных почвогрунтов показал, что этот показатель находится в пределах нормально варьирующего признака. Такая характеристика свидетельствует об экологической устойчивости растений в новых экологических условиях. Коэффициент вариации испытываемых видов не превышает 33 %, то есть средние показатели прироста рассчитаны для однородной совокупности, они являются статистически значимыми. Изменчивость текущего прироста наименьшая у *A. campestre* (15,4-15,8 %), и *A. platanoides* var. *Globosum* (20,2-23,2 %), что оценивается как средняя степень варьирования признака. Высокий коэффициент вариации (31,2-32,9) выявлен у других видов, что, вероятно, связано с адаптацией к новым эдафическим условиям и биоэкологией вида.

Таблица 2 – Рост боковых ветвей видов рода клен *Acer L.* в 2021-2022 годах

Table 2 – Growth of lateral branches of species of the genus *Acer L.* maple in 2021-2022

Вид	Текущий прирост, см		Коэффициент вариации, %	
	2021 г.	2022 г.	2021 г.	2022 г.
<i>A. platanoides</i> var. <i>Globosum</i>	20,98±1,58	19,37±1,68	20,16	23,21
<i>A. platanoides</i>	12,62±1,52	15,60±1,75	32,28	30,06
<i>A. pseudoplatanus</i>	11,33±1,51	12,48±1,62	32,91	32,06
<i>A. campestre</i>	27,70±2,05	28,18±2,04	15,82	15,44
<i>A. saccharum</i>	18,73±2,80	13,58±1,98	31,97	31,15

Используя методический подход (Ir.M.H.A. Hofman) по оценке зимостойкости, установили, что клен целесообразно выращивать в зонах, обозначенных на карте USDA 4 и USDA 5. Детальный анализ зимостойкости растений очень важен для того, чтобы опреде-

лить возможность использования вида для озеленения и для расширения ареала выращивания, в том числе в новых эдафических условиях. Проведенные наблюдения за насаждениями клена показали, что обмерзания побегов текущего прироста, скелетных ветвей, морозобоин за 20-летний период наблюдений не выявлено. Наиболее серьезные условия зимовки кленов были отмечены в 2006 году, когда среднемесячная температура января составила $-12,8^{\circ}\text{C}$, а февраля – $8,9^{\circ}\text{C}$. После длительного воздействия низких температур не было выявлено нарушений в росте и развитии кленов. Кратковременное понижение температуры воздуха до $-24,0^{\circ}\text{C}$ также не наносит вреда и мало отражается на текущем приросте.



Acer platanoides L.



Acer platanoides var. *Globosum* L.

Рисунок 4 – Термический ожог листьев в конце августа 2022 года

Figure 4 – Thermal burn of leaves at the end of August 2022

Как уже ранее отмечалось, термические условия, сложившиеся в вегетационные периоды 2021 и 2022 года, были экстремальными: средняя месячная температура в июле и августе составляла $+27 - 28^{\circ}\text{C}$, а в отдельные дни столбик термометра поднимался до $+35-40^{\circ}\text{C}$. Также следует отметить, что в эти месяцы наименьшая относительная влажность воздуха в дневное время составляла в 2021 г. 28,75 %, а в 2022 г. – 31,75 %. В некоторые дни в послеполуденное время влажность воздуха опускалась до 15-17 %. Преобладал ветер восточных и юго-восточных румбов.

Анализ последствий неблагоприятного термического воздействия на кленовые плантации показал, что наблюдается термический ожог листьев, в основном, с восточной и южной сторон, откуда приходили раскаленные воздушные массы.

Наибольшие повреждения отмечены у клёна остролистного (*A. platanoides*, *Acer platanoides* var. *Globosum*), который оказался чувствителен к воздействию высоких температур (рисунок 4), так как морфологических защитных механизмов у этого вида на нижней стороне листа недостаточно в отличие от других видов, которые имеют более светлую окраску (К. сахарный), негустое светлое опушение (К. явор), или воскообразное блестящее покрытие (К. полевой). Наиболее устойчивым к действию высоких температур при низкой влажности воздуха оказался *A. campestre*, который имеет небольшие, блестящие листья, которые хорошо отражают избыток солнечной радиации. Другие веге-

тативные и генеративные органы у кленов (почки, неодревесневшие ветви, плоды и др.) при термическом воздействии не страдают и на последующее развитие не оказывают значительного отрицательного воздействия.

Для оценки жизненного состояния растений и выявления механизмов адаптации к техногенным почвогрунтам важно применять морфологический подход, основанный на определении биометрических параметров растения, а в первую очередь листовых пластинок, отвечающих за активность фотосинтеза, продукционные процессы. Анализ динамики фитомассы и площади листа показал, что у рода *Acer* имеются индивидуальные особенности, связанные с биоэкологией вида и условиями произрастания. При сравнении фитомассы фотосинтезирующей поверхности листа хорошо диагностируются видовые особенности (таблица 3).

Таблица 3 – Анализ динамики фитомассы и площади одного листа рода клен *Acer L.*

Table 3 – Analysis of the dynamics of phytomass and the area of one leaf of the genus maple *Acer L.*

Вид	2022 год					
	Май		Июнь		Сентябрь	
	фитомас- са, г	площадь, см ²	фито- масса, г	площадь, см ²	фитомас- са, г	площадь, см ²
<i>A. campestre</i>	0,26±0,04	60,83±5,16	0,24±0,03	57,49±6,78	0,32±0,03	57,19±2,88
<i>A. platanoides</i>	0,30±0,04	93,65±6,51	0,35±0,05	95,33±8,51	0,42±0,03	99,19±11,70
<i>A. platanoides</i> var. <i>Globosum</i>	0,40±0,08	77,16±13,63	0,57±0,09	100,24±8,76	0,67±0,05	99,88±5,24
<i>A. saccharum</i>	0,48±0,14	71,85±12,70	0,48±0,09	69,87±8,97	0,62±0,06	76,80±5,80
<i>A. pseudoplatanus</i>	0,41±0,04	90,13±8,66	0,49±0,06	84,75±7,54	0,71±0,05	95,74±5,49

Весной к середине мая испытываемые виды кленов формируют хорошо развитые листья, накапливают воздушно-сухой массы 0,26 г/лист (*A. campestre*) до 0,48 г/лист у *A. saccharum*. Выявлено, что фитомасса и площадь листа достаточно стабильна в течение всей вегетации у *A. campestre*, *A. saccharum*. У теплолюбивых видов и культиваторов: *A. platanoides*, *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides* var. *Globosum*, при повышении температуры к середине лета активизируются ростовые процессы, поэтому увеличивается площадь и фитомасса листа.

К середине сентября на деревьях находятся листья, которые прошли адаптацию к высоким температурам, приобрели ксероморфный характер и могут являться неким диагностическим критерием устойчивости и приспособленности вида к новым эдафическим условиям. Результаты наблюдений за особенностью формирования листового аппарата показывают, что наиболее мелкие по площади листья образуют *A. campestre* (32,7-57,2 см²), *A. saccharum* (46,9-76,8 см²). Самые крупные листья вырастают у *A. pseudoplatanus* (80,9-95,7 см²), средний размер имеют *A. platanoides*, *A. platanoides* var. *Globosum*. Полученные результаты соответствуют данным из мест естественного ареала и кленовым коллекциям в дендрариях и ботанических садах (рисунок 5).

Интегральным показателем для корректного сравнения видов может быть использована удельная фитомасса, которая рассчитывается на 1 м² поверхности листа (г/м²), что также позволяет установить ее взаимосвязь с суммой температур за наиболее активный период вегетации. Расчеты удельной фитомассы видов рода *Acer* показали, что оптимальные (из 3-х лет наблюдений) температурные условия сложились в 2020 году, для которого характерно накопление суммы температур (июнь-август) 2278,8 °С, среднемесячная температура воздуха за эти же месяцы составляла 24,8 °С. Удельная фитомасса в 2020 г. у *A. pseudoplatanus* составила 1,05 г/м², у *A. campestre*, *A. platanoides* var. *Globosum* – 0,88 г/м², у *A. saccharum* – 0,69 г/м², у *A. platanoides* – 0,49 г/м². Уменьшение тепловых ресурсов, которые отмечаются

в 2019 году, до 2187,7 °С и понижение среднемесячной температуры воздуха (июнь-август) до 23,8 °С приводят к снижению удельной фитомассы в 1,2 раза у *A. campestre*, *A. platanoides* var. *Globosum* и в 1,5 раза у *A. pseudoplatanus*. Увеличение тепловых ресурсов в 2022 году до 2310,1 °С, а среднемесячной температуры воздуха до 25,1 °С также влечет уменьшение удельной фитомассы, приблизительно в аналогичных параметрах, как в 2019 г., – в 1,33-1,56 раза. То есть здесь реализуется экологический закон оптимума, который зафиксирован в 2020 г. Поэтому, зная параметры при оптимальных условиях, можно прогнозировать ожидаемые реакции растений при изменении температурных параметров.

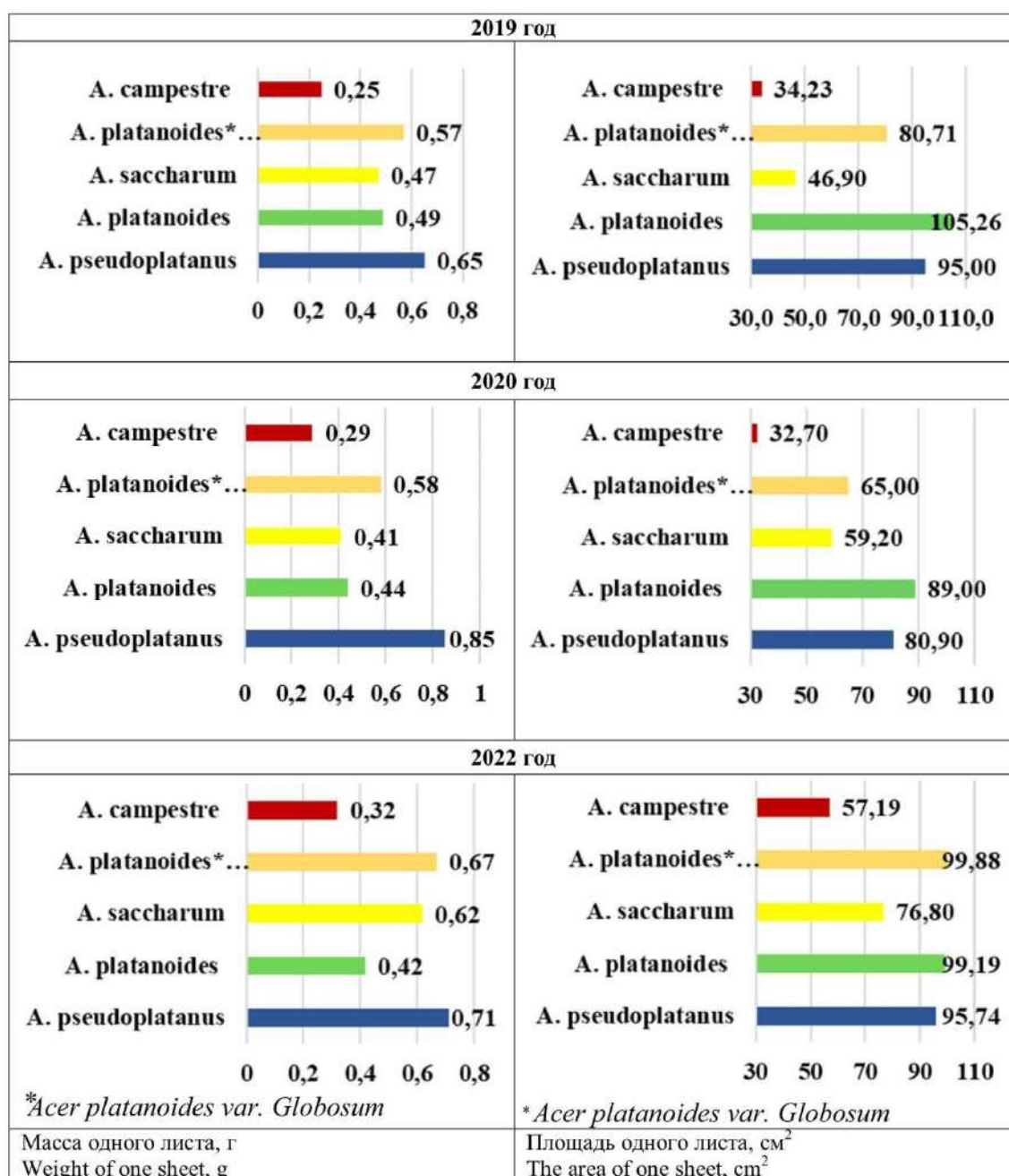


Рисунок 5 – Особенности развития листовых пластинок рода *Acer* L., сентябрь
Figure 5 – Features of the development of leaf blades of the genus *Acer* L., September

Среди всех исследователей сложилось единодушное мнение, что важнейшим показателем, определяющим успешность древесных пород в новых экологических условиях, является хорошее генеративное развитие, а получение полноценных семян позволяет расширять ареал применения и продвижения вида в другие гидротермические и эдафические условия, позволяя повысить биоразнообразие в сложных лесорастительных условиях.

Многолетними наблюдениями установлена гибкая адаптация кленов к гидротермическому режиму. Для начала вегетации (конец марта-начало апреля) кленам необходима сумма положительных температур около 32-35 °С. Окончание вегетации наступает в конце октября. Длительность вегетации составляет около 200-220 дней. Удлиненные циклы развития отмечаются при более жарких условиях, в более прохладных условиях сроки вегетации сокращаются.

В новых условиях все виды кленов хорошо плодоносят (таблица 4). Сравнительный анализ крылаток-плодов у кленов показал, что самые крупные плоды образует *A. platanoides* и *A. platanoides* var. *Globosum*, их масса соответственно составляет 128-142 и 83-135 г/1000 шт. Для *A. platanoides* и его декоративной формы в г. Волгограде складываются более благоприятные тепловые условия, чем в Башкирии и Западном Предуралье на дерново-подзолистых почвах, поэтому формируются более крупные плоды-крылатки. Достаточно крупные семена образуются у *A. pseudoplatanus*, *A. saccharum*, *A. campestre*. При более прохладных условиях в 2019 году у них образуются плоды по массе меньше в 1,4-1,5 раза, чем в 2022 году, который имел более высокую теплообеспеченность.

Сравнительный анализ массы плодов семян клена показал, что при достаточном количестве тепла образуются нормально развитые семена, имеющие биометрические показатели, свойственные изучаемому виду и характерные для мест естественного ареала.

На техногенных почвах в дендропарке ВолГАУ в популяциях рода *Acer* L. существуют довольно сходные условия для образования семян, характерные для насаждений, произрастающих на юге России (Минин Д. Д., 1949), где существуют сходные гидротермические условия. В пределах одного вида могут наблюдаться морфологические различия в строении крылаток (рисунок 6), так как вариация этого признака может достигать достаточно высоких показателей (Рязанова Н. А., 2009), однако на качестве семян внешние различия не отражаются.

Таблица 4 – Особенности формирования плодов-крылаток у рода *Acer*, 2019, 2022 г.

Table 4 – Features of the formation of winged fruits in the genus *Acer*, 2019, 2022

Вид	Биометрические показатели крылаток, см		Масса 1000 шт. плодов-крылаток, г					
	длина	ширина	2019 год	2022 год	литературные данные			
					<i>A</i>	<i>B</i>	<i>B</i>	<i>Г</i>
<i>A. platanoides</i> var. <i>Globosum</i>	$4,52 \pm 0,08^*$ $5,14 \pm 0,10$	$1,25 \pm 0,04^*$ $1,24 \pm 0,03$	83,1	135,0		53,0- 70,2		
<i>A. platanoides</i>	$4,65 \pm 0,07$ $4,87 \pm 0,09$	$1,33 \pm 0,04$ $1,36 \pm 0,04$	127,9	142,0	127,0	90,0	112,4	
<i>A. pseudoplatanus</i>	$3,57 \pm 0,06$ $4,31 \pm 0,12$	$1,15 \pm 0,03$ $1,20 \pm 0,05$	75,2	115,0	120,0			
<i>A. campestre</i>	$2,81 \pm 0,06$ $3,04 \pm 0,06$	$1,03 \pm 0,03$ $1,19 \pm 0,04$	66,7	94,0	57,0	50,0	73,6	
<i>A. saccharum</i>	$4,23 \pm 0,08$	$1,21 \pm 0,04$	-	103,0				256,0

* - в числителе данные 2019 года; *A* - Минин Д. Д., 1949; *B* - Букиштынов А. Д., 1982; *B* - Рязанова Н. А., 2009; *Г* - Семенютина А. В., Доцева С. А., 2014.

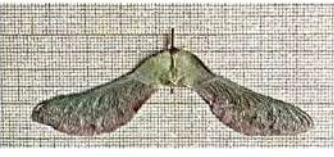
Морфологические признаки	<i>A. campestre</i>	<i>A. pseudoplatanus</i>	<i>A. platanoides</i> var. <i>Globosum</i>
А) семена и крылатка не большого размера			
В) семена крупные, крылатка небольшая			
С) семена и крылатка крупные			

Рисунок 6 – Морфометрические особенности плодов-крылаток кленов

Figure 6 – Morphometric features of maple winged fruits

Некоторые различия в крупности семян и особенностей биометрических показателей с другими эдафическими или географическими ареалами также объясняются возрастными различиями коллекционных фондов.

В результате анализа генеративных показателей рода *Acer L.* установлено отсутствие лимитирующих факторов, ограничивающих формирование полноценных семян на техногенных почвах. Доказана перспективность получения качественных семян, позволяющая использовать их для создания устойчивых насаждений на территориях с тяжелыми лесорастительными условиями, где ранее клён не выращивался.

Выводы. Территорию дендрария ВолГАУ, где на погребенных каштановых почвах образовались нетоксичные техногенные почвы, следует выделить в качестве тестового полигона для испытания древесных пород с последующим отбором перспективного ассортимента, пригодного для озеленения вновь застраиваемых селитебных территорий.

Проведенный комплексный анализ за 20-летними насаждениями кленов позволил выявить адаптационный потенциал, механизмы приспособления видов рода *Acer L.* в урбанизированных ландшафтах. Выявлено, что за вегетацию растения кленов потребляют 3800-4200 °С, проходят полный цикл развития, устойчивы к действию низких и высоких температур. Установлено, что все виды находятся в фазе активного роста (лог-фаза), которая описывается уравнением прямой, а прогнозируемая продолжительность жизни составляет не менее 50-55 лет.

Величина текущего прироста боковых ветвей зависит от температурных условий и составляет у теплолюбивых видов *A. pseudoplatanus*, *A. platanoides* 12-14 см/год при среднегодовой температуре воздуха 10,1-10,4 °С, в более холодных условиях снижается до 7,25-9,5 см/год. У *A. campestre* прирост побегов выше (35 см) в более прохладных условиях. Анализ варьирования текущего прироста показал, что он находится в пределах нормально варьирующего признака, доказывая высокую экологической устойчивость растений в новых экологических условиях.

Морфологические особенности кленов хорошо диагностируются при анализе развития ассимиляционной поверхности. Наиболее мелкие по площади листья образуют *A. campestre* (32,7-57,2 см²), *A. saccharum* (46,9-76,8 см²), а самые крупные листья вырастают у *A. pseudoplatanus* (80,9-95,7 см²). Анализ удельной фитомассы листа показал, что при оптимальном температурном режиме в 2020 г. (средняя температура за июнь-август 24,8 °С) формируются хорошо развитые листья: у *A. pseudoplatanus* – 1,05 г/м², у *A. campestre*, *A. platanoides* var. *Globosum* – 0,88 г/м², у *A. saccharum* – 0,69 г/м², у *A. platanoides* – 0,49 г/м², что показывает хорошую работу адаптационных механизмов.

В новых эдафических условиях все виды хорошо плодоносят, образуют плоды-крылатки по массе и биометрическим параметрам, характерным для естественной среды обитания.

При формировании зеленых насаждений на техногенных почвах следует шире использовать виды рода *Acer* L. как высокодекоративные и устойчивые к неблагоприятным гидротермическим условиям.

Библиографический список

1. Абдуллаев А. Н. Изучение биоэкологии и географического распространения вида *Acer* L. // Вестник науки и образования. Иваново, 2020. С. 4-6.
2. Васильева К. А., Зайцев Г. А. Особенности роста ассимиляционного аппарата клена остролистного (*Acer platanoides* L.) в условиях загрязнения // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13. № 1 (4). С. 790-792.
3. Гордиенко О. А., Прокофьева Т. В. Трансформация каштановых почв в условиях техно-педогенеза в пределах г. Волгограда // Вест. Моск. Ун-та. Сер. 17. Почвоведение. 2022. № 1. С. 14-25.
4. Гордиенко О. А., Баклушин Р. Н. Особенности почв городских рекреационных территорий сухостепной природной зоны (на примере парка «Дружба» // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 86-93.
5. Касьянова И. Е. Реакция развития листовой пластинки клена остролистного на развитие в урбанизированной среде // Вестник современных исследований. Тюмень, 2018. С. 329-331.
6. Кругляк В. В. Адаптивные системы озеленения природного каркаса города Воронежа // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2021. Т. 25. № 2. С. 64-72.
7. Мухамбетова С. В., Семёнова В. И. Показатели массы плодов клена (*Acer*) в ботаническом саду-институте ПГТУ // International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2022. Т. 6-1 (69). С. 20-22.
8. Оценка эффективности мероприятий, направленных на повышение биоразнообразия при реконструкции объектов озеленения / А. В. Семенютина, И. Ю. Подковыров, Г. В. Подковырова, В. А. Семенютина // Успехи современного естествознания. 2018. № 15. С. 57-63.
9. Попкова И. А., Петрик В. В., Васильева Н. Н. Сезонное развитие и качество семян некоторых видов семейства *Aceraceae* Juss. // Лесной вестник / Forestry Bulletin. 2018. Т. 22. № 5. С. 26-33.
10. Федоринова О. И., Козловский Б. Л., Куропятников М. В. Результаты интродукции видов рода *Acer* L. в ботаническом саду ЮФУ // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2013. № 4. С. 55-58.
11. Фирсов Г. А., Хмарик А. Г. Род *Acer* L. в коллекции научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН // Hortus bot. 2020. Т. 15. С. 39-52. <http://hb.karelia.ru/journal/article.php?id=7325>.
12. Хужахметова А. Ш., Воронина В. П., Лазарев С. Е. Оценка пространственной структуры древесно-кустарниковых насаждений города Волгограда по данным мультиспектральных космических снимков // Известия НВ АУК. 2022. № 3 (67). С. 218-232.

Информация об авторах

Воронина Валентина Павловна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры «Агро-экология и лесомелиорация ландшафтов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (Россия, 400002, Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: 0000-0002-3441-5314, e-mail: v.p.voronina@mail.ru

Долмонега Марина Александровна, аспирант кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (Россия, 400002, Волгоград, Университетский проспект, 26), e-mail: muryh.m@yandex.ru,

Габуншина Алтана Анатольевна, магистр кафедры «Агроэкология и лесомелиорация ландшафтов», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (Россия, 400002, Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: 0000-0001-8782-1474 email: altana.gabunshina@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07

THE CURRENT STATUS OF STATE PROTECTIVE FOREST BELTS OF THE STEPPE AND SEMI-DESERT ZONES, THE MAIN DIRECTIONS OF THEIR CONSERVATION AND REHABILITATION

A. A. Martynyuk¹, T. Ya. Turchin², I. Ya. Cheplyansky², A. K. Kulik³

¹ All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization, Pushkino

² Branch of the Federal Budget Institution «All-Russian Research Institute of Forestry and Forestry Mechanization»

«South European Forest Research Experimental Station», Rostov region

³ «Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd

Received 03.12.2022

Submitted 10.03.2023

The work was carried out within the framework of the state tasks of the FBU VNTILM No. AAAA-A18-118032690268-0 "Development of a set of measures to increase the stability of state protective forest strips of the steppe zone of the European part of Russia" and the Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences No. 122020100450-9 "Development of a new methodology for optimal management of biological resources in agricultural landscapes of the arid zone of the Russian Federation using system-dynamic modeling of soil-hydrological processes, integrated assessment of the climate change and anthropogenic loads impact on agrobiological potential and forest growing conditions"

Abstract

Object. The object of research was the State protective forest belts, which were created in the steppe zone of the European part of the Union of Soviet Socialist Republics in the period from 1949 to 1972. in order to reduce the negative impact of extreme climatic factors on agricultural land. **Materials and methods.** The silvicultural and taxation structure of plantations of state protective forest belts was studied by laying temporary trial plots in accordance with OST 56-69-83. **Results and conclusions.** The current state of plantings of the State protective forest belts is notable for its heterogeneity not only in the forestry areas identified by soil and climatic conditions, but also within them. So, in forestry regions I on ordinary chernozems, complex mixed plantations of English oak have the best sanitary condition. With the simplification of the structure and composition of oak forests, weakened oak stands begin to dominate (category II). A significant weakening of the sanitary condition and progressive decay are characterized by frequent and mixed birch forests that have reached the age of natural ripeness. In forestry regions II, in the zone of southern chernozems and dark chestnut soils, along with productive healthy oak-ash plantations, the area of weakened pure oak forests and ash-oak plantations of the second category of condition increases. Pure elm and elm-ash plantations have the worst sanitary condition here, in which the proportion of drying trees is 50-60%. In forestry regions III, on chestnut soils, plantations of squat elm, green ash, common oak and black locust are everywhere characterized by a predominantly strongly weakened state. In the azonal conditions of sandy massifs (IV forestry region), the state of the formed plantations of Scots pine and Crimean pine is quite safe (I–II category of condition). The greatest concern is caused by the state of plantations in the 5th forestry region, where growing overmature plantations of squat elm and green ash are massively drying out and disintegrating. Based on the current state of plantings of the State protective forest belts, their res-

toration should be differentiated: in I, II, IV forest regions, it should be carried out mainly by carrying out renewal felling with the expectation of successful coppice renewal, and in III and V forest regions - by carrying out partial or complete reconstruction plantations with the subsequent creation of forest plantations of the main forest-forming species.

Keywords: *State Protective Forest Belts, history, condition, measures, Conservation and rehabilitation.*

Citation. Martynyuk A. A., Turchin T. Ya., Cheplyanskij I. Ya., Kulik A. K. The current condition of the State protective forest belts in the steppe and semi-desert zones, the main directions of their conservation and rehabilitation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 78-91 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07.

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 630.181

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС СТЕПНОЙ И ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОН, ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИХ СОХРАНЕНИЯ И РЕАБИЛИТАЦИИ

А. А. Мартынюк¹, доктор сельскохозяйственных наук

Т. Я. Турчин², доктор сельскохозяйственных наук

И. Я. Чеплянский², кандидат сельскохозяйственных наук

А. К. Кулик³, кандидат сельскохозяйственных наук

¹Федеральное бюджетное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства», г. Пушкино, Россия

²Филиал федерального бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства»

«Южно-европейская научно-исследовательская лесная опытная станция»,
ст. Вешенская, Ростовская область, Россия

³ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 03.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Работа выполнена в рамках государственных заданий ФБУ ВНИИЛМ № АААА-А18-118032690268-0 «Разработка комплекса мер по повышению устойчивости государственных защитных лесных полос степной зоны Европейской части России» и ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100450-9 «Разработка новой методологии оптимального управления биоресурсами в агроландшафтах засушливой зоны РФ с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, комплексной оценки влияния климатических изменений и антропогенных нагрузок на агробиологический потенциал и лесорастительные условия».

Аннотация. Объектом исследований являлись Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП), которые создавались в степной зоне Европейской части СССР в период с 1949 по 1972 гг. с целью снижения негативного влияния экстремальных климатических факторов на сельскохозяйственные угодья. **Материалы и методы.** Лесоводственно-таксационная структура насаждений ГЗЛП изучалась путем закладки временных пробных площадей согласно ОСТ 56-69-83. **Результаты и выводы.** Современное состояние насаждений ГЗЛП отличается своей неоднородностью не только в выделенных по почвенно-климатическим условиям, лесохозяйственным районам (ЛХР), но и внутри них. Так, в I ЛХР на обыкновенных черноземах наилучшее санитарное состояние имеют сложные смешанные насаждения дуба черешчатого. По мере

упрощения структуры и состава дубрав начинают доминировать ослабленные дубовые древостои (II категория). Значительным ослаблением санитарного состояния и прогрессирующим распадом характеризуются частые и смешанные березняки, достигшие возраста естественной спелости. Во II ЛХР в зоне южных черноземов и темно-каштановых почв наряду с продуктивными здоровыми дубо-ясеневыми насаждениями возрастает площадь ослабленных чистых дубняков и ясене-дубовых насаждений II категории состояния. Худшее санитарное состояние здесь имеют чистые вязовые и вязо-ясеневые насаждения, в которых доля усыхающих деревьев составляет 50–60 %. В III ЛХР на каштановых почвах насаждения вяза приземистого, ясеня зеленого, дуба черешчатого и робинии лжеакации повсеместно характеризуются преимущественно сильно-ослабленным состоянием. В аazonальных условиях песчаных массивов (IV ЛХР) состояние сформировавшихся насаждений сосны обыкновенной и сосны крымской вполне благополучное (I–II категория состояния). Наибольшую тревогу вызывает состояние насаждений в V-м ЛХР, где произрастающие перестойные насаждения вяза приземистого и ясеня зеленого массово усыхают и распадаются. Исходя из современного состояния насаждений ГЗЛП, их восстановление должно быть дифференцированным: в I, II, IV ЛХР производится преимущественно проведением рубок обновления с расчетом на успешное порослевое возобновление, а в III и в V ЛХР – проведением частичной или полной реконструкции насаждений с последующим созданием лесных культур основных лесообразующих пород.

Ключевые слова: государственные защитные лесные полосы, лесные полосы, защитное лесоразведение, ГЗЛП.

Цитирование. Мартынюк А. А., Турчин Т. Я., Чеплянский И. Я., Кулик А. К. Современное состояние государственных защитных лесных полос степной и полупустынной зон, основные направления их сохранения и реабилитации. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 78-91. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-07.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В статье приводится краткий исторический очерк создания государственных защитных лесных полос (ГЗЛП) и принятых беспрецедентных мерах для осуществления так называемого «Плана преобразования природы». Первоначально госполосы создавались преимущественно путем гнездового посева желудей дуба под покровом сельскохозяйственных культур по методу академика Т. Д. Лысенко. Однако вскоре этот способ был заменен строчным и строчно-луночным посевом желудей дуба и посадкой лиственных пород одно-двухлетними сеянцами. Созданию культур предшествовала сплошная обработка почвы по «черному пару» и ежегодный агротехнический уход в течение 5 лет. В значительной степени успешному выращиванию ГЗЛП способствовала организация проектно-изыскательного объединения «Агролеспроект» и специальной научной экспедиции Академии наук СССР под руководством В. Н. Сукачева.

Государственные защитные лесные полосы (далее – ГЗЛП) создавались в степной зоне Европейской части СССР в период с 1949 по 1972 гг. с целью снижения негативного влияния экстремальных климатических факторов на сельскохозяйственные угодья. Согласно известному Постановлению Совмина СССР от 20.10.1948 г. № 3960 «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР», было создано восемь государственных полос: четыре по берегам крупных рек Северского Донца (Белгород – Дон), Дона (Воронеж – Ростов-на-Дону), Волги (Саратов – Астрахань) и Урала (гора

Вишневая – Каспийское море), и еще четыре по водоразделам водосборных территорий этих рек (Пенза – Каменск; Камышин – Сталинград; Сталинград – Элиста – Черкесск; Чапаевск – Владимирова). Общая протяженность созданных ГЗЛП составила 5320 км, а площадь их насаждений – 117,9 тыс. га.

Первоначально госполосы создавались преимущественно путем гнездового посева желудей дуба под покровом сельскохозяйственных культур по методу академика Т. Д. Лысенко. Однако вскоре этот способ был заменен строчным и строчно-луночным посевом желудей дуба и посадкой лиственных пород одно-двухлетними сеянцами. При ширине междурядий 1,5 м густота культур составляла 8–10 тыс. шт./га. Созданию культур предшествовала сплошная обработка почвы по «черному пару». В первое пятилетие в созданных культурах ежегодно осуществлялся механизированный пятикратный уход в междурядьях и двукратная ручная прополка сорняков в ряду культур. Вышеупомянутым постановлением в зависимости от лесорастительных условий рекомендовалось использовать в качестве главных пород дуб, ясень, вяз, сосну, березу, тополь и лиственницу. Приведенная технология создания гослесополос обеспечивала достаточно приемлемую приживаемость и сохранность лесных культур на огромных площадях.

Следует отметить, что для осуществления так называемого «Плана преобразования природы» Советом Министров СССР были приняты беспрецедентные меры и организационные решения: создано Главное управление полесозащитного лесоразведения, организовано проектно-изыскательное объединение «Агролеспроект», а в системе Академии наук СССР – специальная научная экспедиция под руководством академика В. Н. Сукачева. Для выполнения работ по закладке лесонасаждений было создано более 200 лесозащитных станций (далее – ЛЗС), оснащенных передовой отечественной сельскохозяйственной техникой с качественным подбором инженерных кадров, механизаторов и рабочих лесокulturников.

В оперативном порядке учеными-лесоведами были обследованы трассы будущих госполос и уже в 1949 г. опубликованы 8 персональных брошюр применительно к приречным Белгород – Дон (А. С. Скородумов), Воронеж – Ростов-на-Дону (Л. Т. Земляницкий, Р. Т. Морозов), Саратов – Астрахань (Е. Д. Годнев, Л. Т. Земляницкий), гора Вишневая – Каспийское море (К. Б. Лосицкий) и приводораздельным Пенза – Каменск (Б. Д. Зайцев), Камышин – Сталинград (Б. Д. Зайцев), Сталинград – Черкесск (В. И. Иваненко), Чапаевск – Владимирова (А. П. Сенкевич) полосам.

Однако столь высокий темп создания госполос на огромных площадях в масштабах всей страны был неожиданно приостановлен. Весной 1953 года, вскоре после смерти И. В. Сталина, было принято решение о прекращении работ по созданию госполос. Был полностью ликвидирован «Агролеспроект», а ЛЗС были упразднены. Отведенные под ГЗЛП земли возвращались прежним землепользователям (колхозам, совхозам), частично передавались в гослесфонд. Закультивированные лесокulturные площади не были облесены, так как государственный план посадок весной 1953 г. отсутствовал. Хранившийся посадочный материал, в частности, десятки тонн желудей дуба, сгнили в траншеях. Агротехнические уходы также не проводились. Более того, на значительной части площади молодые культуры были потравлены скотом или даже перепаханы.

Ошибочность такого решения оказалась очевидной. В начале августа этого же года было издано новое постановление Правительства, которое частично дезавуировало ранее принятое. Был восстановлен «Агролеспроект». Однако производственная база была существенно подорвана: вместо 200 ЛЗС организовано втрое меньше так называемых механизированных лесхозов, которым досталось всего 13 % тракторов из ликвидированных организаций. В значительной степени был утерян и кадровый потенциал. В

этот период лесокультурные работы на запланированных трассах были продолжены и главные задачи (в меньшем объеме и поздние сроки) были решены.

В значительной степени этому способствовали и научные исследования. Наиболее системные и регулярные исследования ГЗЛП проводились коллективами ученых ВНИИЛМ, института «Союзгипролесхоз» и Академии наук, которыми разработаны фундаментальные труды и нормативные документы, определяющие ведение хозяйства в насаждениях государственных защитных лесных полос, прежде всего, для насаждений на первом и втором возрастных этапах (до 40 лет). Что же касается приспевающих и спелых насаждений, то отдельные рекомендации по проведению некоторых лесохозяйственных мероприятий приведены, по нашим оценкам, лишь для насаждений ГЗЛП Белгород – Дон, Воронеж – Ростов, Волгоград – Элиста – Черкесск, гора Вишневая – Каспийское море, Камышин – Волгоград [1, 3].

Материалы и методы. В настоящее время преобладающая часть насаждений ГЗЛП достигла возраста естественной спелости и имеет, находясь на различных стадиях распада, преимущественно неудовлетворительное санитарное состояние [10]. Данная ситуация обуславливает необходимость его оценки в целях разработки комплекса лесохозяйственных мероприятий по повышению устойчивости гослесополос и обеспечению эффективного выполнения ими защитных функций. В этих целях проведены научные исследования, программа которых предусматривала изучение современной лесоводственно-таксационной структуры насаждений ГЗЛП в различных лесохозяйственных районах степной зоны, их состояния, особенностей естественного возобновления древесных пород, а также обоснования основных мероприятий, направленных на сохранение и реабилитацию насаждений. При этом лесоводственно-таксационная структура насаждений ГЗЛП изучалась путем закладки временных пробных площадей (далее – ВПП) согласно ОСТ 56-69-83. Выбор местоположения пробных площадей осуществлялся в наиболее типичных по лесоводственно-таксационным показателям и состоянию насаждениях гослесополос. Так как ГЗЛП имеют искусственное происхождение, то ВПП в смешанных насаждениях по ширине включали три цикла (повторности) смешения древесных пород, а в чистых культурах – не менее десяти рядов. Общее количество деревьев главных пород на пробной площади составляло 200 и более деревьев.

При изучении естественного возобновления учитывался жизнеспособный подрост хозяйственно-ценных пород, его состав, возраст, высота и густота. Оценка санитарного состояния насаждений производилась в соответствии с ГОСТ Р 57973-2017. Деревья по визуальным признакам распределялись по категориям состояния (I–VI) с последующим вычислением средневзвешенной категории состояния, объема общего и текущего отпада древостоев. Если индекс состояния древостоя составлял не более 1,5 бала, то насаждение относилось к здоровым, 1,51–2,5 – к ослабленным, 2,51–3,5 – к сильно ослабленным, 3,51–4,5 – к усыхающим, более 4,5 – к погибшим [9].

На основе анализа почвенно-климатических условий территорий размещения ГЗЛП в степной зоне Европейской части РФ группой ученых под руководством Маненкова А.С. выделено 5 однородных лесохозяйственных районов (ЛХР) [4]: I – разнотравно-степной с преобладанием черноземов обыкновенных; II – засушливо-степной на черноземах южных и на темно-каштановых почвах; III – сухостепной на каштановых почвах; IV – засушливо-сухостепной на азональных песчаных почвах; V – полупустынный на светло-каштановых почвах с наличием солонцов и солончаков (рисунок 1).



Рисунок 1 – Карта-схема ЛХР ГЗЛП в степной зоне европейской части России

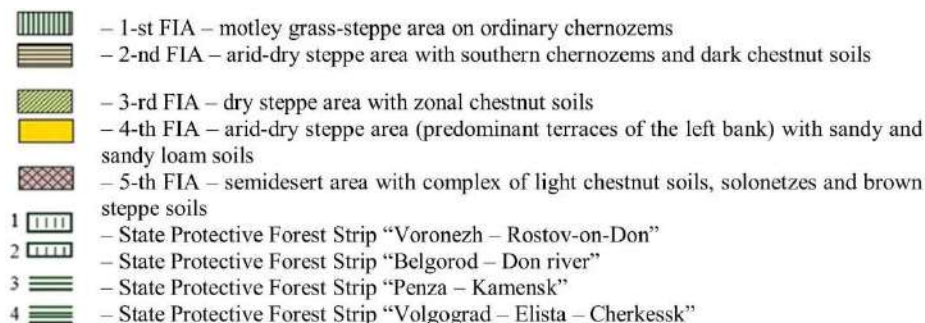


Figure 1 – Map-scheme of FIA of SPFS in the steppe zone of the European part of Russia

К выделенным ЛХР в европейской части степной зоны были привязаны проведенные исследования гослесополос и назначенные на основе их результатов лесоводственные мероприятия (таблица 1).

Таблица 1 – Современное состояние насаждений ГЗЛП степной зоны
и рекомендуемые лесоводственные мероприятия в них

Table 1 – The current state of the SPFS plantings of the steppe zone
and recommended forestry measures in them

№ ВПП / № ТТА	Породный состав/Species composition	Возраст, лет / Age, years	Густота, шт./га / Density, pcs./ha	Полнота / Fullness	Общий запас, м³/га / Total stock, m³/ha	Класс бонитета / Bonitet class	Подрост, состав / т. шт./га / Undergrowth, composition / pcs./ha	Санитарное состояние / Sanitary condition	Рекомендуемые мероприятия / Recommended measures*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЛХР - 1. Черноземы обыкновенные. Воронежская область, Павловское л-во, кв. 111-113 / FIA - 1. Common chernozems, Voronezh region, Pavlovsk forestry, 111-113 quarters									
1.	10Дч – Яр. / 10Ор – 1 floor 10Кло – Пяр. / 10Мh – 2 floor	48	580 675	0,7 0,3	148 24	1a	10Кло/3,0 / 10Мс/3,0	здоровые / healthy	Не требуется / Not needed
2.	10Дч – Яр. / 10Ор – 1 floor 8Яо2Лп – Пяр. / 8Ас2Лf – 2 floor	68	500 270	0,6 0,3	150 8	1	7Яо/4,0 / 7Ас/4,0 3Лп/2,0 / 3Лf/2,0	здоровые / healthy	РО – 3 пр. / RL – 3 cabin
3.	10Дч / 10Ор	66	413	0,7	152	2	10Кло/1,0 / 10Мс/1,0	ослаблен. / weakened	РО– 2 пр. / RL – 2 cabin
4.	6Яо4Дч / 6Ас4Ор	68	750	0,8	176	2	-	ослаблен. / weakened	РО– 2 пр. / RL – 2 cabin
5.	7БЗЯо / 7ВЗАс	63	70 50	0,5	20	3	-	усыхающие / withering	ССР+ЛК / CSL+FC
ЛХР - 2. Черноземы южные и темно-каштановые почвы. Ростовская обл., Константиновское л-во, кв. 37, 39, 40; Базковское л-во, кв. 41. / FIA - 2. Southern chernozems and dark chestnut soils. Rostov region, Konstantinovsk forestry, qq. 37,39,40; Bazok forestry, q 41									
6.	9Дч1Яз / 9Оп1Аг	66	330 150	0,8	203 23	2	10Яз/3,0 / 10Аг	здоровые / healthy	РО– 3 пр. / RL – 3 cabin
7.	10Дч+В / 10Ор+Е	65	480 100	0,7	137 4	3	-	ослаблен. / weakened	РО– 2 пр. / RL – 2 cabin
8.	7Яз3Д / 7Аг3О	70	530 300	0,7	18 38	3	-	ослаблен. / weakened	РО– 2 пр. / RL – 2 cabin
9.	7Вм3Яз / 7Ес3Аг	59	350 260	0,6	83 36	4	-	сильно ослаблен. / severely weakened	РО+ СЕВ¹ / RL+PNR¹
ЛХР -3. Каштановые почвы. Волгоградская обл., Калачеевское л-во, кв. 69, 74, 76, 96 / FIA -3. Chestnut soils. Volgograd region, Kalach-on-Don forestry, qq 69, 74, 76, 96									
10.	6Р64Вм / 6Рп4Ес	69	250 80	0,7	60 20	3	-	сильно ослаблен. / severely weakened	РРЕК+СЕВ² / RECL+ PNR²

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11.	8Яз2В / 8Аг2Е	70	380 100	0,7	70 20	3	-	ослаблен. / weakened	РО+ СЕВ ¹ / RL+PNR ¹
12.	10В / 10Е	66	380	0,5	40	5	-	усыхающие / withering	ССР+ЛК / CSL+FC
13.	5Дч4Яз3Вм / 5Ор4Аг3Ес	64	260	0,6	30 40 20	4	-	сильно ослаблен. / severely weakened	РРЕК+СЕВ ² / RECL+ PNR ²
ЛХР - 4. Азональные песчаные почвы. Воронежская обл., Павловское л-во, кв. 81; Ростовская обл., Вешенское л-во, кв. 86; Волгоградская обл., Калачевское л-во, кв. 83 / FIA - 4. Azonal sandy soils. Voronezh region, Pavlovsk forestry, q. 81; Rostov region, Veshenskaya forestry, q. 86; Volgograd region, Kalach-on-Don forestry, q. 83									
14.	7Ср3В / 7Рс3В	60	350	0,8	109	1	-	здоровые / healthy	BCP / SSL
15.	10Ср / 10Рс	63	980	0,7	150	III	-	здоровые / healthy	BCP / SSL
16.	10Ср / 10Рс	60	900	0,7	100	II		ослаблен. / weakened	BCP / SSL
ЛХР – 5. Светло-каштановые почвы, республика Калмыкия, Элистинское л-во, кв. 61, 54, / FIA-5. Light chestnut soils, Republic of Kalmykia, Elista forestry, qq. 61, 54									
17.	10Вм / 10Ес	52	225	0,4	24	5	-	усыхающие / withering	ССР+ЛК / CSL+FC
18.	9В1Д / 9Е1О	41	240	0,5	25	5	-	усыхающие / withering	ССР+ЛК / CSL+FC
19.	10Яз / 10Аг	37	230	0,5	28	4	-	усыхающие / withering	ССР+ЛК / CSL+FC

* – лесоводственные мероприятия: РО – рубки обновления; РРЕК – рубки реконструкции; ВСР – выборочные санитарные рубки; ССР – сплошные санитарные рубки, ЛК – лесные культуры; СЕВ¹ – содействие естественному возобновлению путем посадки семян главных пород в количестве 1 тыс. шт./га; СЕВ² – содействие естественному возобновлению путем посадки семян главных пород в количестве 2 тыс. шт./га.

* – forestry measures: RL – renewal logging; RECL – reconstruction logging; SSL – selective sanitary logging; CSL – clear sanitary logging, FC – Forest cultures; PNR¹ – promoting natural renewal by planting seedlings of the main breeds in the amount of 1 thousand pcs./ ha; PNR² – promoting natural renewal by planting seedlings of the main breeds in the amount of 2 thousand pcs./ ha.

Результаты и обсуждение. На обыкновенных черноземах I ЛХР в Воронежской области в породном составе насаждений ГЗЛП «Воронеж – Ростов-на-Дону» преобладают древостои дуба черешчатого (44 % площади). Почти одну треть лесопокрытой площади занимают искусственные насаждения сосны обыкновенной. На долю ясеневых и березовых культур приходится соответственно 12,5 % и 9,0 % площади. Прочие породы, среди которых клен остролистный, липа мелколистная, клен полевой, яблоня и груша, занимают 4,5 %. Обследованные нами насаждения представлены как сложными дубово-ясеневыми (ВПП – 2) и дубово-кленовыми (ВПП – 1), так и простыми ясеневыми-дубовыми (ВПП – 4) и березово-ясеневыми (ВПП – 5) древостоями, а также чистыми дубняками (ВПП – 3) приспевающего и спелого возраста. Сложные двухъярусные насаждения дуба черешчатого характеризуются 1а – 1 классом бонитета, а одноярусные – 2 классом. По показателю полноты древостоя первые оцениваются как высокополнотные культуры хорошего качества, а вторые – преимущественно среднеполнотные культуры удовлетворительного качества.

Санитарное состояние сложных (двухярусных) дубрав 50-70 летнего возраста с участием клена остролистного, ясеня обыкновенного и липы мелколистной во втором ярусе (ВПП – 1,2) не вызывает опасений. Наличие благонадежного подроста хозяйственно-ценных спутников дуба в количестве более 2 тыс. штук на одном гектаре позволяет восстанавливать ценные насаждения дуба черешчатого естественным путем.

Одноярусные гослесополосы из дуба черешчатого с участием ясеня обыкновенного характеризуются более ослабленным состоянием (ВПП – 3,4); доля сухих деревьев в их составе составляет не менее 15 %. Бонитет таких древостоев не превышает второго класса, хотя их запас не уступает двухярусным дубнякам с участием клена, ясеня и липы. Как правило, естественное возобновление здесь отсутствует или представлено подростом клена остролистного сравнительно небольшой густоты.

Абсолютно иная ситуация сложилась в чистых и смешанных культурах березы повислой. Так, на ВПП 5 смешанное березово-ясеновое насаждение гослесополосы в 60-летнем возрасте характеризуется сниженной полнотой, невысокой производительностью (3-й класс бонитета) и очень низким запасом наличного древостоя ($20 \text{ м}^3/\text{га}$). Более 75 % деревьев березы полностью усохли, оставшаяся часть имеет очень низкую жизнеспособность. Степень задернения почвы злаками составляет почти 100 %. Вышеизложенное свидетельствует о полном распаде культур березы по причине её перестойного возраста. Другими словами, данный факт свидетельствует о величине предельного возраста естественной спелости березы повислой на обыкновенных черноземах, который не превышает 50 лет.

Исходя из актуальных лесоводственно-таксационных и санитарных параметров обследованных насаждений ГЗЛП в условиях разнотравно-степного района на обыкновенных черноземах (ЛХР – 1), можно рекомендовать следующую систему мероприятий по сохранению и реабилитации насаждений.

В насаждениях дуба черешчатого спелого и перестойного возраста следует рекомендовать проведение рубок обновления, которые назначаются в насаждениях, утрачивающих целевые функции с целью из обновления путем создания благоприятных условий для роста молодых перспективных деревьев, присутствующих в насаждениях либо появляющихся в связи с проведением рубок и при содействии возобновлению леса [2, 6].

Двухприемные рубки обновления рекомендуется применять в насаждениях дуба черешчатого, где отсутствует подрост хозяйственно-ценных пород, чаще всего, это смешанные дубово-ясеновые древостои или чистые дубняки (ВПП – 3, 4).

Трехприемные рубки обновления могут быть назначены в сложных дубравах, в которых под пологом леса имеется в достаточном количестве благонадежный подрост хозяйственно-ценных пород, в данном случае, ясеня обыкновенного и липы мелколистной (ВПП – 2). Целью первого приема рубки будет являться сохранение имеющегося подроста и создание условий для появления нового поколения путем разреживания древостоя. Как правило, через 6–7 лет приступают ко второму приему рубки. Для этого ленту государственной полосы по осевой линии разделяют на две равные части шириною 30 м. С целью обеспечения максимальной освещенности на лесосеке первой в рубку обновления отводится деланка со световой (южной, юго-западной, юго-восточной) экспозицией, где и производится вырубка деревьев с оставлением ценных спутников из второго яруса и подроста древостоя. После формирования на вырубке молодого поколения леса обычно через 6–7 лет назначают завершающий третий прием рубки.

Высокий темп роста и отличное санитарное состояние приспевающих дубово-кленовых насаждений (ВПП – 1) в настоящее время не предполагает проведения каких-либо мероприятий.

Восстановление березовых насаждений ГЗЛП, находящихся на предельном возрасте и потерявших жизнестойкость (ВПП – 5), может быть проведено путем сплошной санитарной рубки с последующим созданием новых лесных культур.

Насаждения ГЗЛП, созданных *на южных черноземах и темно-каштановых почвах (ЛХР – 2)*, изучены на территории Базковского и Константиновского лесничеств Ростовской обл.

Смешанные 60-летние древостой дуба черешчатого с небольшой примесью ясеня зеленого (ВПП – 6) при полноте 0,8 ед. характеризуются хорошим состоянием, вторым классом бонитета и имеют запас стволовой древесины более 200 м³/га. В таких насаждениях в подросте имеется в достаточном количестве ясень зеленый (3 тыс. шт./га), что предполагает планировать в них трехприемные рубки обновления, где в первый прием уход ведется за имеющимся благонадежным подростом ясеня зеленого, а также создаются условия для появления сопутствующего и последующего возобновления ценных пород. Второй и третий приемы рубки направлены на удаление древостоя на лесосеках шириною не более 30 м.

Пробные площади ВПП – 7 и 8 заложены, соответственно, в чистых дубняках с небольшим участием вяза мелколистного и ясеневом насаждении с примесью дуба. В возрасте 65–70 лет они характеризуются ослабленным состоянием и при средней полноте древостоя имеют 3-й класс бонитета. Подрост и семенное возобновление ценных пород отсутствует. При таких особенностях для формирования будущих насаждений ГЗЛП целесообразно ориентироваться на порослевое возобновление древесных пород, потенциал которого в ГЗЛП очень велик, так как деревья имеют семенное происхождение и очень высокую регенеративную способность. Известно, что успешность порослевого возобновления определяется состоянием насаждений, возрастом их возобновительной спелости и числом здоровых деревьев, способных дать надежную поросль после рубки древостоя. По нашим экспериментальным данным, в зависимости от зональных условий и древесной породы, наличие на вырубке не менее 400 пней (на 1 га) с порослью гарантирует успешное естественное восстановление насаждений порослевым путем [11].

Иная ситуация складывается в сильно ослабленных насаждениях, где число деревьев главных пород, способных дать поросль, недостаточное (300–400 шт./га) для успешного порослевого возобновления (ВПП – 9, вязово-ясеневое насаждение). В таких случаях двухприемные рубки обновления необходимо сочетать с мерами содействия естественному возобновлению путем посадки семян главных пород в количестве 1 тыс. шт./га. Сочетания имеющегося естественного потенциала насаждений и активных мер содействия ему позволит создать достаточно хорошие стартовые условия для успешного лесовосстановления хозяйственно-ценного насаждения.

Наиболее характерным уходом за насаждением приспевающего и спелого возраста в I и II ЛХР будут являться двухприемные рубки обновления. В здоровых и ослабленных насаждениях (ВПП – 3, 4, 7, 8) проведение этого приема рубки достаточно для формирования нового поколения насаждений дуба черешчатого порослевого происхождения [5].

На каштановых почвах в ЛХР – 3 современное состояние насаждений дуба черешчатого, ясеня зеленого, вяза приземистого, робинии лжеакакии значительно хуже, чем на обыкновенных и южных черноземах. В приспевающем и спелом возрасте указанные насаждения имеют невысокую полноту (0,5–0,6), запас древесины – 40–90 м³/га, 3–4 класс бонитета и, преимущественно, сильно ослабленное и усыхающее состояние. Подрост хозяйственно-ценных пород отсутствует (ВПП – 10, 11, 12, 13).

Исправление таких насаждений рубками обновления уже невозможно, так как в них отсутствует достаточное количество хозяйственно-ценных пород, а произрастает всего 200–300 деревьев, способных дать поросль, и такие насаждения следует классифицировать как малоценные. Основным лесоводственным мероприятием в них будут являться рубки реконструкции в совокупности с активными мерами содействия естественному возобновлению путем посадки семян главных пород в количестве 2 тыс. шт./га (ВПП – 10, 13).

В усыхающих насаждениях (ВПП– 12) проведение реконструкции насаждений по лесоводственным требованиям уже невозможно, так как число произрастающих деревьев составляет менее 200 шт./га. Специальными экспериментальными исследованиями установлено, что данное количество деревьев недостаточно для восстановления насаждений естественным путем. Поэтому в данных насаждениях целесообразно планировать сплошные санитарные рубки с последующим созданием лесных культур.

При создании лесных культур во всех ЛХР необходимо стремиться к выбору главных, сопутствующих пород и кустарников согласно рекомендуемого нами ассортимента [7]. Для замены вязовников предпочтительно использовать узкополосную технологию, при которой на полосах шириной 1,5–2,0 метра срезают пни на уровне почвы, проводят обработку почвы лесным дисковым плугом и последующую механизированную посадку однодвухлетних семян ясеня зеленого, дуба черешчатого, вяза приземистого или робинии лжеакалии с размещением растений – 3,0×0,75 м (густота культур – 4,3 тыс. шт./га). Обязательным является агротехнический уход в ряду в течение первых пяти лет с кратностью по годам 5-4-3-2-1. Уничтожение поросли в междурядьях культур осуществляется на второй и четвертый год их роста лесными универсальными катками.

В азональных условиях на песчаных почвах ЛХР – 4 практиковалось создание ГЗЛП из искусственных насаждений сосны обыкновенной. Современное их состояние везде вполне удовлетворительное. В возрасте 60–63 лет сосновые древостои характеризуются вполне допустимыми для региональных условий показателями: средняя полнота 0,7–0,8 ед., I–III класс бонитета, запас древесины – 100–150 м³/га. По санитарному состоянию насаждения преимущественно характеризуются I, очень редко – II категорией санитарного состояния. Под пологом таких насаждений подрост хозяйственно-ценных пород отсутствует. По нашим оценкам, краткосрочная лесоводственная перспектива таких насаждений хорошая, что предопределяет планирование комплекса достаточно умеренных санитарно-оздоровительных мероприятий, преимущественно, опирающихся на выборочные санитарные рубки слабой интенсивности, которые способны обеспечить требуемую биологическую устойчивость сосняков. С учетом высокой природной горимости сосновых насаждений на первый план выходят меры, направленные на обеспечение должной противопожарной безопасности и, прежде всего, мероприятия противопожарного обустройства лесных территорий, включая формирование противопожарных блоков насаждений, создание противопожарных разрывов, прокладка минерализованных полос и т.п.

В 5-м лесохозяйственном районе, в наиболее жестких лесорастительных условиях, на светло-каштановых, комплексных и солонцеватых почвах пробные площади заложены в типичных преобладающих насаждениях вяза приземистого, которые занимают более 50 % лесопокрытой площади, а также робинии лжеакалии и гледичии трехколючковой (суммарно более 30 % лесопокрытой площади). Доля насаждений дуба черешчатого составляет около 9 %, а ясеня зеленого – лишь 3 % лесопокрытой площади. Лесоводственно-таксационные показатели этих насаждений очень низкие. В возрасте 37–52 лет при явно сниженной полноте древостоев (0,4–0,5 ед.; густота не более 200

сохранившихся деревьев/га) их бонитет не превышает IV класса, а запаса стволовой древесины – 30 м³/га. Подрост хозяйственно-ценных пород в них отсутствует. Санитарное состояние оценивается как крайне неудовлетворительное, сохранившиеся деревья имеют IV категорию состояния.

Главным лесоводственным мероприятием в таких насаждениях являются сплошные санитарные рубки, после чего создают лесные культуры. Приоритет при выборе главной породы должен быть отведен вязу приземистому как наиболее устойчивому древесному виду в данных лесорастительных условиях. Целесообразно создание как чистых, так и смешанных культур с кустарниками, преимущественно, со смородиной золотистой. Наиболее предпочтительны двух-, трех-, четырехкулисные вязовые или вязово-смородиновые насаждения с использованием межкулисных пространств (2–3 ед.) как накопителей влаги.

Принимая во внимание практически предельную «жесткость» лесорастительных условий, целесообразно учитывать накопленный технологический опыт искусственного лесовосстановления и лесоразведения в регионе. Прежде всего, в части способов обработки почвы, включающих однолетний черный пар, весеннее дискование боронами и плантажную вспашку. Культуры создаются посадкой двухлетних сеянцев вяза с размещением растений 4,5×1,0 м. Необходимо обеспечивать регулярную культивацию междурядий и накопителей влаги с кратностью по годам: 5-4-3-2-1. При кулисной посадке общая ширина ленты составляет 114 м, в том числе, три накопителя влаги шириною по 14 м каждый. Густота культур колеблется в диапазоне 1000–1300 шт./га [8].

На светло-каштановых почвах без признаков солонцеватости необходимо стремиться к созданию смешанных культур, в составе которых могут присутствовать робиния лжеакация, гледичия, ясень, дуб. И, напротив, на солончаках лесные культуры создают из кустарников, преимущественно смородины, тамарикса, а иногда и плодовых пород.

При обосновании и проведении основных мероприятий, направленных на сохранение и реабилитацию насаждений ГЗЛП степной зоны, следует также учитывать зарубежный опыт [12-18].

Выводы. Современное состояние насаждений ГЗЛП отличается своей неоднородностью в выделенных по почвенно-климатическим условиям, лесохозяйственным районам и внутри них. В I ЛХР на обыкновенных черноземах лучшее санитарное состояние имеют сложные смешанные насаждения дуба черешчатого высших классов бонитета с произрастанием во втором ярусе подгонных пород – липы мелколистной и клена остролистного. С упрощением структуры и состава дубрав доминируют ослабленные дубовые древостои (II категория), но имеющие еще высокую продуктивность (II класс бонитета). Ослаблением санитарного состояния и прогрессирующим распадом характеризуются частые и смешанные березняки в возрасте естественной спелости. Во II ЛХР в зоне южных черноземов и темно-каштановых почв наряду с продуктивными здоровыми дубо-ясеновыми насаждениями возрастает площадь ослабленных чистых дубняков и ясене-дубовых насаждений II категории состояния. Худшее санитарное состояние здесь имеют чистые вязовые и вязо-ясеновые насаждения, в которых доля усыхающих деревьев составляет 50–60 %. В III ЛХР на каштановых почвах насаждения вяза приземистого, ясеня зеленого, дуба черешчатого и робинии лжеакация повсеместно характеризуются преимущественно сильно ослабленным состоянием. В аazonальных условиях песчаных массивов (IV ЛХР) состояние сформировавшихся насаждений сосны обыкновенной и сосны крымской вполне благополучное (I–II категория состояния). Тревогу вызывает состояние насаждений в V ЛХР, где произрастающие перестойные насаждения вяза приземистого и ясеня зеленого массово усыхают и распадаются.

Восстановление ГЗЛП должно быть дифференцированным. В I, II, IV ЛХР необходимо проводить рубки обновления с расчетом на успешное порослевое возобновление, а в III и в V ЛХР – частичную или полную реконструкцию насаждений с последующим созданием лесных культур основных лесобразующих пород. При создании лесных культур во всех ЛХР подбор пород должен осуществляться с учетом рекомендуемого ассортимента перспективных лесобразующих древесных пород. Качественное и своевременное выполнение предложенных в статье лесоводственных мероприятий обеспечит должное состояние насаждений ГЗЛП степной зоны и выполнение ими многих важных природоохранных функций.

Библиографический список

1. Буянкин В. И. Государственная защитная лесная полоса «Гора Вишневая – Каспийское море» // Степи северной Евразии: материалы VIII международного симпозиума. Оренбург: Институт степи Уральского отделения Российской академии наук, 2018. С. 249–252.
2. Желдак В. И. Уход за лесом в системе лесоводства и лесного законодательства: содержание и развитие // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 4 (44). С. 5–24.
3. Кладиев А. К., Кладиев А. К., Радочинская Л. П. Состояние старовозрастных насаждений вяза мелколистного на участке государственной защитной лесной полосы Волгоград – Элиста // Агроэкология, мелиорация и защитное лесоразведение: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2018. С. 88–92.
4. Манаенков А. С., Костин М. В., Шкуринский В. А. Методическое руководство по повышению долговечности широкополосных защитных лесных насаждений на юге европейской территории России. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2013. 56 с.
5. Мартынюк А. А., Рыкова Т. В. Основные направления повышения устойчивости лесов и защитных лесных насаждений в засушливых регионах России // Экологические проблемы развития агроландшафтов и способы повышения их продуктивности. 2018. № 40. С. 465–468.
6. Об утверждении Правил ухода за лесами: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июля 2022 года № 534. <https://docs.cntd.ru>.
7. Перспективный ассортимент древесных пород в насаждениях государственных защитных лесных полос в степной зоне европейской части Российской Федерации / И. Я. Чеплянский, Т. Я., Турчин, А. С. Ермолова, В. В. Поповичев // Лесная мелиорация и экологогидрологические проблемы Донского водосборного бассейна: матер. национальной научной конференции. Волгоград, ФНЦ агроэкологии РАН). С. 167–171.
8. Рекомендации по повышению устойчивости насаждений государственных защитных лесных полос степной зоны европейской части России / И. Я. Чеплянский, Т. Я. Турчин, А. А. Мартынюк, А. С. Ермолова, В. В. Поповичев. Пушкино: ВНИИЛМ, 2022. 68 с.
9. Санитарная безопасность в лесах. Термины и определения: ГОСТ Р 57973-2017. М.: Стандартинформ, 2017.
10. Современное состояние насаждений государственной защитной лесной полосы «Воронеж – Ростов-на-Дону» в связи с типом культур и почвенными условиями / Т. Я. Турчин, И. Я. Чеплянский, А. С. Ермолова, И. А. Баканов // Вестник Приволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2021. № 3 (51). С. 41–58.
11. Турчин Т. Я. Естественные степные дубравы Донского бассейна и их восстановление. Москва: ВНИИЛМ, 2004. 309 с.
12. Effect of forest shelterbelt as a regional climate improver along the old course of the Yellow River, China / J. Y. Juang, J. Zhang, Y. Yang, J. Li // Agroforestry Systems. 2017. Vol. 91. P. 393–401.
13. Forest and grass composite patterns improve the soil quality in the coastal saline-alkali land of the Yellow River Delta, China / J. B. Xia, J. Y. Ren, S. Y. Zhang, Y. H. Wang, Y. Fang // Geoderma. 2019. № 349. Pp. 25–35.
14. Gardner R. Trees as technology: planting shelterbelts on Great Plains. History and Technology. Vol. 25. Iss.4. P. 325–341.

15. Kopy L. I. Natural regeneration of oak plantations as the basis for high-yielding capacity and stability // Possible Limitation of Decline Phenomena in Broadleaved Stands. Warsaw, 2006. P. 119-124.

16. Marots G. A., Sorenson C. J. Depletion of a Great Plains resource: the case of shelterbelts. <https://www.cambridge.org/core/journals/environmental-conservation/article/depletion-of-a-great-plains-resource-the-case-of-shelterbelts>.

17. Ulian T., Ceci P., Ambrose E. Branching out Africa's Great Green Wall. <https://www.researchgate.net/publication/335464913>.

18. Xue J., Su B. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications // Journal of Sensors. 2017. V. 2017 (1). P. 1-17.

Информация об авторах

Мартынюк Александр Александрович, директор Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (РФ, 141202, г. Пушкино, ул. Институтская, 15), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-7592-2614, e-mail: vniilm_martinuk@mail.ru

Турчин Тарас Ярославович, заместитель директора Южно-европейской научно-исследовательской лесной опытной станции, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (РФ, 346270, Ростовская обл., ст. Вёшенская, ул. Сосновая, 59в, Шолоховский р-н), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-8789-9957, e-mail: t_turchin64@mail.ru

Чеплянский Иван Яковлевич, директор Южно-европейской научно-исследовательской лесной опытной станции, филиал Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (РФ, 346270, Ростовская обл., ст. Вёшенская, ул. Сосновая, 59в, Шолоховский р-н), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-9076-8352, e-mail: donnilos@mail.ru

Кулик Алексей Константинович, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией гидрологии агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-5927-7336, e-mail: kulikak79@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-08

SEED INOCULATION AND PRE-HARVEST DESICCATION ARE THE IMPORTANT ELEMENT OF INCREASING SOYBEAN PRODUCTIVITY UNDER DIFFERENT IRRIGATION REGIMES ON THE LIGHT CHESTNUT SOIL OF THE LOWER VOLGA

A. Yu. Moskvichev¹, S. A. Agapova²

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

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

Received 11.01.2023

Submitted 10.03.2023

Summary

This article discusses such important methods of cultivation of irrigated soybeans as seed inoculation and pre-harvest desiccation. These techniques are optional, but they significantly affect the productivity and quality of the resulting soybean grain harvest.

Abstract

Introduction. This article discusses two such additional elements in the technology of soybean seed cultivation – pre-sowing treatment with inoculants and pre-harvest desiccation in two different water regimes, which, although not mandatory, increase the productivity and quality of the grain of this crop. A bacterial preparation was used as an inoculant, which led to the formation of nodules on the root system and carried out the symbiosis of this legume plant for the assimilation of atmospheric nitrogen and enrichment of the soil with mineral forms. Two compounds were used for pre-harvest desiccation, one chemical – industrial desiccant (reglon at a dose of 2 l/ha) and the second natural mineral - bis-

chofite (in 30% concentration). The purpose of these studies was to study two techniques – pre-sowing inoculation and pre-harvest desiccation of crops on the productivity of soybeans and the quality of the resulting grain. The economic efficiency of these two additional elements in the technology of cultivation of this crop on two different water regimes is also given. **Materials and methods.** The study of these issues was carried out in the zone of light chestnut soils of the Volgograd region with a medium-ripened soybean variety Volgogradka 2, obtained by own selection of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific and Research Institute of Irrigated Agriculture». The laying of experiments and related observations were carried out according to generally accepted methods, for two years (2021-2022), on the experimental fields of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific and Research Institute of Irrigated Agriculture». **Results and conclusions.** The data obtained convincingly prove the need for the use of pre-sowing inoculation of soybean seeds, which contribute to the symbiosis of nodule bacteria and legume plants, increasing the yield of this crop by 127-133% under two different water regimes. "Artificial" drying of plants by means of two chemical compounds also gave an increase in productivity from 14.7 to 18.0% with an improvement in the quality indicators of the resulting grain. At the same time, it should be noted that as a desiccant – a natural mineral (bischofite), the use of which ensured the environmental safety of manufactured products. By giving an economic assessment of these two additional elements, it is effective to say about the expediency of the measures carried out in monetary terms.

Key words: soybean, modified bilator preparation, biopreparation, yield, inoculation, desiccation, irrigation regime.

Citation. Moskvichev A. Yu., Agapova S. A. Seed inoculation and pre-harvest desiccation are an important element of increasing soybean productivity under different irrigation regimes on the light chestnut soil of the Lower Volga. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 91-100 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-08.

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 633.34:631.53.027:631.67

ИНОКУЛЯЦИЯ СЕМЯН И ПРЕДУБОРОЧНАЯ ДЕСИКАЦИЯ – ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ОРОШЕНИЯ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВОЙ ПОЧВЕ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

А. Ю. Москвичев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. А. Агапова², младший научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет

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

Дата поступления в редакцию 11.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. В данной статье рассматриваются два дополнительных элемента в технологии возделывании сои – предпосевная обработка инокулянтами и предуборочная десикация на двух разных водных режимах, которые хотя и не являются обязательными, но увеличивают продуктивность и качество зерна этой культуры. В качестве инокулянта был использован бактериальный препарат, который приводил к образованию клубеньков на корневой системе и осуществлял симбиоз этого бобового растения для усвоения атмосферного азота и обогащения почвы минеральными формами. Для проведения предуборочной десикации были использованы два соединения, одно химическое – промышленный десикант (реглон в дозе 2 л/га) и второй природный минерал – бишофит (в 30%-ной концентрации). **Целью** настоящих исследований было изучение двух приемов – это предпосевная инокуляция и предуборочная десикация посевов на продуктивность сои и качество,

полученного зерна. Дается экономическая эффективность этих двух дополнительных элементов в технологии возделывании этой культуры на двух разных водных режимах. **Материалы и методы.** Изучение данных вопросов проводилось в зоне светло-каштановых почв Волгоградской области со среднеспелым сортом сои Волгоградка 2 селекции ФГБНУ ВНИИОЗ. Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проводились по общепринятым методикам, в течение двух лет (2021-2022 гг.), на опытных полях ФГБНУ ВНИИОЗ. **Результаты.** Полученные данные убедительно доказывают необходимость применения предпосевной инокуляции семян сои, которая способствует симбиозу клубеньковых бактерий бобового растения, увеличивая урожайность этой культуры на 127-133% по двум разным водным режимам. «Искусственное» подсушивание растений по средствам двух химических соединений также давало увеличение продуктивности от 14,7 до 18,0% с улучшением качественных показателей полученного зерна. При этом следует отметить, что в качестве десиканта – природный минерал (бишофит), применение которого обеспечивает экологическую безопасность, произведенной продукции. Давая экономическую оценку этих дополнительных элементов эффективно сказать о целесообразности, проведенных мероприятий в денежном выражении.

Ключевые слова: соя, модифицированные биопрепараты, билатор, урожайность сои, инокуляция семян сои, десикация, режимы орошения сои.

Цитирование. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Инокуляция семян и предуборочная десикация – важный элемент увеличения продуктивности сои при разных режимах орошения на светло-каштановой почве Нижней Волги. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 91-100. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-08.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Важной особенностью зернобобовых культур, к которым относится соя, является способность бобового растения использовать азот из атмосферы и фиксировать его в почве в симбиозе с определенными азотфиксирующими растениями. В свободном виде в почвенном профиле не часто встречаются азотфиксирующие бактерии, поэтому посев необработанными семенами иной раз не приводит к появлению клубеньков на бобовом растении, что не способствует накоплению биологического азота в почве. Чтобы избежать такого явления «искусственно» проводится инокуляция [2] семян азотфиксирующими бактериями. Закономерен вопрос, можно ли получать урожай зерна этой высокобелковой культуры без проведения инокуляции? – «Да, возможно», но упускается возможность симбиоза азотфиксирующих бактерий и растений сои в накоплении его в почве после завершения вегетации. Тем самым исключается возможность обогащения почвы из воздуха минеральным азотом, что в конечном итоге влияет на продуктивность самой культуры и последующей за ней.

Таким образом, предпосевная инокуляция семян сои азотфиксирующими бактериями – это надежный путь повышения плодородия почвы и увеличения урожайности последующих культур [10].

Зернобобовые культуры представляют интерес для сельскохозяйственного производства, благодаря двум важнейшим свойствам, характерным для видов семейства Fabaceae и обуславливающим высокую хозяйственную, экономическую, экологическую значимость – высокое содержание белка и способность растений использовать фиксированный в симбиозе с бактериями атмосферный азот [4].

Бобовые культуры оставляют после себя большую массу корневых и стеблевых остатков, которые благотворно влияют на физико-химические, биологические свойства почвы, а также способствуют повышению ее плодородия за счет обогащения биологическим азотом.

При получении экологически безопасной продукции сои, необходимо использовать безопасные и малоопасные удобрения, средства защиты растений и биостимуляторы [6, 8]. Их применение повышает урожайность, качество семян, уменьшает затраты на возделывание и позволяет получить экологически чистую продукцию [5, 11].

Вторым необходимым приемом является предуборочная десикация посевов, изучаемой культуры. Это необязательный элемент при возделывании этой культуры, так как на юге России, куда и относится Волгоградская область, часто из-за высоких температур происходит естественное созревание посевов и этот прием в засушливых условиях не столь обязателен. Однако в годы с дождливой погодой к концу лета, этот элемент необходим [7].

Предуборочная обработка посевов специальными препаратами [7], которые осуществляют «искусственное» подсушивание растений, иной раз бывает довольно необходимым мероприятием в наших условиях [3]. Именно такое подсушивание способствует одновременному созреванию бобов на разных уровнях бобового растения и к тому же, из-за такого вмешательства увеличивается отток питательных веществ с вегетативной части, в генеративной, а именно, зерно. Таким образом, проведение десикации улучшает качество, полученного зерна [9].

Материалы и методы. Исследования по сое с сортом Волгоградка 2 [12] проводились в 2021-2022 гг. Район исследования – зона светло-каштановых почв Волгодонского междуречья. Полевые опыты закладывались на землях ФГБНУ ВНИИОЗ. Схема опыта предусматривала два фона наблюдений: контроль (без инокуляции) и предпосевная инокуляция семян сои бактериальными азотфиксирующими препаратами. Действие предуборочной десикации осуществлялось по следующей схеме: 1. Контроль (без обработки); 2. Использование промышленного, химического препарата – реглон Супер, ВР (2 л/га); 3. Применение природного минерала – бишофита в 30% концентрации (21 л/га). Схема опыта также включала изучение двух водных режимов почвы: 1. Дифференцированный режим орошения 70-80-70% НВ с глубиной увлажнения 0,4 и 0,6 м по схеме: в период от посева до конца ветвления – 0,4 м 70% НВ, а от начала цветения до конца налива зерна 80% НВ и от конца налива до полной спелости зерна не ниже 70% НВ в слое 0,6 м. 2 Поддержание предполивного порога влажности почвы не ниже 80% НВ в период от посева до конца ветвления 0,4 м, а от начала цветения до полной спелости зерна – 0,6 м (контрольный водный режим почвы).

Реглон Супер, ВР - контактный довсходовый гербицид для десикации сельскохозяйственных культур. Действующее вещество: Дикват (дибромид). Опрыскивание посевов при побурении 50-70 % бобов за 7-10 дней до уборки культуры. Расход рабочей жидкости - 200-300 л/га, при авиационной обработке - 50-100 л/га.

Преимущества препарата

- Гибкость применения: не смывается дождем уже через час после применения, эффективно работает при температуре до +28°C.
- Позволяет планировать сроки уборки: является быстродействующим препаратом, эффект десикации проявляется уже через 5–7 дней после обработки.
- Облегчает уборку: наряду с культурными высушивает и сорные растения.
- Способствует увеличению урожайности, повышению качества семян.
- Снижает затраты на доработку и сушку семян.
- Способствует снижению распространения и развития болезней: серой и белой гнилей подсолнечника, фитофтороза картофеля и др.
- Контактный гербицид, применяемый без ограничения в севообороте.

Применение в качестве десиканта бишофита способствует наступлению технической спелости зерна на две недели раньше, чем в контроле – посевы без десикации. Природный минерал – бишофит сформировался в глубине профиля почвы, начиная с 600 м,

при растворении которого создаётся смесь, состоящая из солей и около 25 значимых для растений макро- и микроэлементов. При электролитическом воздействии водного раствора природный бишофит под воздействием медных электродов формирует некоторые химические соединения, в которых создаётся синергетический (усилительный) эффект, увеличивается обеззараживающая эффективность. Содержащиеся в бишофите макро- и микроэлементы являются эффективным средством повышения урожайности зернобобовых культур, а также устойчивости растений к вредителям и болезням.

Полевые опыты закладывались согласно общепринятым методикам. Посев осуществляли широкорядным способом с междурядьем 70 см, с нормой высева 600 тыс. шт./га семян, сеялкой MaterMakk, размер учетной делянки – 35 м², повторность опыта трехкратная, размещение делянок в опыте рендомизированное. Инокуляцию семян биологическими препаратами (Геостим Фит Г 5-10 л/т, Импровер – 20 мл/т, Гелиос Супер – 1-2 л/т), разработанными ООО «Биотехагро» (г. Тимашевск, Краснодарского края), проводили во время посева.

Микробиологический биодеструктор растительных остатков с мощными фунгицидными свойствами Геостим ФитГ основные характеристики: микробиологический препарат применяется для ускорения процессов разложения растительных остатков в поверхностном слое почвы и подавления развития фитопатогенов, стимулирования роста и развития растений. Состав препарата: сапрофитный гриб *Trichoderma viride*, ассоциативные азотфиксирующие бактерии *Azomonas agilis* и *Azotobacter chroococcum*. Преимущества препарата Геостим: защищает растения от широкого круга грибных болезней; улучшает структуру почвы; повышает урожайность сельскохозяйственных культур; безопасен для растений, животных и человека; не приводит к санитарному загрязнению почвы, воздушной и водной среды; способствует лучшему усвоению минерального питания растениями.

Посев сои сорта Волгоградка 2 [1] осуществляли в 2021 г. 15 мая, а в 2022 г. 13 мая. Этот сорт с 2020 года включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по 8 региону РФ. Сорт создан методом гибридизации сортов ВНИИОЗ 31 и коллекционного образца 152 (К-10001 ВИР) с последующим проведением многократного индивидуального отбора [1].

Результаты и обсуждение. Структура урожая данной зернобобовой культуры – сои сорта Волгоградка 2 осуществлялась по средствам разбора, отобранных снопов с площади 1 м², по общепринятой методике. При этом определялась масса с 1-го растения (г); масса 1000 зерен (г) и высота прикрепления нижнего боба (м).

Анализ таблицы 1 показывает определенные различия в показателях структуры урожая и продуктивности при разных режимах орошения. Так на варианте без инокуляции при дифференцированном водном режиме масса зерна с одного растения в среднем за два года исследований составила 3,79 г. Масса 1000 зерен была равной 102,5 г и высота прикрепления нижнего боба оказалась на уровне 0,12, а продуктивность посевов сои на этом варианте с инокуляцией, эти показатели составили: 5,39 г; 111,75 г; 0,13 м и 1,91 т/га соответственно.

При поддержании предполивного порога влажности не ниже 80% НВ на варианте без инокуляции в среднем за 2021-2022 гг. масса с 1-го растения – 6,03, масса 1000 зерен увеличилась до 116,85 г, высота прикрепления нижнего боба составила 0,13 м и урожайность достигла 2,15 т/га. На варианте с применением предпосевной обработки семян (инокуляции) эти показатели увеличились на 7,25 г; 132,08; 0,14 м и 2,72 т/га.

Конечным итогом проводимых мероприятий, служат данные по продуктивности посевов сои.

Таблица - 1. Эффективность предпосевной инокуляции семян сои при разных режимах орошения за 2021-2022 гг.

Table - 1. Efficiency of pre-sowing inoculation of soybean seeds under different irrigation regimes for 2021-2022

Варианты опыта		Масса зерна с одного растения, г (в среднем за 2 года)	Масса 1000 зерен, г			Высота прикрепления нижнего боба, м (среднее за 2 года)	Урожайность, т/га		
			2021	2022.	Среднее		2021	2022	Среднее
Дифференцированный режим орошения 70-80-70% НВ	без инокуляции	3,79	101,2	103,8	102,5	0,12	1,44	1,42	1,43
	с инокуляцией	5,39	110,3	113,2	111,75	0,13	1,95	1,91	1,91
Постоянный режим орошения 80% НВ	без инокуляции	6,03	119,1	114,6	116,85	0,13	2,15	2,14	2,15
	с инокуляцией	7,25	132,9	131,25	132,08	0,14	2,77	2,67	2,72
2021 г: НСР ₀₅ по фактору А-0,69, НСР ₀₅ по фактору В-0,84, НСР ₀₅ по фактору АВ-0,84 2022 г: НСР ₀₅ по фактору А-0,67, НСР ₀₅ по фактору В-0,81, НСР ₀₅ по фактору АВ-0,81									

Таблица – 2 Урожайность сои в зависимости от предуборочной десикации на разных водных режимах за 2021 – 2022 гг.

Table – 2 Soybean yield depending on pre-harvest desiccation in different water regimes for 2021-2022

Варианты опыта			Урожайность, т/га			Прибавка урожая	
			2021	2022	Среднее	т/га	%
Дифференцированный режим орошения 70-80-70% НВ	десикация	Контроль	1,95	1,86	1,91	-	-
		химический препарат (реглон)	2,24	2,14	2,19	0,28	14,66
		природный минерал (бишофит)	2,30	2,19	2,25	0,34	17,80
Постоянный режим орошения 80% НВ	десикация	Контроль	2,77	2,67	2,72	-	-
		химический препарат (реглон)	3,19	3,07	3,13	0,41	15,07
		природный минерал (бишофит)	3,27	3,15	3,21	0,49	18,01
2021 г: НСР ₀₅ по фактору А-0,13, НСР ₀₅ по фактору В-0,16, НСР ₀₅ по фактору АВ-0,16 2022 г: НСР ₀₅ по фактору А-0,12, НСР ₀₅ по фактору В-0,15, НСР ₀₅ по фактору АВ-0,15							

Таблица 2 показывает, что на разных водных режимах, использование в качестве десиканта химического соединения (реглон) и природного минерала (бишофита) создают преимущество последнего. Так, урожайность зерна сои при проведении десикации увеличилась на 0,34 т/га, а у химического препарата только на 0,28 т/га. При поддержании предполивного порога влажности не ниже 80% НВ такая тенденция сохранилась, но увеличился размер прибавки до 0,49 и 0,41 т/га.

Как было сказано выше, наибольшее влияние на качество урожая зерна сои, оказывает такой прием, как десикация посевов за две недели до уборки урожая.

Таблица 3 – Данные анализа растительных образцов (в воздушно-сухой пробе) за 2021 год

Table 3 – Data of the analysis of plant samples (in an air-dry sample) for 2021

Варианты			Нитраты, мг/кг	N общ., %	P, %	K, %	Сырой жир, %	Клет- чатка, %
Дифференциро- ванный режим орошения 70-80-70% НВ	десикация	Контроль	100,7	5,75	0,76	1,95	17,68	8,76
		химический пре- парат (реглон)	101,20	5,83	0,82	1,98	18,22	10,40
		природный мине- рал (бишофит)	103,46	5,92	0,89	2,03	18,56	10,61
Постоянный режим ороше- ния 80% НВ	десикация	Контроль	101,42	5,80	0,74	1,90	18,28	10,60
		химический пре- парат (реглон)	102,10	5,87	0,85	1,95	18,62	11,08
		природный мине- рал (бишофит)	103,84	5,98	0,88	1,95	18,82	12,02

Подводя итог по данным анализа растительных образцов за 2021 г (табл. 3), следует отметить, что на контрольных вариантах без проведения десикации показатели качества зерна сои были ниже, чем при проведении «искусственного» подсушивания посевов. При этом выделялись значения, полученные при применении природного минерала – бишофита, несколько худшие показатели давал химический препарат – реглон. Такие тенденции наблюдались при разных водных режимах.

Таблица 4 - Экономическая оценка проведения предпосевной инокуляции на сое при разных водных режимах (в среднем за 2021-2022 гг.)

Table 4 - Economic assessment of pre-sowing inoculation on soybeans under different water regimes (on average for 2021-2022)

Показатели	Дифференцированный водный режим почвы 70-80-70% НВ		Постоянный водный режим поч- вы 80% НВ	
	Без инокуляции	С инокуляцией	Без инокуляции	С инокуляцией
Урожайность, т/га	1,43	1,91	2,15	2,72
Цена реализации, кг/руб.	35,0	35,0	35,0	35,0
Стоимость валовой продукции тыс.руб./га	50,05	66,85	75,25	95,2
Затраты средств, тыс.руб./га	37,48	37,52	38,3	38,3
Себестоимость зерна, тыс.руб./т	26,2	19,64	17,8	14,1
Чистый доход, тыс.руб./га	12,57	29,33	36,95	56,9
Уровень рентабельно- сти, %	33,5	78,2	96,5	148,6

Давая экономическую оценку (таблица 4) проведения предпосевной инокуляции семян на сое при разных режимах орошения в среднем за два года, следует отметить выгоду такого приема. Так, при дифференцированном водном режиме на варианте без инокуляции, уровень рентабельности был не большим и составил 33,5 %, при обработке же семян препаратом для инокуляции этот показатель вырос более, чем в два раза – 78,2 %.

На втором водном режиме (80 % НВ) на посевах без инокуляции он равнялся – 96,5 %, а с применением инокуляции уровень рентабельности повысился до 148,6 %. Себестоимость тонны зерна колебалась на этих изучаемых вариантах от 26,2 тыс.руб./т до 14,1 тыс.руб./т.

Таблица 5 – Экономическая эффективность проведения предуборочной десикации на сое при разных режимах орошения за два года (2021-2022 гг.)

Table 5 – Economic efficiency of pre-harvest desiccation on soybeans under different irrigation regimes for two years (2021-2022)

Варианты	Величина прибавки урожая, т/га	Стоимость 1 т, руб.	Стоимость прибавки урожая, руб.	Дополнительные затраты на 1 га, руб.	Дополнительный чистый доход, руб.	
					на 1 га	на 1 руб. дополнительных затрат
Дифференцированный водный режим 70-80-70% НВ						
химический препарат (реглон)	0,28	35000	9800	3173,5	6626,5	2,09
природный минерал (бишофит)	0,34	35000	11900	2569,0	9331,0	3,63
Постоянный водный режим 80% НВ						
химический препарат (реглон)	0,41	35000	14350	3300,1	11049,9	3,35
природный минерал (бишофит)	0,49	35000	17150	2715,1	14434,9	5,32

Анализ экономической эффективности предуборочной десикации (табл.5) в среднем за два года, показывает выгоду проведения данного мероприятия. Так, дополнительный чистый доход на 1 га, при дифференцированном режиме орошения (70-80-70% НВ в слое 0,4 и 0,6 м) колебался от 6626,5 до 9331,0 руб., при постоянном водном режиме (80% НВ в слое 0,4 и 0,6 м), эта величина была несколько больше и лежала в пределах от 11049,9 до 14434,9 руб. А дополнительный чистый доход на 1 руб. дополнительных затрат соответственно составил 2,09-3,63 руб. и 3,35-5,32 руб.

При этом по этим двум водным режимам преимуществом обладало использование в качестве десиканта природного минерала – бишофита (21 л/га) – 3,63-5,32 руб. В то время, как применение промышленного препарата – реглон (2 л/га) давал меньшие результаты – 2,09-3,35 руб.

Выводы.

1. В результате проведенных нами исследований следует сказать, что использование предпосевной инокуляции семян и предуборочной десикации посевов является дополнительным приемом в технологии возделывания орошаемой сои, которая увеличивает продуктивность этой изучаемой культуры.

2. Варианты без предварительной инокуляции семян обеспечивали сбор зерна при дифференцированном режиме орошения в 1,43 т/га, а при поддержании предположительного порога влажности не ниже 80% НВ – 2,15 т/га. В то время, как обработанные семена инокулянтom повышали урожай на первом режиме до 1,91 т/га и при постоянном водном режиме – 2,72 т/га. Таким образом, увеличение продуктивности сбора зерна повышалось на 133% в первом случае и 127% на втором.

3. Проведение предуборочной десикации по разным режимам орошения (70-80-70% НВ и 80% НВ в слое 0,4 и 0,6 м) давало определенное увеличение сбора зерна. При этом использование природного минерала – бишофита обеспечивало наибольший прирост в продуктивности 17,8 до 18,0 %. Применение же чисто химического препарата (реглон) эти показатели были на уровне 14,7 – 15,1 %. Таким образом, использование природного минерала является экологически безопасным приемом и способствует уменьшению пестицидной нагрузки в сравнении с промышленным препаратом.

4. Проведение десикации разными препаратами способствовало улучшению качества зерна, при этом выделялся природный минерал.

5. Экономическая оценка показывает выгодность дополнительно вводимых приемов – инокуляции и десикации. При этом наилучшие показатели были на постоянном режиме орошения (80% НВ в слое 0,4 и 0,6 м) по инокуляции семян с рентабельностью 148,6% и предуборочной десикации в 532%.

Библиографический список

1. Адаптивные, высокобелковые сорта сои для возделывания в мелиорированных агроландшафтах Южной и Центральной России / В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Т. С. Кошкар ова, И. В. Кожухов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 166-170.
2. Васильчиков А. Г., Гурьев Г. П. Изучение эффективности различных форм микробных препаратов для инокуляции сои // Земледелие. 2017. № 3. С. 3-4.
3. Головина Е. В., Зеленов А. А., Беляева Р. В. Физиологические механизмы формирования продуктивности и адаптивности у сортов сои в контрастных метеорологических условиях // Земледелие. 2019. № 4. С. 29–32.
4. Дорохов А. С., Бельшикина М. Е., Большева К. К. Производство сои в Российской Федерации: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (47). С. 25-33.
5. Зубарева К. Ю. Соя в России // Вестник сельского развития и социальной политики. 2020. № 4 (28). С. 23-25.
6. Качество семян сои в зависимости от гербицидов, применяемых при различной густоте стояния растений / Ф. Б. Омаров, А. А. Айтемиров, М. А. Магомедова, Н. Х. Гамидова, У. М. Магомедов // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 2. С. 152-158.
7. Москвичев А. Ю., Агапова С. А. Отзывчивость зернобобовых культур на применение бишофита и его аналога в условиях Нижней Волги на каштановых почвах Волгоградской области // Орошаемое земледелие. 2021. № 4. С. 23-28.
8. Петровский А. С., Каракотов С. Д. Микробиологические препараты в растениеводстве. Альтернатива и партнерство // Защита и карантин растений. 2017. № 2. С.14–18.
9. Созонова А. Н., Иваненко А. С. Урожайность, показатели качества и экономическая эффективность возделывания сои в Тюменской области АПК // Инновационные технологии. 2018. № 1. С. 51-55.
10. Хамоков Х. А. Влияние инокуляции семян на элементы продуктивности посевов сои // Известия Оренбургского ГАУ. 2016. № 5. С. 33- 34.
11. Шабалкин А. В., Дубинкина Е. А. Соя – экономически выгодная культура // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 17-21.
12. Шукис Е. Р., Мухин В. Н., Шукис С. К. Характеристика сортов сои различных групп спелости и их реакция на гидротермические условия среды // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 1. С. 23-29.
13. Biotechnology of biological bacterial preparations used in resource-saving farming / Y. Koryagin, E. Kulikova, N. Koryagina, O. Sharunov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. No 613 (1). 012059.
14. Boyarskiy B. Application of NDVI Data to Analyse the Effects of Sowing Methods and Seeding Rates on Soybean Crop Yield // J. Eng. and Appl. Sci. 2019. Vol. 14. P. 4290–4294.

Информация об авторах

Москвичев Александр Юрьевич, доктор с.-х. наук, профессор Волгоградского государственного аграрного университета, Волгоград, (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9309-2885>, E-mail: moskvichev56@bk.ru, 89053344394,

Агапова Светлана Александровна, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института орошаемого земледелия, Волгоград, (400002, Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5159-6578>, e-mail: sveta-sxi@rambler.ru, тел:89275297451.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-09

AGROECOLOGICAL AND AGROTECHNICAL FEATURES OF THE SESAME CULTIVATION IN THE DRY STEPPE ZONE OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA

**M. M. Okonov¹, N. Yu. Petrov², V. A. Batyrov¹
S. A. Orosov¹, Abdul Aziz Omar Saad¹**

¹*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 14.11.2022

Submitted 10.03.2023

Abstract

Introduction. Sesame is a rare and almost unexplored crop in the Russian Federation. It began to be grown in the conditions of the Krasnodar, Stavropol territories, Astrakhan region only in 2000 on small experimental areas. To date, the Russian Federation has not developed a systematic agrotechnology for growing this most valuable oilseed crop. In the Republic of Kalmykia, agroecological aspects and agricultural techniques of sesame cultivation began to be studied for the first time in 2020 in the conditions of the Educational-scientific-production center «Agronomus» of the Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov on a zonal light chestnut subtype of soil with drip irrigation. In three years of field research, the biological features of sesame of the popular Sunny variety, photosynthetic activity of plants in crops, water regime and water consumption, fertilizer efficiency, methods of sowing and crop yield were studied. It was found that during irrigation, sesame maturation is quite stable in the conditions of the central zone of the republic, and the highest yield was obtained with a wide-row sowing method - 0.45 m with a seeding rate of 450 thousand plants/ha and the application of nitrogen-phosphorus fertilizers $N_{90}P_{90}$ and $N_{120}P_{90}$, averaging 1.25-1.30 t/ha of seeds. **Object.** The object of the study were samples of the sesame oil plant. **Materials and methods.** In a two-factor field experiment, the following options were studied: factor A - the method of sowing and the seeding rate (0.45 m - 450 thousand / ha) and (0.70 m - 450 thousand plants /ha). Factor B - doses of fertilizers, kg.d. of substance: 1. Control - without fertilizer; 2. $N_{30}P_{30}$; 3. $N_{60}P_{60}$; 4. $N_{90}P_{90}$; 5. $N_{120}P_{90}$. Watering was carried out drip with the maintenance of the pre-watering threshold of soil moisture not lower than 75% NV. Ammonium nitrate was used as nitrogen fertilizer, and double superphosphate was used as phosphorus fertilizer. Sowing was carried out in 2020 - April 27, in 2021 - May 5, in 2022 - May 14, sesame variety - Sunny. **Results and conclusions.** To optimize the conditions of its cultivation, watering is necessary at a pre-watering soil moisture of 75... 80% HB in the phase of flowering and maturation of seeds and good field cleanliness from weeds. The total water consumption of sesame on average was 3430...3740 m³/ha, and the coefficient of water consumption, respectively, 2579...2830 m³/t. A higher yield of sesame was obtained on a variant of a wide-row sowing method with a row spacing of 0.45 m and a sowing rate of 450 thousand plants per 1 ha. High efficiency of fertilizer application at a dose of $N_{90}P_{90}$ - 1.30 t/ha was obtained, with the introduction of a higher dose of $N_{120}P_{90}$, a reliable increase in yield was not obtained. The main conditions for the successful cultivation of sesame in the dry steppe zone of Kalmykia are the optimization of the water and nutrient regimes of the soil.

Key words: sesame, region, soil, ecology, irrigation, sowing method, fertilizer dose, water consumption, yield, efficiency.

Citation. Okonov M. M., Petrov N. Yu., Batyrov V. A., Orosov S. A., Saad A. A. O. Agroecological and agrotechnical features of sesame cultivation in the steppe zone of the Republic of Kalmykia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 100-105 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-09.

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

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

УДК 633.853.74

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ КУНЖУТА В СУХОСТЕПНОЙ ЗОНЕ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ

М. М. Оконов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Н. Ю. Петров², доктор сельскохозяйственных наук, профессор
В. А. Батыров¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
С. А. Оросов¹, старший преподаватель; **А. А. О. Саад**¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова, г. Элиста

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.11.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. В Российской Федерации кунжут является редкой и почти не изученной культурой. Его начали выращивать в условиях Краснодарского, Ставропольского краев, Астраханской области лишь в 2000 годы на небольших экспериментальных площадях. До настоящего времени в Российской Федерации не разработана системная агротехнология выращивания этой ценнейшей масличной культуры. В Республике Калмыкия впервые начали изучать агроэкологические аспекты и агротехнику выращивания кунжута в 2020 году в условиях УНПЦ «Агрономус» КалмГУ на зональном светло-каштановом подтипе почвы с капельным орошением. В полевых исследованиях за три года изучены биологические особенности кунжута популярного сорта Солнечный, фотосинтетическая деятельность растений в посевах, водный режим и водопотребление, эффективность удобрений, способы посева и урожайность культуры. Установлено, что при орошении созревание кунжута достаточно стабильное в условиях центральной зоны республики и наибольшая урожайность получена при ширококормном способе посева – 0,45 м с нормой посева 450 тыс. растений/га и внесении азотно-фосфорных удобрений $N_{90}P_{90}$ и $N_{120}P_{90}$, составив в среднем 1,25-1,30 т/га семян. **Объект.** Объектом исследования являлись образцы масличного растения кунжута. **Материалы и методы.** В полевом двухфакторном опыте изучали следующие варианты: фактор А - способ посева и норма высева семян (0,45 м - 450 тыс./га) и (0,70 м - 450 тыс. растений/га). Фактор В - дозы удобрений, кг.д. вещества: 1. Контроль - без удобрения; 2. $N_{30}P_{30}$; 3. $N_{60}P_{60}$; 4. $N_{90}P_{90}$; 5. $N_{120}P_{90}$. Полив проводился капельно с поддержанием предполивного порога влажности почвы не ниже 75% НВ. В качестве азотного удобрения вносили аммиачную селитру, фосфорного - двойной суперфосфат. Посев был проведен в 2020 году - 27 апреля, в 2021 году - 5 мая, в 2022 году – 14 мая, сорт кунжута - Солнечный. **Результаты и выводы.** Для оптимизации условий его выращивания необходимы поливы при предполивной влажности почвы 75...80% НВ в фазе цветения и созревания семян и хорошая чистота поля от сорной растительности. Суммарное водопотребление кунжута в среднем составило 3430...3740 м³/га, а коэффициент водопотребления, соответственно 2579...2830 м³/т. Более высокая урожайность кунжута получена на варианте ширококормного способа посева с междурядьем - 0,45 м и норме посева-450 тыс. растений на 1 га. Получена высокая эффективность внесения удобрений в дозе $N_{90}P_{90}$ - 1,30 т/га, при внесении более высокой дозы $N_{120}P_{90}$ не получена достоверная прибавка урожая. Главными условиями успешного выращивания кунжута в сухостепной зоне Калмыкии являются оптимизация водного и питательного режимов почвы.

Ключевые слова: кунжут, возделывание кунжута, орошение кунжута, способы посева кунжута, водопотребление кунжута, урожайность кунжута.

Цитирование. Оконов М. М., Петров Н. Ю., Батыров В. А., Оросов С. А., Саад А. А. О. Агро-экологические и агротехнические особенности выращивания кунжута в степной зоне Республики Калмыкия. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 100-105. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-09.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Кунжут как важное масличное растение широко выращивается в странах Азии и Африки. Наибольшие площади посева в Индии, Мьянме, Китае, Эфиопии, всего около 6,0 млн га. В странах СНГ и Российской Федерации выращивается исключительно кунжут индийский (*Sesamum indicum* L.) являясь относительно новой и нетрадиционной культурой. Его начали выращивать в России лишь с 2000^х годов на небольших экспериментальных площадях в Краснодарском и Ставропольском краях, Астраханской области [1, 2, 7]. В Республике Калмыкия начали впервые изучать возможности выращивания кунжута в 2020 году в условиях УНПЦ «Агрономус» ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова» на зональном светло-каштановом подтипе почвы.

Цель исследования заключалась в изучении агроэкологических особенностей выращивания урожая кунжута в засушливой зоне Калмыкии и разработке основных элементов агротехники в условиях орошения (способ посева, норма высева семян, дозы удобрений). В полевых опытах 2020-2022 гг. с капельным поливом более высокая урожайность семян была получена при широкорядном способе посева с междурядьями 0,45 м и норме посева 450 тыс./га растений и внесении азотно-фосфорных удобрений в дозе $N_{90}P_{90}$, составив в среднем – 1,30 т/га.

Материал и методы. Почва опытного участка УНПЦ «Агрономус» Калмыцкого ГУ является светло-каштановой среднесуглинистой, которая по результатам агрохимического анализа (2015 г.) характеризовалась низким содержанием минерального азота средним подвижного фосфора (34 мг/кг P_2O_5) и повышенным обменного калия (270 мг/кг K_2O). Агрофизические показатели почвы составляют: плотность сложения (ρ_s) – 1,41 т/м³, наименьшая полевая влагемкость (НВ) – 20,1% от массы сухой почвы, почва слабощелочная – (рН-7,4). Погодные условия 2020-2022 гг. по температурному режиму были близки к климатической норме, а по условиям естественного увлажнения несколько различались. За вегетационный период (май-август) 2020 году выпало 97 мм продуктивных осадков, а в 2021 году – 72 мм, в 2022 году – 81,5 мм. Агротехника выращивания кунжута была разработана с учетом почвенно-климатических особенностей региона и биологии растений кунжута [4-6]. Площадь делянки составила 34 м², расположение систематическое, повторность трехкратная. В полевом двухфакторном опыте изучали следующие варианты: фактор А – способ посева и норма высева семян (0,45 м – 450 тыс./га) и (0,70 м – 450 тыс. растений/га). Фактор В – дозы удобрений, кг.д. вещества: 1. Контроль – без удобрения; 2. $N_{30}P_{30}$; 3. $N_{60}P_{60}$; 4. $N_{90}P_{90}$; 5. $N_{120}P_{90}$. Полив проводился капельно с поддержанием предполивного порога влажности почвы не ниже 75% НВ. В качестве азотного удобрения вносили аммиачную селитру, фосфорного – двойной суперфосфат. Посев был проведен в 2020 году – 27 апреля, в 2021 году – 5 мая, в 2022 году – 14 мая, сорт кунжута – Солнечный.

Результаты и обсуждение. Растения кунжута предъявляют повышенные требования к чистоте поля от сорняков. Основную обработку почвы проводили осенью, вспашка почвы на глубину 22 см с боронованием, весной боронование с культивацией. В период

вегетации осуществляли междурядные обработки по мере отрастания сорняков и с целью рыхления почвы. Период наибольшего потребления влаги и элементов питания приходится на фазу бутонизации и цветения. Азотные удобрения активизировали фотосинтетическую продуктивность растений, а фосфорные повышали его масличность. В течение вегетационного периода отмечали 5 фенологических фаз (всходы, бутонизация, цветение, созревание и полная спелость). В полевом опыте 2020-2022 гг. на фазу всходов приходилось в среднем - 10 дней, на бутонизацию 44, цветение - 32 и созревание - 22 дня, что составило 108 дней вегетации. Кунжут очень требователен к теплу, оптимальная температура почвы для посева 16-18⁰, в период вегетации температура воздуха 32-35⁰С, также кунжут очень устойчив к воздушной засухе. Поэтому климатические условия Калмыкии оказались вполне благоприятными для выращивания этой культуры при орошении.



Рисунок 1 – Опыт с кунжутом / Figure 1 – Experience with sesame seeds

Кунжут до фазы полного созревания требует поддержания повышенной влажности почвы, поэтому число вегетационных поливов было в 2020 году - 13, а в 2021 году – 15, в 2022 году - 14 с поливной нормой 150-175 м³/га. Суммарное водопотребление кунжута в сухостепной зоне Республики Калмыкия составила 3430-3740 м³/га или в среднем за три года - 3579 м³/га. При этом в структуре суммарного водопотребления доля оросительной воды составила в среднем-66,4 %, а коэффициенты водопотребления - 2733 м³/т, что указывает на высокую потребность кунжута в орошении (таблица 1).

Таблица 1 – Структура суммарного водопотребления кунжута на светло-каштановой почве при орошении

Table 1 – Structure of total sesame water consumption on light chestnut soil during irrigation

Год Year	Использовано влаги, м ³ /га Moisture used, m ³ /ha			Суммарное водопотребление, м ³ /га the total water consumption, m ³ /ha	Коэффиц. водопотребления, м ³ /т Ratio. water consumption, m ³ /t
	из почвы from the soil	осадки precipitation	полив watering		
2020	310	970	2150	3430	2579
2021	420	720	2600	3740	2791
2022	376	815	2375	3566	2830
средняя за average for 2020-2022 гг.	369	835	2375	3579	2733

В зависимости от способа посева и нормы высева семян, дозы удобрений урожайность кунжута варьировала по вариантам опыта и годам проведения. Так, на варианте с ширококрядным посевом и междурядьем 0,45 м и 0,70 м в зависимости от дозы удобрений, урожайность различалась не существенно, и были получены практически одинаковые значения, за исключением дозы удобрений $N_{60-90}P_{60-90}$.

Таблица 2 – Урожайность семян кунжута в зависимости от способа посева и дозы удобрений на светло-каштановой почве при орошении

Table 2 – Yield of sesame seeds depending on the method of sowing and the dose of fertilizers on light chestnut soil during irrigation

Способ посева, фактор А Method of sowing, factor A	Доза удобрений, фактор В Fertilizer dose, factor B	Урожайность, т/га			
		2020 г	2021 г	2022 г	средняя average
Ширококрядный, междурядья - 0,45 м. Wide-row, row spacing - 0.45 m.	Контроль - без удобрения Control - without fertilizer	0,67	0,71	0,63	0,67
	$N_{30}P_{30}$	0,77	0,82	0,78	0,79
	$N_{60}P_{60}$	0,94	0,98	0,96	0,96
	$N_{90}P_{90}$	1,30	1,26	1,20	1,25
	$N_{120}P_{90}$	1,33	1,34	1,23	1,30
Ширококрядный, междурядья - 0,70 м. Wide-row, row spacing - 0.70 m.	Контроль - без удобрения Control - without fertilizer	0,63	0,67	0,61	0,64
	$N_{30}P_{30}$	0,74	0,79	0,70	0,74
	$N_{60}P_{60}$	0,97	0,96	0,90	0,94
	$N_{90}P_{90}$	1,25	1,32	1,19	1,25
	$N_{120}P_{90}$	1,27	1,29	1,27	1,26

$HCPR_{05}$, т/га, фактор - А 0,04; фактор В - 0,12

Установлена достаточно высокая эффективность удобрений при выращивании кунжута на орошении в условиях светло-каштановой почвы. Так, на контроле при обоих способах посева урожайность составила в среднем 0,64-0,67 т/га. С возрастанием дозы вносимых удобрений урожайность повысилась с 0,79 до 1,30 т/га при посеве с междурядьем-0,45 м.

Выводы: Агроклиматические и почвенные условия сухостепной зоны Калмыкии являются вполне благоприятными для выращивания очень ценной культуры кунжута на орошении. Для оптимизации условий его выращивания необходимы поливы при предполивной влажности почвы 75-80% НВ в фазе цветения и созревания семян и хорошая чистота поля от сорной растительности. Суммарное водопотребление кунжута в среднем составило 3430-3740 м³/га, а коэффициент водопотребления соответственно 2579-2830 м³/т. Более высокая урожайность кунжута получена на варианте ширококрядного способа посева с междурядьем -0,45 м и норме посева-450 тыс. растений на 1 га. Получена высокая эффективность внесения удобрений в дозе $N_{90}P_{90}$ - 1,30 т/га, при внесении более высокой дозы $N_{120}P_{90}$ не получена достоверная прибавка урожая. Главными условиями успешного выращивания кунжута в сухостепной зоне Калмыкии являются оптимизация водного и питательного режимов почвы.

Библиографический список

1. Асфандиярова М. Ш., Рыбакова Т. П. Хозяйственно-ценные признаки коллекционных образцов кунжута в Астраханской области // Масличные культуры. 2020. № 3 (183). С. 71-74.

2. Асфандиярова М. Ш., Еремин В. А. Биологические особенности и элементы технологии культуры кунжута // Современное экологическое состояние природной среды и научно-практические аспекты рационального природопользования. 2018. С. 420-423.
3. Биологические особенности и возделывание кунжута (обзор) / Н. В. Кишлян, М. Ш. Асфандиярова, Т. В. Якушева, А. Г. Дубовская // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 4. С. 156-165.
4. Еремин В. А. Агроклиматическое сортоиспытание кунжута в условиях севера Астраханской области // Вестник Марийского государственного университета, серия: Сельскохозяйственные науки. 2020. Т. 6. № 2 (22). С. 13-15.
5. Нарзулов Т. С. Урожайность семян кунжута в повторных посевах на орошаемых землях Центрального Таджикистана // Масличные культуры (научно-техн. бюллетень ВНИИМК). 2018. Вып. 4 (176). С. 115-117.
6. Нарзулов Т. С. Продуктивность кунжута в зависимости от способа посева и нормы высева на богарных землях Гиссарской зоны // Масличные культуры (научно-техн. бюллетень ВНИИМК) 2018. Вып. 4 (176). С. 118-121.
7. Некоторые аспекты изучения коллекционных образцов кунжута в условиях севера Астраханской области / Р. К. Туз, Л. П. Подольная, М. Ш. Асфандиярова, А. Г. Дубовская, Е. О. Мигачева // Современные тенденции развития АПК: мат. Междунар. науч.-практ. конф. ФГБНУ ПНИИЛЗ, 2016. С. 625-629.
8. Agada M., Jiriko R. Youth Participation in Sesame Production in Gwer West Local Government Area of Benue State // Nigeria. 2020. V. 7 (3). P. 109-117.
9. Atibita E. N. O. Diversite de l'entomofaune floricole de Sesamum indicum (L.) 1753 (Pedaliaceae) et son impact sur les rendements fruitiers et grainiers a Bambui (Nord-Ouest, Cameroun) 2016. V. 10 (1). P. 106-119.
10. Boureima S. Amelioration varietale du sesame (Sesamum indicum E.) par mutation induite: effet de la mutagenese sur la tolerance a la secheresse et la productivite // Sciences Biologiques Appliquees. Belgium. Ghent University, 2012. 194 p.
11. Boureima Seyni. S. M. A. El Tets des apports d'engrais mineraux sur la croissances. la productivite et la rentabilite economique du sesame dans le centre sud du Niger. 2021. 12 p.
12. Hama O. Evaluation des systemes d'irrigation des cultures de Abelmoschus esculentus (L.) Moench et Cucumis sativus L. sur le site maraicher de Bougoum. Au 5 eme arrondissement de Niamey (Niger. Afrique de l'Ouest) // Agronomie Africaine. 2018. V. 30 (1). P. 29-44.
13. Sene B. Synthese des connaissances et quelques acquis de recherche sur le sesame (Sesamum Indicum L.) au Senegal // International Journal of Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 12 (3). P. 1469-1483.

Информация об авторах

Оконов Мутул Максимович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» (г. Элиста, ул. Пушкина, 11).

Петров Николай Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26).

Батыров Владимир Александрович, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» (г. Элиста, ул. Пушкина, 11).

Оросов Санан Альбертович, старший преподаватель кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (г. Элиста, ул. Пушкина, 11).

Бериков Дорджи Олегович, магистр кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (г. Элиста, ул. Пушкина, 11).

Абдул Азиз Омар Саад, аспирант кафедры агрономии ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова» (г. Элиста, ул. Пушкина, 11).

METHODOLOGICAL APPROACH TO THE STUDY OF POTATO BIOPRODUCTIVITY IN THE ZONE OF INFLUENCE OF FOREST BELTS OF THE LOWER VOLGA REGION

O. V. Ruleva¹, Z. M. Kazieva²

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

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 22.01.2023

Submitted 02.03.2023

Abstract

Introduction. Geographical features of the location of the Lower Volga region in the arid climatic zone predetermined the availability of agricultural land with an abundance of heat and solar radiation. The limiting factor in the development of plant crops is uneven and insufficient moisture. According to the availability of precipitation, the Lower Volga region belongs to the zone of risky agriculture. The combination of high temperatures and low relative humidity with frequent winds leads to the development of dust storms and dry winds, which adversely affect yields. In the context of global climate change, to rationalize agriculture, it is necessary to apply the principles of protective afforestation, since forest belts have a positive impact on the growth and yield of agricultural crops, together with irrigation. The purpose of the study is to determine the influence of the forest belts system on potato bioproductivity by the dynamics of growth functions. **Object.** The object of the study was the agroecosis of potatoes of german and dutch selection – Jewel, Colombo, Arizona, formed on irrigated lands under the influence of protective forest belts (FB). **Materials and methods.** The research was carried out in 2021-2022 in the Astrakhan region Kharabalinsky district in the farm Timofeev S.V., in the Volgograd region in the village of Maisky IP Savostin M.A. Irrigation was carried out by drip, field moisture capacity was maintained at 80-85% NV. Phenological observations were carried out in the phases of germination – budding - flowering in threefold repetition. Since at different distances from the studied field, forest belts have different effects on the phenological development of agricultural crops, observations were carried out at sites 2.5H; 5 H; 10 H; 15 H, distances multiple of the height of the forest belt. The taxational and reclamation assessment of the state of the forest belt took into account the breed composition, age, height, number of rows, width of the belt, distance between rows and trees, design and spatial orientation on the terrain. The influence of reclamation protective forest belts on the microclimate of irrigated fields was also studied in the studies. **Results and conclusion.** Thus, the applied methodological approach in the study of potato bioproductivity in the zone of influence of forest belts of the Lower Volga region allowed us to identify a number of patterns. In the arid conditions of the Lower Volga region, protective forest plantations have a multicriteria effect on the bioproductivity of potato agroecosis. It is established that the impact of the system of forest belts is closely related to the formation of the microclimate at different distances from the FB. As you move away from the forest belt, the soil temperature increases, there is an increase in air humidity, especially during dry seasons. The obtained wind speed data at the research objects showed a decrease in speed and negative impact. Observations of the development of biometric characteristics of potatoes cultivated in fields protected by forest belts revealed that the dynamics of the phases of development varies with distance from the forest belt. There was an advance in the timing of the passage of phenological phases, in comparison with potatoes growing at a distance of 10-15 H from the forest belt.

Key words: potato, bioproductivity, forest strips, microclimate, irrigation, reclamation effect.

Citation. Ruleva O. V., Kazieva Z. M. Methodological approach to the study of potato bioproductivity in the zone of influence of forest belts of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 106-114 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-10.

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

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

УДК 635.21:631.67(470.44/47)

**МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ
БИОПРОДУКТИВНОСТИ КАРТОФЕЛЯ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛЕСНЫХ ПОЛОС
НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ**

О. В. Рулева¹, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
З. М. Казиева², преподаватель

¹ФГБНУ Всероссийский НИИ орошаемого земледелия, г. Волгоград²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Россия, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 22.01.2023

Дата принятия к печати 02.03.2023

Актуальность. Географические особенности расположения Нижнего Поволжья в аридной климатической зоне предопределили обеспеченность сельскохозяйственных земель обилием тепла и солнечной радиацией. Лимитирующим фактором развития растительных культур является неравномерное и недостаточное увлажнение. По обеспеченности осадками Нижневолжский регион относится к зоне рискованного земледелия. Совокупность высоких температур и низкой относительной влажности с суховейными ветрами приводит к пагубному влиянию на урожайность. В условиях глобального изменения климата для рационализации земледелия необходимо применять ресурсосберегающие технологии, в том числе принципы защитного лесоразведения, поскольку лесные полосы оказывают положительное мелиоративное воздействие на рост и урожайность сельскохозяйственных культур. **Цель исследований** – определение мелиоративного влияния системы лесных полос на биопродуктивность картофеля по динамике ростовых функций. **Объект.** Объектом исследования является картофель немецкой и голландской селекции – Джувел, Коломбо, Аризона, формируемый под влиянием защитных лесных полос (ЛП) на орошаемых землях. **Материалы и методы.** Исследования проводились в 2021-2022 году в Астраханской области Харабалинском районе в КФХ Тимофеев С. В., в Волгоградской области в п. Майский ИП Савостин М. А. Полив осуществлялся капельным путем, полевую влагоемкость поддерживали на уровне 80-85 % НВ. Фенологические наблюдения проводили в фазах всходы – бутонизация - цветение в трехкратной повторности. Поскольку на различных расстояниях от исследуемого поля лесополосы не одинаково влияют на фенологическое развитие сельскохозяйственных культур, наблюдения проводились на участках 2,5Н; 5Н; 10Н; 15Н, расстояниях, кратных высоте лесной полосы. Таксационно-мелиоративную оценку состояния лесной полосы проводили по следующим характеристикам: видовому составу, возрасту, количеству рядов, высоте и ширине полосы, расстоянию между рядами и деревьями, пространственной ориентации на местности. Также в исследованиях изучалось влияние мелиоративных защитных лесных полос на показатели микроклимата орошаемых полей. **Результаты и выводы.** В аридных условиях Нижнего Поволжья полезащитные лесные насаждения оказывают многокритериальное влияние на биопродуктивность агроценоза картофеля. Установлено, что воздействие системы лесных полос тесно связано с формированием микроклимата на разном расстоянии от ЛП. По мере удаления от лесополосы температура почвы увеличивается, особенно во время суховеев. Полученные данные скорости ветра на объектах исследования показали снижение интенсивности ветрового потока в приземном слое и негативного ветроломного влияния. Наблюдения за развитием биометрических характеристик картофеля, возделываемого на полях защищенных лесными полосами, выявили, что по мере удаления от лесной полосы динамика фаз развития различна. Отмечено опережение в сроках прохождения фенологических фаз, в сравнении с картофелем, произрастающим на удалении 10-15Н от лесной полосы.

Ключевые слова: биопродуктивность картофеля, лесные полосы, условия возделывания картофеля, орошение картофеля.

Цитирование. Рулева О. В., Казиева З. М. Методологический подход при исследовании биопродуктивности картофеля в зоне влияния лесных полос Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 106-114. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-10.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиоративный эффект лесных полос на сельскохозяйственных угодьях проявляется в защитной функции растений от неблагоприятных природных факторов, что в свою очередь оказывает положительное влияние на рост и развитие посевов, а также способствует сохранению плодородия почв, получению более высоких и устойчивых урожаев [1, 2, 6]. Защитная функция лесных полос действует круглогодично и особенно проявляется в вегетационный период формирования агроценозов [7, 8, 12]. Защитные лесные полосы выступают термодинамической преградой на пути ветрам, снижая скорость и преобразовывая их структуру. Изменения в ветровом режиме влечет за собой преобразование других основных элементов микроклимата, в первую очередь влажности воздуха, температуры и испарения влаги с поверхности почвы. Правильное размещение лесных полос и их соотношение с полями севооборотов от 1,5 до 8,0 % совместно с капельным орошением, снижают и предотвращают губительное воздействие дефляционных и эрозионных процессов [5]. Необходимость применения комплекса мероприятий, направленных на повышение плодородия сельскохозяйственных земель Нижнего Поволжья, предопределило активное внедрение в 60-70 годах прошлого столетия научно-технических разработок в области орошаемого земледелия и создания защитных лесных массивов.

В Волгоградской области 73 тысячи гектаров отведено под полезащитные лесные полосы, в том числе созданные в виде линейных посадок на границах полей севооборотов [11]. В Астраханской области процент лесных массивов составляет 5,3 от общей площади области. Большая часть лесного фонда составляют искусственные насаждения, выполняющие защитные функции. Лесные массивы естественного происхождения произрастают вдоль Волго-Ахтубинской поймы и в дельте р. Волга [3]. Защитные лесные насаждения занимают небольшую площадь сельскохозяйственной территории Нижневолжского региона, однако являются самыми экологически и экономически выгодными способами защиты экосистемы.

В современных условиях изучение влияния защитных лесных полос на биопродуктивность выращиваемых сельскохозяйственных культур является актуальным как на богарных, так и на орошаемых землях [10].

Целью исследования является определение закономерностей мелиоративного влияния системы лесных полос на биопродуктивность картофеля по динамике ростовых функций.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2021-2022 гг. на степных агроландшафтах Астраханской области Харабалинского района на землях КФХ Тимофеев С. В., в Волгоградской области в п. Майский ИП Савостин М. А. В период произрастания за посадками картофеля осуществлялся уход, включающий прополку, окучивание и опрыскивание растений от вредителей. Дефицит увлажнения пополнялся за вегетационный период поливами, которые осуществлялись капельным путем. Полевую влагоемкость поддерживали на уровне 80-85 % НВ, что позволило регулировать естественный режим влажности почвы в нужном пределе. Границы агрофитоценозов устанавливались по площади, облесенной ЛП. Рекогносцировка намечалась перпендикулярно ЛП по трансекте на расстоянии между рядами 50-55 см.

Фенологические наблюдения проводили в фазах всходы – бутонизация - цветение в трехкратной повторности. Поскольку на различных расстояниях от исследуемого поля лесополосы не одинаково влияют на фенологическое развитие сельскохозяйственных культур, наблюдения проводились на участках 2,5Н; 5Н; 10Н; 15Н, расстояниях, кратных высоте лесной полосы.

Таксационно-мелиоративную оценку состояния лесной полосы проводили по следующим характеристикам: видовому составу, возрасту, количеству рядов, высоте и ширине полосы, расстоянию между рядами и деревьями, пространственной ориентации на местности. Также в исследованиях изучалось влияние мелиоративных защитных лесных полос на показатели микроклимата орошаемых полей.

Результаты и обсуждение. Для изучения растительных объектов, в том числе агроценоза картофеля, применен системный подход, который основан на «фактических» эмпирических данных. Агроценозы динамичны, поэтому изучение их состояния за период вегетации основано на многокритериальной оценке. Упростить задачу можно с помощью создания математической модели. Для расчетов влияния лесных полос на прилегающие агроценозы отбираются фактические данные в полевых условиях по фазам развития растений и описываются в виде математических зависимостей.

Коренное отличие агроэкосистем, развивающихся под воздействием лесомелиорации на орошаемых землях, – это стабильность в развитии и относительная устойчивость, то есть оптимальные условия функционирования. Раскрытие механизма функционирования и развития агроценозов в оптимальных условиях поможет в управлении, принятии конкретных решений для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур, в предсказуемости и легкости выращивания культур под влиянием лесополос [4]. Схематичная организация исследований и управления агролесосистемами представлена на рисунке 1.

Методология исследований агроценозов на орошаемых землях в системе лесных полос основана на биологическом подходе, основоположником которого является Карл Пирсон (1857-1936) – основатель биометрии. В основе биометрии лежат эмпирические данные. Схема организации исследований по биопродуктивности состоит из трех частей: экосистемы межполосной клетки с лесной полосой, факторов микроклимата, влияющих на развитие агроценоза, а также математического моделирования, основанного на теории и закономерностях развития биологических объектов – сельскохозяйственных культур. Данный подход позволяет свести все измерения сельхозкультур от высоты растения до суточных приростов фотосинтетического потенциала по фазам развития.

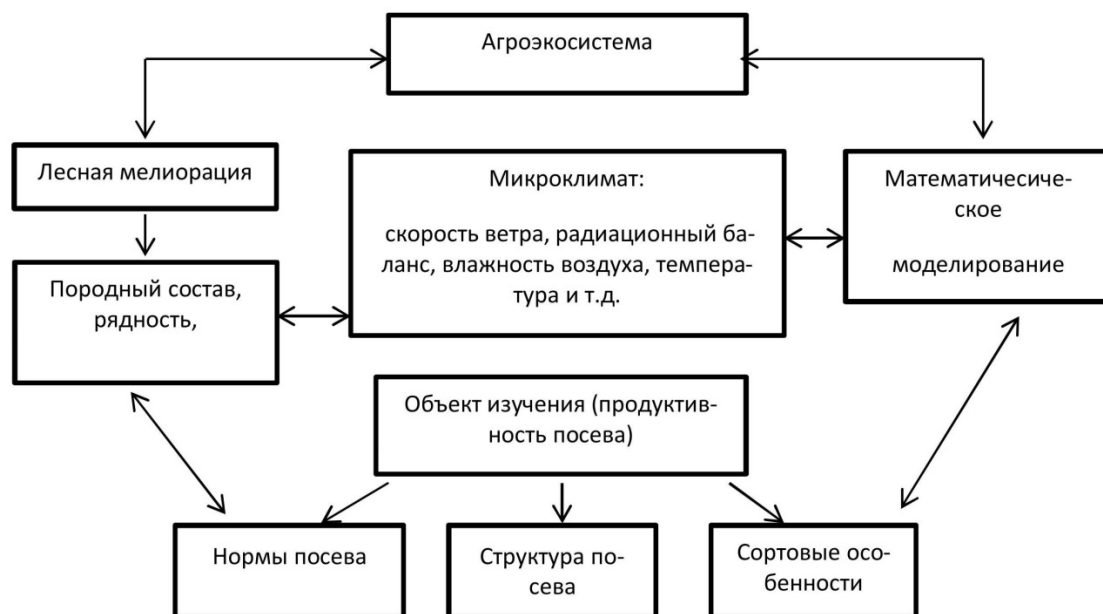


Рисунок 1 – Схема организации исследований и управления агролесосистемами

Figure 1 – Scheme of organization of research and management of agroforestry systems

Методологический подход позволяет изучать агроценозы параллельно с теоретическим обоснованием и построением моделей системы.

Таксационно-мелиоративная оценка, проводимая в Астраханской области, позволила выявить, что лесная полоса заложена перпендикулярно юго-восточному ветру. Лесные насаждения отличаются скудным разнообразием и в основном представлены вязом приземистым (*Ulmus laevis.*), встречается поросль в небольшом количестве – 10-15 %. Лесные полосы двурядные, имеют ажурно продуваемую конструкцию, длина опытной лесной полосы составила 150 метров. Расстояние между рядами – 3 м, между деревьями в ряду – 2,70-2,85 м. Возраст насаждений – 48-50 лет. Относительная высота насаждений – 16 метров, средний диаметр ствола деревьев составляет 25 см.

Таксационные исследования в п. Майском Советского района Волгоградской области показали, что защитная лесная полоса расположена на западной стороне от орошаемого поля, 12 рядная. Доминирующим видом является вяз приземистый (*Ulmus pumila L.*), уплотнена смородиной золотой (*Ribes aureum*). Возраст посадки – 44 года, расстояние между рядами – 3х1 м. Высота полосы – 10 м, диаметр ствола в среднем – 23 см. Конструкция плотная.

Типичной особенностью климата Волгоградской и Астраханской областей является активный ветровой режим в течение всего года. Измерения скорости ветра были проведены в период всходы – бутонизация – цветение. На объекте, расположенном в Волгоградской области, преобладали ветра северо-западных румбов. В Астраханской области – ветры восточного и юго-восточного направления. Анализ динамики скорости ветра позволил выявить ряд закономерностей. В п. Майском Волгоградской области показатели ветрового режима увеличивались с удалением от лесной полосы. Минимальных значений принимало на высоте 2,5 Н, максимальная скорость зафиксирована на высоте 15 Н и далее. Ветрозащитная функция лесной полосы отмечена на расстоянии до 10Н. Наблюдения в Астраханской области показали, что у лесной полосы и на расстоянии 2,5Н скорость ветра характеризовалась небольшими показателями, в среднем до 2,5 м/с. Усиление ветровой динамики наблюдалось на расстоянии 5Н от лесной полосы и достигало максимальных значений на высоте 15Н и далее. На обоих объектах исследования было выявлено, что во время всходов влияние ветра проявлялось на высоте 10Н, 15Н. В период завершения цветения – увядания ботвы стебли начали стелиться по полю и скорость ветра – 5 м/с – не оказывала существенного влияния на их ростовую функцию. В таблице 1 приведены усреднённые показатели скорости ветра на опытных полях.

Таблица 1 – Средние показатели скорости ветра, м/с за вегетационный сезон

Table 1 – Average wind speed, m/s for the growing season

Расположение опытного поля	0 (ЛП)	2,5Н	5Н	10Н	15Н	Контроль
п. Майский Волгоградская область	1.6	1.9	2.6	2.6	3.1	3.6
с. Сасыколи Астраханская область	1.95	2.5	5.3	6.5	7.2	7.5

По биологическим свойствам культура картофеля приспособлена к узкому диапазону температуры почв. Верхней границей является температура в 30 °С при ее превышении происходит ухудшение работы фотосинтетического аппарата задержка в образовании клубней. Проведенные наблюдения выявили, что при удалении от лесополосы температура почвы увеличивалась. В период проведения исследования в весенний

сезон наблюдалось понижение температуры воздуха ночью до 6°C , в летний период отмечено увеличение количества суток с высокими температурами воздуха до 28°C и отсутствием осадков. Сумма эффективных температур воздуха, полученная за вегетационный период растениями картофеля, составила 1798°C . Измерения температуры почвы показали, что данные значения не превышали критические, все это благоприятно сказывалось на росте и развитии клубней. В зоне влияния лесных полос наблюдается повышение влажности воздуха, особенно во время суховея. В весенний период ночью и ранним утром на участках, защищенных лесополосами, наблюдается выпадение росы (рисунок 2).

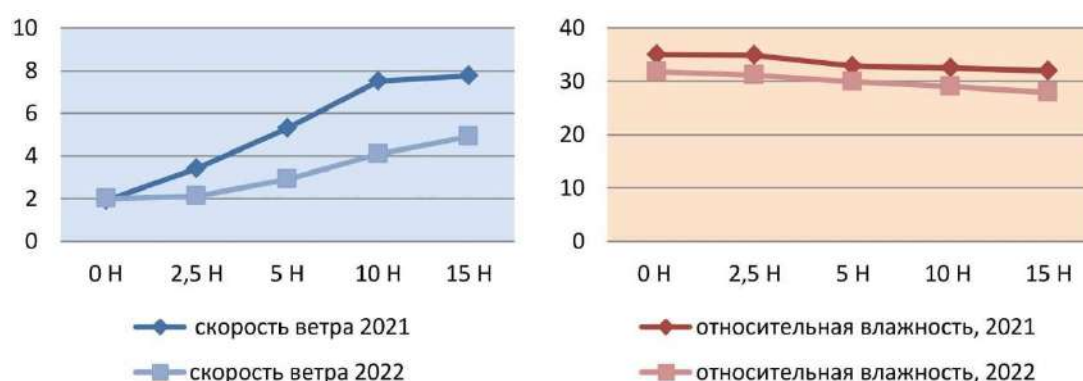


Рисунок 2 – Динамика показателей скорости ветра и относительной влажности воздуха за вегетационный сезон на разных расстояниях от лесной полосы

Figure 2 – Dynamics of wind speed and relative humidity indicators for the growing season at different distances from the forest strip

Однако сочетание всех этих факторов не гарантирует получения высоких урожаев, если не учитывать биологических особенностей выращиваемой культуры. Анализ биометрических показателей растений, таких как высота растений, количество стеблей и листьев позволяет выявить корреляционные связи между этими показателями и влиянием на них мелиоративной защитной лесной полосы и урожайностью культуры.

Исследования по оценке биометрических параметров были проведены на разных сортах картофеля в разные фазы вегетации (таблица 2).

Таблица 2 – Биометрические характеристики картофеля на разном расстоянии от ЛП

Table 2 – Biometric characteristics of potatoes at different distances from the FB

Период вегетации	Среднее значение высоты стебля (см) на расстоянии от ЛП, Н				
	2.5	5	10	15	контроль
<i>Аризона, срок вегетации 70-75 дней</i>					
Всходы	2,3	2,2	2,1	1,8	1
Бутонизация	20	19,3	17,7	16	12,8
Цветение	53,2	52	49,1	47	44,2
<i>Джувел, срок вегетации 50-65 дней</i>					
Всходы	9,2	9	8,3	6,4	4,3
Бутонизация	26,3	21	18,2	17,2	14,8
Цветение	50,1	48,6	46	44,8	42,7
<i>Коломбо, срок вегетации 55-65 дней</i>					
Всходы	5,7	5,4	4,8	4,1	2,2
Бутонизация	14,8	13,4	11,7	10,2	8,1
Цветение	49,4	48,2	46,5	43,6	41,2

Биометрические характеристики картофеля на разном расстоянии от ЛП показали, что вблизи лесной полосы всхожесть картофеля была динамичнее, чем на контроле, наблюдается опережение в сроках прохождения фенологических фаз, в сравнении с картофелем, произрастающим на удалении 10-15Н от лесной полосы. Анализ прироста высоты стеблей картофеля в течение вегетации на разном расстоянии от ЛП также подтвердил благотворное влияние защитных лесных полос. Прирост стебля на всех расстояниях от ЛП больше, чем на контроле.

Полученные аналитические данные позволяют применять прогностическую модель функционирования орошаемых агроценозов на основе показателей ростовых функций картофеля. Проведя обработку экспериментальных данных при помощи программы Statistica 10.0, выявили, что пространственное влияние лесных полос за вегетационный период можно описать уравнением экспоненциального вида: $y = a \cdot e^{-bx}$, где y – высота растений картофеля Джувел, x – расстояние от лесной полосы, a , b – коэффициенты, определяющие наклон и изгиб экспоненты (рисунок 3). Зависимость высоты растения от расстояния до ЛП представлена функцией вида $y = 65.9 \cdot \exp(-0,0214 \cdot x)$. Коэффициент корреляции показывает функциональную связь между высотой стеблей картофеля и расстоянием до ЛП ($r = 0,7$).

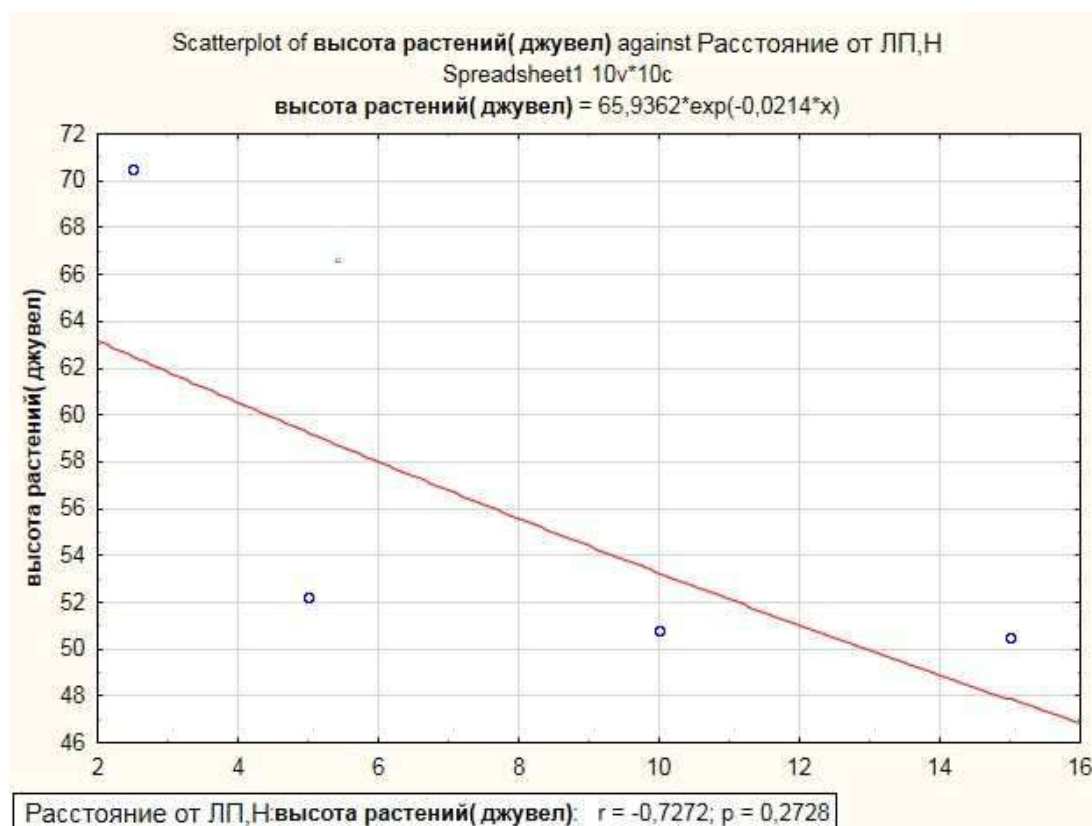


Рисунок 3 – Динамика роста картофеля на разном расстоянии от ЛП

Figure 3 – Dynamics of potato growth at different distances from the FB

Математический анализ подтверждает, что защитные лесные насаждения благотворно влияют на ростовые процессы агроценоза картофеля, адаптируя на межполосной системе строго от расстояния до ЛП по экспоненциальной зависимости, а методологический подход позволяет контролировать развитие растений на этапе роста и получать стабильный урожай.

Выводы. Таким образом, применённый методологический подход в исследовании биопродуктивности картофеля в зоне влияния лесных полос Нижнего Поволжья позволил выявить ряд закономерностей. В аридных условиях Нижнего Поволжья защитные лесные насаждения оказывают многокритериальное влияние на биопродуктивность агроценоза картофеля.

Установлено, что воздействие системы лесных полос тесно связано с формированием микроклимата на разном расстоянии от ЛП. По мере удаления от лесополосы температура почвы увеличивается, особенно во время засух. Полученные данные ветрового режима на объектах исследования показали снижение скорости ветра и негативного ветроломного влияния.

Наблюдения за развитием биометрических характеристик картофеля, возделываемого на полях, защищенных лесными полосами, выявили, что по мере удаления от лесной полосы динамика фаз развития различна. Отмечено опережение в сроках прохождения фенологических фаз в сравнении с картофелем, произрастающим на удалении 15 м от лесной полосы. Разница в высоте растений очевидна, прирост стебля на всех расстояниях от ЛП больше, чем на контроле, за счет лучших микроклиматических условий в зоне мелиоративного влияния лесных полос.

Математическая модель экспоненциальной зависимости ростовых процессов агроценоза картофеля от расстояния до ЛП, показала, что защитные лесные насаждения положительно влияют на биопродуктивность картофеля.

Библиографический список

1. Агроэкологическая оценка перспективных сортов картофеля и особенности агротехники на светло-каштановых почвах Волгоградской области / А. Е. Новиков, А. А. Новиков, О. Г. Гиченкова, К. А. Родин, Ю. А. Лаптина // Известия НВ АУК. 2022. № 3 (67). С. 14-24.
2. Кузьмин Н. А., Сандин В. Г., Кузьмина И. А. Влияние комплексных микроудобрений и способов их использования на качество урожая картофеля // Вестник Рязанского государственного агроэкологического университета им. П. А. Костычева. 2017. № 1 (33). С. 22-29.
3. Кутлусурина Г. В., Токарева А. А. Почвенно-гидрологическая характеристика Астраханской области для обоснования мелиоративного районирования // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2016. № 2 (22). С. 128-147.
4. Рулева О. В. Модель продукционного процесса сельскохозяйственных культур в орошаемых агроландшафтах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 3 (35). С. 62-68.
5. Рулева О. В., Веденеева В. А. Особенности развития орошаемого агрофитоценоза картофеля, выращиваемого под влиянием лесных полос // Орошаемое земледелие. 2020. № 4. С. 28-32.
6. Рулев А. С., Ткаченко Н. А. Лесомелиорация агроландшафтов в изменяющихся региональных условиях климата // Экологические аспекты использования земель в современных экономических формациях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград, 2017. С. 16-22.
7. Служба природопользования и охраны окружающей среды Астраханской области. <http://old.nat.astrobl.ru/stranica-sayta/lesnoy-plan>.
8. Forecasts sumption and analysis of the development of protectiveaf forestation in the Volgograd region / K. N. Kulik, A. T. Barabanov, A. S. Manaenkov, A. K. Kulik // Studies on Russian Economic Development. 2017. V. 28. № 6. P. 641-647.
9. Mikhin V. I., Taniykevich V. V., Mikhina E. A. Growth and ameliorative role of protective plantation in conditions of forest-steppe zone // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. V. 595. 012045.
10. Processing of specific growth of various potato varieties under drip irrigation in Lower Volga region / N. N. Dubenok, V. V. Melikhov, A. A. Novikov, D. A. Bolotin, D. I. Vasilyuk // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 624. 012014.

11. Sarychev A. N. Peculiarities of ecological conditions for the formation of spring barley bioproductivity in the arid zone of Volgograd oblast on lands exposed to deflation // *Arid Ecosystems*. 2018. V. 8. No 2. P. 129–134.

12. Study of forest strip systems agrolandscapes structure / V. M. Ivonin, I. V. Voskoboinikova, E. Yu. Matvienko, A. A. Kaklyugina // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020. V. 574. 012034.

Информация об авторах

Рулева Ольга Васильевна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-7343-4227, e-mail: ov_ruleva@vniioz.ru.

Казиева Зульфия Муратовна, преподаватель ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (Волгоградский ГАУ) (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), ORCID: 0000-0001-8202-0387 e-mail: zraskalieva@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-11

INDICATORS OF THE RECLAMATION CONDITION OF IRRIGATED LANDS OF THE VOLGOGRAD REGION

S. Y. Semenenko, A. E. Novikov

FGBNU "All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture" Volgograd

Received 26.01.2022

Submitted 23.02.2023

Abstract

Annotation. The updated state of irrigated lands in the area of operation of state irrigation systems located on the territory of the Volgograd region is described. The influence of the initial soil and climatic characteristics of the zones where irrigation systems are located on the degree and nature of the negative impact on irrigated lands is determined. The assessment is presented on the basis of statistical, field and data of the hydrogeological and meliorative batch of the Federal State Budgetary Institution "Management "Volgogradmeliovodkhoz". **Relevance.** The purpose of using irrigated agriculture is to increase the productivity of agricultural crops by 2-4 times compared to rain-fed conditions. This requires the intensification of the production processes of their cultivation by creating favorable conditions for moistening the soil profile, obtaining a soil colloidal substrate with an increased degree of digestibility by the root system of plants, and, at the same time, providing breathing conditions. In the process of irrigation, there is a change in indicators characterizing the reclamation state of irrigated lands, and quite often, not for the better. Monitoring of the geo-irrigation situation of territories with a high level of use of irrigated lands is necessary for the prompt adoption of a compensatory control effect. **The purpose of the research.** To identify patterns of spatial variability of indicators of land reclamation status depending on the territorial specifics of the functioning of irrigated land use and their relationship with geomorphological zoning and the type of soil cover. **An object.** The object of the study is the indicators of the reclamation state of irrigated soils: the level of groundwater occurrence and their mineralization, salinity and salinity of soils, their territorial location and quantity. **Materials and methods.** The research methodology consists in the use of general scientific methods of generalization and analysis, generally accepted methods of field research, modern technologies of statistical processing and data visualization. **Results and conclusions.** Numerical values and territorial distribution of irrigated lands of the Volgograd region are obtained according to indicators characterizing their reclamation state with reference to irrigation systems and initial indicators of soil characteristics. It was found that in 2021, the area of irrigated land in the Volgograd region with a groundwater level below 5 m amounted to 76.6%. The mineralization of groundwater on the territory of irrigated lands is different: the area with a mineralization of less than 1 g/l is 58681 ha, with a mineralization of 1-3 g/l – 56183 ha, more than 3 g/l – 63976 ha. In the long-term dynamics, there was a decrease in areas with a minimum level of mineralization. The reason for the positive changes is the reduction of the irrigated area, reduction of water load, more rational use of water resources based on the use of drip irrigation by agricultural producers, as well as less costly water-charging irrigation when cultivating winter crops.

Key words: *irrigation, reclamation condition, groundwater, salinization, soil cover, irrigation system, geomorphological zoning.*

Citation. Semenenko S. Y., Novikov A. E. Indicators of the reclamation condition of irrigated lands of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 114-123 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-11.

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

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

УДК 631.67

ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛИОРАТИВНОГО СОСТОЯНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
главный научный сотрудник

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

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

Дата поступления в редакцию 26.01.2022

Дата принятия к печати 23.02.2023

Аннотация. Описано актуализированное состояние орошаемых земель в зоне действия государственных оросительных систем, расположенных на территории Волгоградской области. Определено влияние исходных почвенных и климатических характеристик зон нахождения оросительных систем на степень и характер негативного воздействия на орошаемые земли. Оценка представлена на основе статистических, полевых и данных гидрогеолого-мелиоративной партии ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз».

Актуальность. Целью использования орошаемого земледелия является повышение продуктивности сельскохозяйственных культур в 2-4 раза по сравнению с богарными условиями. Это требует интенсификации продукционных процессов их выращивания за счёт создания благоприятных условий увлажнения почвенного профиля, получения почвенного коллоидного субстрата с повышенной степенью усвояемости корневой системой растений, и, в то же время, обеспечение условий дыхания. В процессе орошения происходит изменение показателей, характеризующих мелиоративное состояние орошаемых земель, и довольно часто не в лучшую сторону. Для оперативного принятия управляющего компенсационного воздействия необходим мониторинг геоиригационной обстановки территорий с высоким уровнем использования орошаемых земель. **Цель исследований.** Выявить закономерности пространственной изменчивости показателей мелиоративного состояния в зависимости от территориальной специфики функционирования орошаемого землепользования и их взаимосвязь с геоморфологическим районированием и типом почвенного покрова. **Объект.** Объектом исследования являются показатели мелиоративного состояния орошаемых почв: уровень залегания грунтовых вод и их минерализация, солончатость и засоление почв, их территориальное размещение и количество. **Материалы и методы.** Методология исследования заключается в использовании общенаучных методов обобщения и анализа, общепринятых методик полевых исследований, современных технологий статистической обработки и визуализации данных. **Результаты и выводы.** Получены численные значения и территориальное распределение орошаемых земель Волгоградской области по показателям, характеризующим их мелиоративное состояние с привязкой к оросительным системам и исходным показателям почвенных характеристик. Установлено, что в 2021 г. площади орошаемых земель в Волгоградской области с уровнем залегания грунтовых вод ниже 5 м составили 76,6 %. Минерализация грунтовых вод на территории орошаемых земель различна: площадь с минерализацией менее 1 г/л

составляет 58 681 га, с минерализацией 1-3 г/л – 56 183 га, более 3 г/л – 63 976 га. В многолетней динамике произошло уменьшение площадей с минимальным уровнем минерализации. Причина положительных изменений заключается в сокращении орошаемой площади, уменьшении водной нагрузки, более рациональном использовании водных ресурсов, основанном на применении сельхозпроизводителями капельного орошения, а также менее водозатратных влагозарядковых поливов при возделывании озимых культур.

Ключевые слова: мелиоративное состояние земель, грунтовые воды, засоление почв, почвенный покров, геоморфологическое районирование.

Цитирование. Семененко С. Я., Новиков А. Е. Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 114-123. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-11.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении, анализе и визуализации данных исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мелиоративное состояние орошаемых земель находится под суммарным воздействием исходных почвенных характеристик, которые, в свою очередь, зависят от геоморфологического районирования, текущих погодных и антропогенных условий, что может негативно сказаться на всех типах почв [1, 3, 4, 6, 10].

На всех этапах освоения мелиорированных земель присутствуют как нерегулируемые, так и регулируемые воздействия. К нерегулируемым параметрам относятся климатические, геологические и почвенно-топографические условия. Регулируемые воздействия рассчитываются с целью максимальной их адаптации к нерегулируемым для получения максимального экономического и экологического эффекта, и здесь единственным регулятором является человеческий фактор. Его влияние начинается уже с идеи орошения, определения места расположения оросительной системы, выбора способа и техники полива, определения водной нагрузки и практической реализации поливов. Ошибки на любом этапе реализации проекта могут привести к необратимым негативным процессам ухудшения показателей мелиоративного состояния орошаемых земель.

В связи с этим неизбежным и единственно правильным методом наблюдения является экологический мониторинг качественного состояния орошаемых земель. Результаты экологического мониторинга оформляются в виде Мелиоративного кадастра состояния орошаемых земель, служащего основанием для оперативного планирования технических, агромелиоративных, организационных, финансовых и других мероприятий, направленных на минимизацию или исключение негативного воздействия регулируемых параметров.

Систематический мониторинг за качеством орошаемых земель является задачей государственного значения, и поэтому он проводится на всех орошаемых землях, которые обеспечиваются водой из государственных оросительных систем (ГОС). Эта проблема актуальна как для РФ, так и для стран с аридным климатом [8, 12, 14, 16].

Оросительные мелиорации в Волгоградской области, начатые в дореволюционный период, наибольшее развитие получили после 1960 года. На сегодняшний день на территории области функционирует 17 государственных оросительных и оросительно-обводнительных систем.

По почвенно-климатическому районированию в области выделено 5 зон, на территории которых оросительные системы расположены неравномерно.

Практически все государственные оросительные системы (ГОС) сосредоточены в сухостепной и полупустынной почвенно-климатических провинциях.

Наблюдения за мелиоративным состоянием орошаемых земель, находящихся в зоне обслуживания государственными оросительными системами, и их использованием проводится ФГБУ «Управление «Волгоградмелиоводхоз».

По состоянию на 01.01.2022 г. в зоне действия ГОС имеется в наличии 141 558,00 га, в том числе 205,70 га лиманного орошения. В зоне действия частных оросительных систем находится 37 252,00 га. Всего по области числится 178 840,00 га. В течение 2021 г. фактически поливалось: на ГОС – 36 763,14 га; на личных ОС – 15 312,90 га. Итого с учётом лиманного орошения поливалось 52 281,74 га.

По способам полива площадь орошаемых земель выглядит следующим образом: поверхностный полив – 1645,84 га; дождевание – 25 965, 00 га; капельное орошение – 24 240 га; прочие – 430,90 га.

Исходя из данных Кадастра мелиоративного состояния в настоящее время фактически поливается 29,2 % земель, имеющих в наличии. Земли в объёме 126 558,26 га являются разновозрастной залежью, представляют собой значимый потенциал для дальнейшего вовлечения их оборот. Волгоградскими учёными аграрного профиля выявлены объёмы не используемых ранее орошаемых земель и предложены методы вовлечения их в оборот [2, 5, 7, 9, 10].

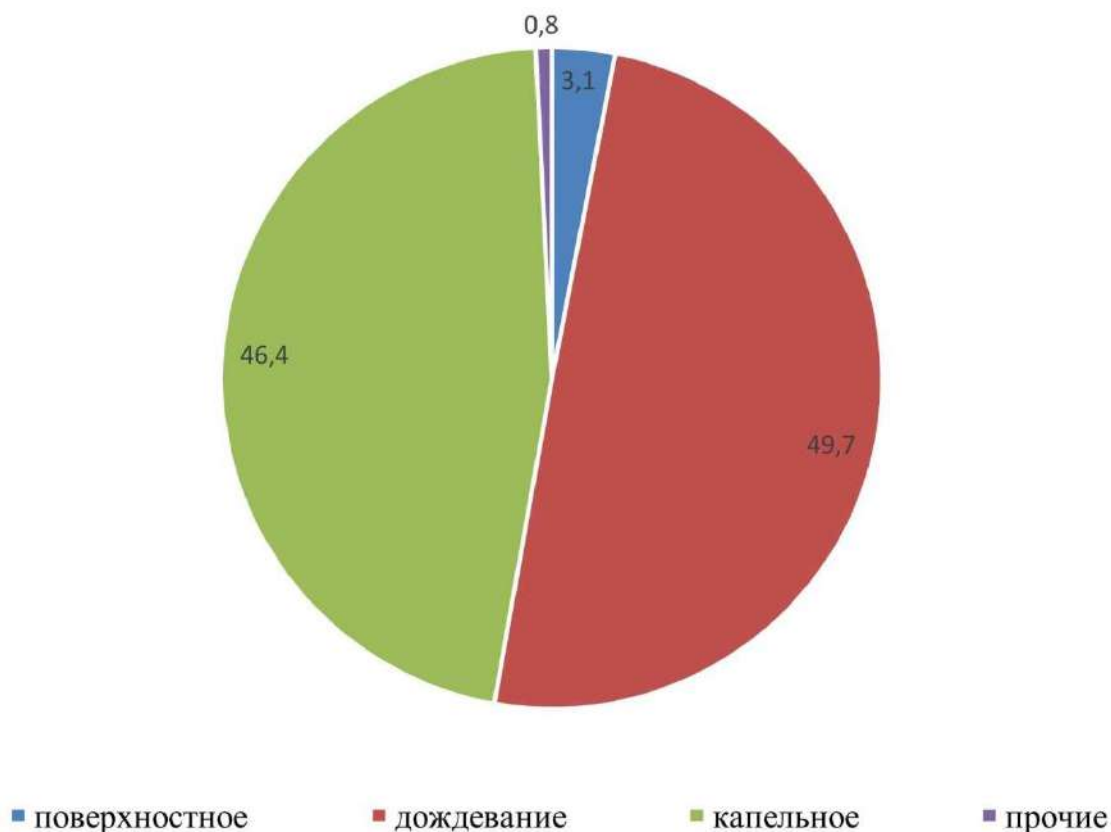


Рисунок 1 – Структура способов полива в Волгоградской области, %

Figure 1 – Structure of irrigation methods in the Volgograd region, %

На изменения мелиоративного состояния почв в процессе орошения, кроме способов и техники полива, значительное влияние оказывают геоморфологический район и тип почвенного покрова [11, 13, 15].

Представляем краткую характеристику почвенно-геологических условий расположения оросительных систем.

Степная зона Южно-Русской провинции представлена: черноземами южными и обыкновенными, слабо- и малогумусированными, мало- и среднемощными на тяжело- и среднесуглинистых карбонатных отложениях; аллювиально-луговыми насыщенными среднемощными, а также в комплексе с песками на глинистых и песчаных отложениях. В данной зоне, как правило, источником орошения является местный сток.

Сухостепная зона Южной части Приволжской возвышенности включает почвы: каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами на тяжело- и среднесуглинистых карбонатных отложениях; каштановые среднемощные на тяжело-, средне- и легкосуглинистых карбонатных отложениях; темно-каштановые среднемощные на средне- и легкосуглинистых отложениях, подстилаемых супесями. На данных территориях расположены следующие оросительные системы: Городищенская, Калачёвская, Оленьевская, система Иловлинского филиала.

В районе Северных Ергеней распространены: каштановые среднемощные в комплексе с солонцами глубокими; каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами средними; каштановые луговые маломощные на тяжело- и среднесуглинистых карбонатных отложениях. На данных территориях расположены Генераловская, Светлоярская, Котельниковская оросительные системы.

В Заволжской провинции, где расположены Большая Волгоградская, Заволжская, Кисловская, Среднеахтубинская, Ленинская, Тажинская, Палласовская оросительные системы, на Приволжской песчаной гряде располагаются почвы каштановые с различным строением: среднемощные на суглинистых и песчаных отложениях; солонцеватые в комплексе с солонцами средними на тяжело- и среднесуглинистых карбонатных отложениях; маломощные на средне- и легкосуглинистых отложениях, подстилаемых супесями; среднемощные на суглинистых отложениях; аллювиально-луговые насыщенные среднемощные на супесчаных отложениях.

В долине Волги, в полупустынной зоне, где простираются почвы аллювиально-луговые, насыщенные на слоистых отложениях, а также каштановые маломощные в комплексе с солонцами глубокими и светло-каштановые солонцеватые в комплексе с солонцами средними на тяжело- и среднесуглинистых карбонатных отложениях, располагается Волго-Ахтубинская оросительная система.

На состояние уровня грунтовых вод большое влияние оказывают интенсивность и вид использования орошаемых земель. В 2001 году, судя по результатам мониторинга, площади орошаемых земель с УГВ глубже 5 м отсутствовали, а в 2021 г. составили 76,6 % площади орошения (таблица 1). Причина резкого снижения УГВ заключается в сокращении орошаемой площади более рациональным использованием водных ресурсов, переходе на научно-обоснованный водный режим почв, использование капельного орошения, а также использованием маловодозатратных влагозарядковых поливов при возделывании озимых зерновых культур. Немаловажным является факт резкого снижения производства многолетних трав, выращивание которых связано с использованием «грузных» оросительных норм.

Территории с глубиной грунтовых вод 3-5 м составляют 17,9 %, и в большей степени характерны для Большой Волгоградской, Среднеахтубинской и Палласовской оросительных систем.

В настоящее время площади с критическим уровнем грунтовых вод (1,5-3 м) сохраняются только на Большой Волгоградской, Заволжской, Палласовской и Кисловской ОС, но доля таких земель не превышает 5,4 % площади орошаемых массивов. При этом наиболее динамично за двадцатилетний период произошли изменения УГВ на Кисловской ОС, где участки с УГВ 1-5 м резко сократились и перешли в категорию >5 м.

Таблица 1 – Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель
по глубине залегания грунтовых вод, тыс. га

Table 1 – Indicators of the reclamation status of irrigated lands by the depth of groundwater,
thousand hectares

Наименование оросительных си- стем	Общая площадь орошае- мых с/х угодий	Распределение орошаемых сельхозугодий по глубине залегания УГВ (м)					
		менее 1	1,0- 1,5	1,5-2,0	2,0-3,0	3,0-5,0	более 5
Большая Волго- градская	15,978	0,00	0,00	0,00	3,457	8,501	4,020
Волго- Ахтубинская	1,626	0,00	0,00	0,00	0,00	1,626	0,00
Волго-Донская	4,614	0,00	0,00	0,00	0,00	0,058	4,556
Генераловская	4,870	0,00	0,00	0,00	0,00	0,080	4,790
Городищенская	20,587	0,00	0,030	0,047	0,098	0,054	20,358
Заволжская	12,907	0,00	0,00	0,00	1,110	1,954	9,843
Иловатская	0,168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,168
Калачевская	7,131	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,131
Кисловская	7,483	0,00	0,00	0,00	0,108	0,781	6,594
Котельниковская	1,791	0,00	0,00	0,00	0,00	0,050	1,741
Ленинская	5,040	0,00	0,00	0,00	0,00	0,813	4,227
Оленьевская	2,680	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,680
Палласовская	11,596	0,00	0,00	0,324	0,274	3,984	7,014
Светлоярская	5,889	0,00	0,00	0,00	0,00	0,041	5,848
Среднеахтубин- ская	2,672	0,00	0,00	0,00	0,00	2,449	0,223
Тажинская	2,926	0,00	0,00	0,00	0,205	2,394	0,327
Отдельно распо- ложенная ОС, Иловлинский фи- лиал	3,900	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,900
Всего	178,840	0,00	0,030	0,371	9,362	32,025	137,052

Средне- и солонцеватые почвы в большей степени отмечены на орошаемых зем-
лях Городищенской и Калачёвской оросительных систем, а более 77 % почв – несолон-
цеватые (таблица 2).

Минерализация грунтовых вод на территории орошаемых земель различна:
площадь с минерализацией менее 1 г/л составляет 58 681 га, с минерализацией 1-3 г/л –
56 183 га, более 3 г/л – 63 976 га.

Орошаемые почвы Волгоградской области подвержены опасности вторичного
засоления, которое проявляется в основном на землях, на которых отсутствует дренаж.
Обеспеченность орошаемых земель дренажными системами, хотя и не в достаточном
объёме, наблюдается на территориях оросительных систем Заволжья. Наибольшая
обеспеченность дренажом имеется на следующих системах: Большая Волгоградская –
2359,0; Заволжская – 3665,0; Кисловская – 2191,0; Палласовская -2080,0 га.

В условиях плохой дренированности орошаемых территорий, исходной при-
родной засоленности подстилающих пород и критической глубине залегания (2-2,5 м)
минерализованных (5-7 г/л и более) грунтовых вод проявляются процессы втори-
чного засоления.

Таблица 2 – Распределение орошаемых земель по степени солонцеватости почв, га

Table 2 – Distribution of irrigated lands by degree of salinity of soils, ha

Наименование оросительных систем	Распределение орошаемых с/х угодий по степени солонцеватости почв		
	несолонцеватые	слабосолонцеватые	средне- и сильно-солонцеватые
Большая Волгоградская	14136,00	1154,00	688,00
Волго-Ахтубинская	1626,00	0,00	0,00
Волго-Донская	4473,00	92,00	49,00
Генераловская	2935,00	724,00	1211,00
Городищенская	12340,00	5103,00	3144,00
Заволжская	10888,00	1717,00	302,00
Иловатская	168,00	0,00	0,00
Калачевская	2231,00	1000,00	3900,00
Кисловская	6597,00	599,00	287,00
Котельниковская	1791,00	0,00	0,00
Ленинская	5040,00	0,00	0,00
Оленьевская	2680,00	0,00	0,00
Палласовская	3505,00	4382,00	3709,00
Светлоярская	2516,00	908,00	2465,00
Среднеахтубинская	2070,00	90,00	512,00
Тажинская	2689,00	137,00	100,00
Отдельно расположенная ОС, Иловлинский филиал	3900,00	0,00	0,00
Всего	138106,00	20812,00	19922,00

Общая площадь земель с признаками вторичного засоления на 01.01.21 г. составляет 2475,0 га, природным засолением – 11 058,0 га, что в сумме составляет 7,5 % от наличия земель и 21 % от фактически орошаемых. Процессы вторичного засоления наиболее интенсивно наблюдаются на территориях Светлоярской и Палласовской оросительных систем (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение орошаемых с/х угодий по степени засоленности почв, га

Table 3 – Distribution of irrigated agricultural lands by degree of soil salinity, ha

Наименование оросительных систем	Распределение орошаемых с/х угодий по степени засоленности почв в слое 0,00-1,00 м						
	незасоленные	слабо засоленные		средне засоленные		сильно и очень сильно засоленные (солончаки)	
		природно	вторично	природно	вторично	природно	вторично
1	2	3	4	5	6	7	8
Большая Волгоградская	15828,00	102,00	0,00	45,00	3,00	0,00	0,00
Волго-Ахтубинская	1626,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Волго-Донская	4341,00	0,00	273,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Генераловская	4775,00	95,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Городищенская	17579,00	2482,00	0,00	441,00	0,00	85,00	0,00
Заволжская	12677,00	230,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Иловатская	168,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Калачёвская	6933,00	65,00	0,00	133,00	0,00	0,00	0,00
Кисловская	7469,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,00	0,00
Котельниковская	1791,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6	7	8
Ленинская	4018,00	442,00	0,00	203,00	0,00	377,00	0,00
Оленьевская	2680,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Палласовская	8912,00	1514,00	483,00	47,00	383,00	0,00	257,00
Светлаярская	4271,00	320,00	929,00	190,00	147,00	32,00	0,00
Среднеахтубинская	2634,00	38,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Тажинская	2912,00	14,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Отдельно расположенная ОС, Иловлинский филиал	3900,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Всего	165307,00	8487,0	1685,0	2063,0	533,00	508,00	257,0

В целом, анализируя динамику вторичного засоления за 20 лет, необходимо отметить сокращение таких площадей. Этому способствовало длительное отсутствие орошения на больших массивах, снижение уровня грунтовых вод ниже 5 м и создание промывного рассоляющего режима почв.

Проведённая комплексная оценка мелиоративного состояния указывает, что «неудовлетворительное состояние» отмечается на Калачёвской (54,7 %), Светлаярской (44,8 %), Палласовской (38,4 %), и Городищенской (17,8 %) оросительных системах. В данной категории находится около 13 % мелиоративного фонда земель (таблица 4).

Таблица 4 – Комплексная оценка мелиоративного состояния орошаемых с/х угодий по УГВ и засолению, га

Table 4 – Comprehensive assessment of the reclamation status of irrigated agricultural lands by UGV and salinization, halophytic

Наименование оросительных систем	Оценка мелиоративного состояния орошаемых с/х угодий по УГВ и засолению							
	хорошее	удовлетворительное	неудовлетворительное					
			всего	из них		в том числе		
				природно-солонцеватые	природно-засоленные	недопустимая глубина УГВ	засоление почв	недопустимая глубина УГВ и засоление почв
Большая Волгоградская	14,088	1,154	0,736	0,688	0,045	0,00	0,736	0,00
Волго-Ахтубинская	1,626	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Волго-Донская	4,200	0,365	0,049	0,049	0,00	0,00	0,049	0,00
Генераловская	2,855	0,804	1,211	1,211	0,00	0,00	1,211	0,00
Городищенская	10,834	6,079	3,674	3,144	0,453	0,077	3,597	0,00
Заволжская	10,688	1,917	0,302	0,302	0,00	0,00	0,302	0,00
Иловатская	0,168	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Калачевская	2,196	1,035	3,900	3,900	0,00	0,00	3,900	0,00
Кисловская	6,583	0,599	0,301	0,287	0,014	0,00	0,301	0,00
Котельниковская	1,791	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ленинская	4,018	0,442	0,580	0,00	0,580	0,00	0,580	0,00
Оленьевская	2,680	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Палласовская	2,254	4,886	4,456	3,709	0,00	0,375	4,072	0,009
Светлаярская	2,048	1,203	2,638	2,465	0,076	0,00	2,638	0,00
Среднеахтубинская	2,032	0,128	0,512	0,512	0,00	0,00	0,512	0,00
Тажинская	2,675	0,151	0,100	0,100	0,00	0,00	0,100	0,00
Отдельно расположенная ОС, Иловлинский филиал	3,900	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Всего	133,555	22,267	23,018	19,922	2,172	0,452	22,557	0,009

Выводы. Просчёты в период проектирования оросительных систем и вовлечение в оборот земель, расположенных на Хвалынской глинистой равнине и в южной части Приволжской возвышенности с солонцеватыми почвами и солонцами, имеющими высокое природное засоление, привели к неудовлетворительной мелиоративной обстановке.

Хорошее и удовлетворительное состояние мелиорированных земель сохраняется на Волго-Ахтубинской и Иловатской системах, расположенных в долине р. Волга на природно не засоленных грунтах, а также на Котельниковской оросительной системе, находящейся на Северных Ергенях сухостепной зоны Манычско-Донской провинции.

По результатам мониторинга установлено, что для улучшения мелиоративного состояния орошаемых земель на площади 103383 га требуется проведение капитальных работ для повышения технического уровня проводящей сети, проведение капитальной планировки на площади 90 га, проведение химической мелиорации на площади 19922 га, и некоторые другие мероприятия на площади 2635 га.

Библиографический список

1. Бабичев А. Н., Докучаева Л. М., Юркова Р. Е. Изменение свойств почв комплексного покрова полупустынной зоны под влиянием орошения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 1(37). С. 105–121. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=646&id=653>.
2. ГИС-технологии для определения объемов неиспользуемых земель на оросительных системах левобережья Волгоградского водохранилища / В. С. Бочарников, О. А. Корчагина, А. В. Соловьев, С. С. Марченко, О. А. Матвеева, В. И. Кузнецов, А. А. Бондаренко // Известия НВ АУК. 2022. № 3 (67). С. 415–423.
3. Глобальный климат и почвенный покров. Национальный доклад / Эдельгириев Р. С. Х., Иванов А. Л. [и др.]. Москва, 2021. Том 3.
4. Ильинская И. Н., Клименко А. И., Батищев И. В. Состояние и оценка мелиорированных земель Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 4. С. 86–103.
5. Лытов М. Н. Компоненты экологической модели повторно осваиваемых мелиорированных земель Юга России. Известия НВ АУК. 2022. № 2 (66). С. 498–506.
6. Макарычев С. В. Орошение черноземов колючей степи Алтайского края дождеванием и его последствия // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (173). С. 65–71.
7. О признаках неиспользования земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения по целевому назначению или использования с нарушением законодательства Российской Федерации: постановление Правительства РФ от 18 сентября 2020 г. N 1482. СПС Консультант Плюс.
8. Орлова И. В. Интегральная оценка геоиригационной обстановки и уровня использования алтайских орошаемых земель // Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 1. С. 39–57. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-1-39-57>.
9. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса / А. С. Овчинников, Н. А. Пронько, А. С. Фалькович, В. В. Бородычев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 9–17.
10. Проблема неиспользуемых земель в Российской Федерации и пути ее решения / В. Н. Семочкин, П. И. Шаров, М. Р. Шадманов, К. А. Зименкова // Московский экономический журнал. 2020. № 3. С. 7.
11. Шевченко В. А., Бородычев В. В., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке неиспользуемых сельскохозяйственных земель // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 6. С. 20–26.
12. Dowgert M. F. The impact of irrigated agriculture on a stable food supply // Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference. CPIA. Kearney. NE. Kansas, 2020. <https://www.ksre.kstate.edu/irrigate/oow/p10/Dowgert10.pdf>.

13. Gupta G. Sh. Land degradation and challenges of food security // Review of European Studies. 2019. Vol. 11. № 1. P. 63–72.

14. Measuring progress in agricultural sustainability to support policy-making / E. J. Dillon, T. Hennessy, C. Buckley, T. Donnellan, K. Hanrahan, B. Moran, M. Ryan // Int. J. Agric. Sustain. 2016. Vol. 14. P. 31–44.

15. Ricci J. M. P., Conrad E. Exploring the feasibility of setting up community allotments on abandoned agricultural land: a place, people, policy approach // Land Use Policy. 2018. V. 79. P. 102–115.

16. Spatial distribution of arable and abandoned land across former Soviet Union countries / M. Lesiv, D. Schepaschenko, E. Moltchanova, R. Bun, M. Dürauer, A. Prishchepov, F. Schierhorn, S. Estel, T. Kuemmerle, C. Alcantara, N. Kussul, M. Shchepashchenko, O. Kutovaya, O. Martynenko, V. Karminov, A. Shvidenko, P. Havlik, F. Kraxner, L. See, S. Fritz // Scientific Data. 2018. No 5. 180056.

Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич. Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ), доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, e-mail: sergeysemenenko@list.ru, телефон 8(961)-068-52-07, ORCID: <https://orcid.org/0000-00015992-8127>

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ), доктор технических наук, член-корреспондент РАН, e-mail: vnioz@yandex.ru, телефон 8(8442)60-24-39, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8051-4786>

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-12

PROPAGATION OF ROOTSTOCKS OF STONE CROPS BY GREEN CUTTINGS USING VARIOUS ROOT FORMATION STIMULATORS IN ARID CONDITIONS

S. D. Fomin¹, S. V. Klimov²

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan Region

Received 20.10.2022

Submitted 10.03.2023

Summary

The article presents the results of vegetative propagation of rootstocks of stone crops by the method of green cuttings with the use of various root formation stimulators. The data obtained allow us to consider the root formation stimulator "Clonex" the most effective drug for the reproduction of rootstocks in arid conditions of the Northern Caspian.

Abstract

Introduction. Growing seedlings of stone fruit crops on clonal rootstocks is considered one of the components of intensive fruit horticulture. The advantage of intensive orchards with seedlings on dwarf and semi-dwarf rootstocks lies in their precocity and increased productivity. The need for widespread introduction of clonal rootstocks and the cultivation of highly productive seedlings of stone fruit crops requires the development of technologies for their reproduction. One of the effective ways for all rootstocks of stone fruit crops is green cuttings. The use of root formation stimulants has a positive effect on the process of regeneration of adventitious roots in green cuttings. In this regard, the purpose of the research was to study the reproduction of clonal rootstocks of stone fruit crops by green cuttings using various drugs that stimulate root formation and to identify the most effective of them.

Object. The object of research was 13 clonal rootstocks of stone fruit crops and 3 preparations stimulating the process of root formation. **Materials and methods.** The studies were carried out in accordance with the "Program and Methodology for the Study of Fruit, Berry and Nut Crops" (Orel 1999), a qualitative assessment of clonal rootstocks of stone fruit crops in accordance with GOST R 53135-2008, statistical data processing - in accordance with the method of field experiment Dospekhov B. A.

(1985). **Results and conclusions.** As a result of the studies, it was found that the survival rate of clonal rootstocks of stone fruit crops propagated by green cuttings is significantly higher in the variants treated with «Clonex» and «Radifarm» preparations.

Key words: green cuttings, root formation stimulants, propagation of clonal rootstocks, survival rate, fogger.

Citation. Fomin S. D., Klimov S. V. Propagation of rootstocks of stone fruit crops by green cuttings using various root formation stimulators in arid conditions of the northern Caspian Sea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 123-129 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-12.

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

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

УДК 634.23:631.535.4

РАЗМНОЖЕНИЕ ПОДВОЕВ КОСТОЧКОВЫХ КУЛЬТУР МЕТОДОМ ЗЕЛЕННОГО ЧЕРЕНКОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СТИМУЛЯТОРОВ КОРНЕОБРАЗОВАНИЯ В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

С. Д. Фомин¹, доктор технических наук, профессор
С. В. Климов², младший научный сотрудник

¹ ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

² ФГБНУ Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,
Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 20.10.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Выращивание саженцев косточковых культур на клоновых подвоях считается одной из составляющих интенсивного плодового садоводства. Преимущество интенсивных садов с саженцами на карликовых и полукарликовых подвоях заключается в их скороплодности и повышенной продуктивности. Необходимость широкого внедрения клоновых подвоев и выращивание высокопродуктивных саженцев косточковых культур требуют разработки технологий их размножения. Одним из эффективных способов для всех подвоев косточковых культур является зелёное черенкование. Применение стимуляторов корнеобразования оказывает положительное влияние на процесс регенерации придаточных корней у зеленых черенков. В этой связи, целью исследований было изучение размножения клоновых подвоев косточковых культур методом зеленого черенкования с применением различных препаратов, стимулирующих корнеобразование и выделение наиболее эффективных из них. **Объект.** Объектом исследований являлись 13 клоновых подвоев косточковых культур и 3 препарата, стимулирующих процесс корнеобразования. **Материалы и методы.** Исследования проводились в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орел 1999), качественная оценка клоновых подвоев косточковых культур осуществлялась в соответствии с ГОСТ Р 53135-2008 г., статистическая обработка данных – в соответствии с методикой полевого опыта Доспехова Б. А. (1985). **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований было выявлено, что приживаемость клоновых подвоев косточковых культур, размножаемых методом зеленого черенкования, достоверно выше на вариантах с обработкой препаратами «Clonex» и «Radifarm».

Ключевые слова: зеленое черенкование, стимуляторы корнеобразования, размножение клоновых подвоев, приживаемость подвоев, туманообразующая установка.

Цитирование. Фомин С. Д., Климов С. В. Размножение подвоев косточковых культур методом зеленого черенкования с использованием различных стимуляторов корнеобразования в аридных условиях Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 123-129. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-12.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращивание саженцев косточковых культур на клоновых подвоях считается одной из составляющих интенсивного плодового садоводства. Преимущество интенсивных садов с саженцами на карликовых и полукарликовых подвоях заключается в их скороплодности, в способности повысить продуктивность насаждений, что приводит к ускоренному возврату денежных средств. Необходимость широкого внедрения клоновых подвоев и выращивание высокопродуктивных саженцев косточковых культур требуют разработки технологий их размножения. Одним из эффективных способов для всех подвоев косточковых культур является зелёное черенкование [2, 5, 6, 8, 9, 13].

При разработке метода зеленого черенкования решающими являются два момента: первый – разработка установок, продуцирующих искусственный туман, что обеспечивает постоянное смачивание поверхности листа и его тургор; второй – применение стимуляторов корнеобразования, которые оказывают положительное влияние на процесс регенерации придаточных корней у зеленых черенков. В этой связи, целью исследований было изучение размножения клоновых подвоев косточковых культур методом зеленого черенкования с применением различных препаратов, стимулирующих корнеобразование и выделение наиболее эффективных из них, которые обеспечили бы высокий выход товарных саженцев для закладки садов интенсивного типа с высокой рентабельностью [1, 3, 4, 7, 10-12].

Материалы и методы. Опыт был заложен в 2019 году на базе плодового сада ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенного во втором агроклиматическом районе Астраханской области, близком к условиям полупустыни.

Объектом исследований являлись 13 клоновых подвоев косточковых культур (ВВА-1, Эврика-99, Дружба, ВЦ-13, ЛЦ-52, ВСЛ-2, Весеннее пламя, Измайловский, ОД-2-3, СВГ -11-19, ОПА -15-2, ОП-23-23, 13-113) и 3 стимулятора корнеобразования («Гетероауксин», «Clonex», «Radifarm»). Опыт двухфакторный. Фактор А – формы клоновых подвоев, фактор В – стимуляторы корнеобразования. Всего 4 варианта в 3-х кратной повторности:

Вариант 1 – обработка водой, без стимуляторов корнеобразования (контроль).

Вариант 2 – обработка стимулятором корнеобразования «Radifarm».

Вариант 3 – обработка стимулятором корнеобразования «Гетероауксин».

Вариант 4 – обработка стимулятором корнеобразования «Clonex».

Исследования проводили в соответствии с «Программой и методикой сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» (Орел 1999). Качественная оценка клоновых подвоев косточковых культур осуществлялась в соответствии с ГОСТ Р 53135-2008 г., статистическая обработка данных – в соответствии с методикой полевого опыта Доспехова Б. А. (1985).

Результаты и обсуждение. Зеленые черенки клоновых подвоев косточковых культур укореняли в пленочных теплицах размером 1,4 × 8,5 м. Схема посадки 7 × 6 см. Длина черенков варьировала от 8 до 12 см, толщина – от 0,3 до 0,9 см. Общее количество высаженных черенков по годам составило: 2019 г. – 2384 шт., 2020 г. – 4508 шт., 2021 г. – 4802 шт.

Черенки предварительно погружались на 18 часов в препараты, стимулирующие процесс корнеобразования: «Radifarm» и «Гетероауксин». В стимулятор корнеобразования «Clonex», черенки косточковых подвоев опускались непосредственно перед посадкой на глубину 0,5-1,0 см. Контроль – замачивание черенков в воде.

В ходе исследований удалось установить, что успешное укоренение черенков происходит при относительной влажности воздуха 65...95 %, температуре воздуха 22...30 °С и освещенности 50...70 %.

На 10...14 сутки после посадки на нижнем срезе черенков начинал образовываться каллюс, на 20...25 сутки – корни. Как показали трехлетние наблюдения, одними из первых корни начинали образовываться у черенков косточковых подвоев на вариантах, обработанных стимуляторами «Radifarm» и «Clonex».

По мере роста и развития подвоев на всех вариантах опыта проводились следующие агротехнические приемы: ежедневные поливы туманообразующей установкой для поддержания влажности в районе 50-70 %, три корневые подкормки нитрофоской (40...50 г на 10 л воды), четыре обработки против грибковых и бактериальных заболеваний системным фунгицидом «Абига-Пик», ВС (70 мл на 10 л воды), две обработки против вредителей системным инсектицидом «Актара», вдг (4 г на 10 л воды).

В результате исследований выявлено, что приживаемость черенков клоновых подвоев косточковых культур в среднем за три года по всем вариантам составила 65,9 %. Самый высокий показатель отмечен у подвоев ВСЛ-2 – 82,0 %, СВГ-11-19 – 79,0 % и ВВА-1 – 72,5 % на вариантах с обработкой корнеобразующим препаратом «Clonex», что оказалось на порядок выше, чем на контроле и варианте с обработкой гетероауксином. Также следует отметить, что на всех вариантах опыта низкая приживаемость (2,2 %...20,0 %) наблюдалась у подвоев Дружба, ВЦ-13 и Измайловский. Исключение составил вариант с обработкой препаратом «Clonex» у подвоя Измайловский – 53,3 % (таблица 1).

Таблица 1 – Приживаемость подвоев косточковых культур при размножении методом зеленого черенкования с применением различных корнеобразующих препаратов, ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», 2019-2021 гг.

Table 1 – Survival of rootstocks of stone crops during propagation by green cuttings with the use of various root-forming preparations, FSBSI «PAFNC RAS», 2019-2021

Подвой / Rootstock	Варианты обработки корнеобразующими препаратами / Treatment options with root-like preparations	Приживаемость, % / Survival, %			
		2019г	2020г	2021г	В среднем за три года / On average for three years
1	2	3	4	5	6
Дружба / Friendship	(контроль) / (control)	12,8	12,5	11,4	12,2
	Radifarm	12,4	17,3	15,2	15,0
	Гетероауксин / Heteroauxin	12,3	13,6	11,5	12,5
	Clonex	17,4	18,0	19,5	18,3
Эврика 99 / Eureka 99	(контроль) / (control)	32,1	27,9	30,0	30,0
	Radifarm	50,0	45,0	46,0	47,0
	Гетероауксин / Heteroauxin	34,2	32,7	29,1	32,0
	Clonex	69,4	65,4	66,2	67,0
ВВА-1 / VVA-1	(контроль) / (control)	47,1	54,5	48,3	50,0
	Radifarm	65,0	60,5	62,0	62,5
	Гетероауксин / Heteroauxin	43,8	45,1	46,2	45,0
	Clonex	72,9	70,2	74,5	72,5
ВСЛ-2 / VSL-2	(контроль) / (control)	55,2	56,8	57,7	56,6
	Radifarm	65,1	68,9	63,5	65,8
	Гетероауксин / Heteroauxin	68,4	62,3	69,3	66,7
	Clonex	85,0	83,0	78,0	82,0

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
ЛЦ-52 / LC-52	(контроль) / (control)	9,4	8,4	7,1	8,3
	Radifarm	28,7	30,5	30,8	30,0
	Гетероауксин / Heteroauxin	20,5	21,5	21,4	21,1
	Clonex	38,4	45,8	42,4	42,2
ВЦ-13 / VTs-13	(контроль) / (control)	2,9	2,1	1,5	2,2
	Radifarm	10,5	13,2	11,4	11,7
	Гетероауксин / Heteroauxin	9,0	8,0	10,6	9,2
	Clonex	17,2	19,8	18,0	18,3
СВГ-11-19 / SVG-11-19	(контроль) / (control)	11,3	15,8	15,0	14,0
	Radifarm	50,2	47,9	48,0	48,0
	Гетероауксин / Heteroauxin	33,0	32,0	31,0	32,0
	Clonex	81,0	81,5	74,6	79,0
ОП-23-23 / ОР-23-23	(контроль) / (control)	17,4	9,2	13,0	15,6
	Radifarm	26,9	19,8	29,6	29,4
	Гетероауксин / Heteroauxin	16,5	21,9	19,6	22,3
	Clonex	45,2	44,1	34,2	41,2
ОД-2-3 / OD-2-3	(контроль) / (control)	39,8	37,2	35,6	37,5
	Radifarm	51,9	49,8	53,4	51,7
	Гетероауксин / Heteroauxin	50,0	55,0	52,5	52,5
	Clonex	63,5	62,9	63,6	63,3
ОПА-15-2 / ОРА-15-2	(контроль) / (control)	29,4	34,8	32,6	33,3
	Radifarm	45,8	39,8	41,0	42,2
	Гетероауксин / Heteroauxin	35,9	36,4	37,8	36,7
	Clonex	45,1	46,8	48,3	46,7
13-113 / 13-113	(контроль) / (control)	28,6	25,4	21,1	25,0
	Radifarm	30,3	26,1	28,5	28,3
	Гетероауксин / Heteroauxin	21,6	22,1	18,8	20,8
	Clonex	34,0	40,0	31,0	35,0
Измайловский / Izmailovsky	(контроль) / (control)	11,9	12,5	10,6	11,7
	Radifarm	23,5	17,5	19,1	20,0
	Гетероауксин / Heteroauxin	12,3	11,5	11,2	11,7
	Clonex	53,3	55,4	51,2	53,3
Весеннее пламя / Spring flame	(контроль) / (control)	11,9	19,5	15,5	13,2
	Radifarm	19,9	38,3	30,1	25,4
	Гетероауксин / Heteroauxin	24,1	22,3	20,4	19,3
	Clonex	43,4	44,3	45,8	44,5
Итого / Total					65,9
НСР05 (общая)					3,49
НСР05 А					1,05
НСР05 В					1,75
НСР05 АВ					0,91

Несколько хуже, чем «Clonex», показал себя вариант опыта с обработкой стимулятором корнеобразования «Radifarm», где приживаемость черенков, в среднем за трехлетний период, была практически у всех подвоев выше на 15-35 %, чем на контроле и варианте с обработкой «Гетероауксином». По результатам проведенных исследований, можно сделать выводы о том, что приживаемость всех подвоев была достоверно выше на вариантах с обработкой препаратами «Clonex» и «Radifarm».

Выводы. В результате проведенных трехлетних исследований было выявлено, что клоновые подвои косточковых культур обладали естественной способностью к размножению зелеными черенками. Действие стимуляторов корнеобразования проявлялось в скорости образования придаточных корней и, как следствие, в улучшении укореняемости черенков. Наиболее эффективно проявили себя стимуляторы корнеобразования «Clonex» и «Radifarm», которые в среднем по вариантам повысили укореняемость черенков на 23-46 % по сравнению с контрольным вариантом, что доказано статистически. Таким образом, применение данных препаратов, стимулирующих процесс корнеобразования при размножении методом зеленого черенкования, поможет увеличить выход саженцев в плодовых питомниках, что в конечном итоге увеличит продуктивность и рентабельность выращивания косточковых культур при закладке садов интенсивного типа.

Библиографический список

1. Безух Е. П. Подготовка маточников клоновых подвоев яблони к зеленому черенкованию в условиях северо-западного региона России // Известия Санкт-Петербургского ГАУ. 2010. № 21. С. 46-49.
2. Давлетбаева С. Ф., Миронова Л. Н. Биологические особенности *Hosta fortunei* в условиях Башкирского Предуралья // Аграрная Россия. 2017. № 10. С. 7-13.
3. Зацепина И. В. Применение стимулятора роста при зеленом черенковании сортов и форм груши в теплице с искусственным туманом // Актуальные научные исследования в современном мире. 2021. № 12-1 (80). С. 13-17.
4. Ляхова А. С., Вехов Ю. К., Халекова Н. И. Влияние регуляторов роста на развитие клоновых подвоев яблони 62-396 при зеленом черенковании // Селекция, генетика и сортовая агротехника плодовых культур: сб. науч. статей. Орёл: ВНИИСПК, 2011. С. 66-71.
5. Ляхова А. С., Вехов Ю. К. Перспективные подвойные формы вишни для адаптивных интенсивных садов // Совершенствование адаптивного потенциала косточковых культур и технологий их возделывания: материалы междунар. науч.-практ. конф. Орёл: ВНИИСПК, 2011. С. 148-153.
6. Тютюма Н. В., Климов С. В. Зеленое черенкование как эффективный метод размножения клоновых подвоев косточковых культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 44-50.
7. Хамурзаев С. М., Борзаев Р. Б., Батукаев А. А. Сравнительная оценка результатов размножения перспективных клоновых подвоев косточковых культур зеленым черенкованием // Садоводство и виноградарство. 2015. № 5. С. 26-31.
8. Хмельниченко Д. С. Совершенствование технологии выращивания саженцев черешни на основе зеленого черенкования в условиях ООО "Крымский питомник" Краснодарского края // Новости науки в АПК. 2019. № 1-2 (12). С. 107-110.
9. Exploitation of plum genetic diversity to identify soil-borne fungi resistance rootstocks / N. Bouzari, H. Khabbaz Jolfaei, S. Ahmadzadeh, H. Sadeghi Garmaroodi, S. S. Hosseini // International Journal of Fruit Science. 2021. No 21 (1). P. 681-692. www.scopus.com.
10. Marcallo F. A., De Almeida R. C., Zuffellato-Ribas K. S. Propagation of the Nerium oleander L. by the air-layering technique in different substratum // Scient. agr. 2001. Vol. 2. № 1/2. P. 123-125.
11. New rootstocks with resistance to plum pox virus for prunus domestica and other stone fruit species: The 'docera' and 'dospina' rootstock series / M. Neumüller, L. Mühlberger, H. Siegler, W. Hartmann, D. Treutter. 2013. www.scopus.com.
12. Rootstocks for commercial peach production in the southeastern united states: Current research, challenges, and opportunities / R. A. Lesmes-Vesga, L. M. Cano, M. A. Ritenour, A. Sarkhosh, J. X. Chaparro, L. Rossi // Horticulturae. 2022. No 8 (7). www.scopus.com.
13. Stoven J., Kooima H. Coconat-coir-based media and versus peat-based media for propagation of woody ornamentals // Comb. Proc. Intern. Plant Propagators'Soc. S. I. 2013. Vol. 49. P. 373-374.

Информация об авторах

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор РАЕ, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

Климов Сергей Валерьевич, младший научный сотрудник отдела плодовых и ягодных культур, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), klimov2020@rambler.ru, тел. 89275594770.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-13

WATER-SAVING TECHNOLOGIES FOR COTTON CULTIVATION IN THE LOWER VOLGA REGION

E. A. Khodyakov, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 10.10.2022

Submitted 31.01.2023

Summary

The article presents an analysis of irrigation water costs, water consumption coefficients and cotton yields according to the experimental options for sprinkling and drip irrigation on light chestnut soils of the Lower Volga region. As a result, the optimal irrigation regime and the most effective doses of mineral fertilizers have been established, which make it possible to minimize water consumption to obtain 1 ton of raw cotton using these methods of irrigating cotton. Such studies were carried out in 2019-2020 in the Educational Research and Production Center «Gornaya Polyana» of the Volgograd State Agrarian University.

Abstract

Introduction. Due to the sharp decline in the supply of cotton fiber from the Central Asian countries to Russia, there is an urgent need to revive domestic cotton growing and develop new water-saving technologies for growing this crop. **Object.** Cotton variety «AGCSB-1» («Applied Genetics of Cotton Seed Breeding -1»). **Materials and methods.** Water saving issues occupied a central part in field experiments aimed at developing irrigation regimes and doses of mineral fertilizers to obtain a yield of 2 to 5 t/ha of raw cotton with sprinkling and drip irrigation. Such studies were carried out in 2019-2020. on the experimental fields of the Volgograd State Agrarian University. **Results and conclusions.** Field studies have shown that the optimal soil moisture before irrigation was 75-75-70% HB, because on average for 2019-2020 on these variants of the experiment, the cost of irrigation water equal to 378...858 m³/t for sprinkling and 224...481 m³/t for drip irrigation were the lowest. At the same time, these variants showed the lowest water consumption coefficients (K_B) of 543...1235 and 379...818 m³/t and the highest yield of raw cotton - 2.33...5.28 and 2.51...5.41 t/ha. Among the variants of fertilizer doses, the best results were obtained with the application of N₁₇₅P₇₅K₅₆ kg a.i./ha, since here the minimum costs of irrigation water were obtained - 378 ... 476 and 224 ... 263 m³/ t with sprinkling and drip method, respectively, CV - 543 ... 711 m³/ t and 379 ... 526 m³/ t, simultaneously with the highest yield of 3.68 ... 5.28 and 3.95...5.41 t/ha. At the same time, it was found that when sprinkling, in comparison with drip irrigation, an increase in the costs of irrigation water was observed by 52.5 ... 106.5% and K_B - by 32.2 ... 53.6% with a decrease in yield by 0.3 ... 19.1%. Compared to furrow irrigation, this allowed saving 53.4...55.7% of irrigation water per 1 ton of raw cotton during sprinkling and 71.4...76.2% with drip irrigation.

Key words: *sprinkler and drip irrigation, cotton yield, water total consumption coefficient.*

Citation. Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V. Water-saving technologies for cotton cultivation in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 129-137 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-13.

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

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

УДК 631.674.6:631.674.5:633.511

ВОДОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ХЛОПЧАТНИКА В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

Е. А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
С. Г. Милованов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник
К. В. Бондаренко, аспирант, младший научный сотрудник

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.10.2022

Дата принятия к печати 31.01.2023

Актуальность. Из-за резкого снижения поставок хлопкового волокна из среднеазиатских стран в Россию возникла острая необходимость в возрождении отечественного хлопководства и разработке новых водосберегающих технологий выращивания этой культуры. **Объект.** Сорт хлопчатника «ПГССХ-1». **Материалы и методы.** Вопросы водосбережения занимали центральную часть в полевых опытах, направленных на разработку режимов орошения и доз внесения минеральных удобрений для получения урожайности от 2 до 5 т/га хлопка-сырца при дождевании и капельном поливе. Такие исследования были проведены в 2019-2020 гг. на опытных полях Волгоградского ГАУ. **Результаты и выводы.** Полевые исследования показали, что оптимальной влажностью почвы перед поливом была 75-75-70 % НВ, потому что в среднем за 2019-2020 гг. на этих вариантах опыта затраты оросительной воды (ЗОВ), равные 378...858 м³/т при дождевании и 224...481 м³/т при капельном орошении были наименьшими. Одновременно с этим на этих вариантах наблюдались самые низкие коэффициенты водопотребления (К_В) – 543...1235 и 379...818 м³/т и наибольшая урожайность хлопка-сырца – 2,33...5,28 и 2,51...5,41 т/га. Среди вариантов доз удобрений наилучшие результаты были получены при внесении N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг д.в./га, так как здесь были получены минимальные ЗОВ – 378...476 и 224...263 м³/т при дождевании и капельном способе соответственно, К_В – 543...711 м³/т и 379...526 м³/т, одновременно с наибольшей урожайностью – 3,68...5,28 и 3,95...5,41 т/га. При этом было установлено, что при дождевании в сравнении с капельным поливом наблюдалось увеличение ЗОВ на 52,5...106,5 % и К_В – на 32,2...53,6 % при снижении урожайности на 0,3...19,1 %. По сравнению с поливом по бороздам это позволило сэкономить 53,4...55,7 % оросительной воды на 1 т хлопка-сырца при дождевании и 71,4...76,2 % при капельном поливе.

Ключевые слова: дождевание хлопчатника, капельное орошение хлопчатника, урожайность хлопчатника, коэффициенты водопотребления хлопчатника.

Цитирование. Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В. Водосберегающие технологии при выращивании хлопчатника в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 129-137. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-13.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сегодня в мире, наряду с поверхностным поливом, основными способами орошения являются дождевание и капельное орошение. В южной части России, где находится большая часть орошаемых земель нашей страны, оба этих способа полива получили широкое распространение.

К примеру, в Волгоградской области на сегодняшний день половина орошаемых площадей поливаются капельным способом, а вторая – с помощью дождевания. Здесь, на Юге страны, эти способы активно развиваются и нашли применение при поливе

хлопчатника, так как позволяют повысить его урожайность и более рационально использовать водные ресурсы региона, что при современных тенденциях снижения поставок хлопкового волокна в Россию из-за границы очень актуально [1-3].

Хлопчатник – крайне важная агрокультура в стратегическом отношении, поэтому научными исследованиями, направленными на изучение особенностей его выращивания на орошаемых землях, занимаются во множестве стран мира. Такие исследования активно проводятся в Китае [9, 10, 15], США [6, 8, 13, 14], Республике Узбекистан [7], Пакистане [5], Бразилии [16], Австралии [12], Индии [11], где хлопчатник выращивают при дождевании и капельном орошении в сравнении поливом по бороздам.

В Волгоградском ГАУ после трёхлетних поисковых исследований в 2016-2018 гг. начиная с 2019 года был заложен многофакторный полевой опыт, направленный на разработку режимов орошения при дождевании и капельном поливе в сочетании с внесением расчётных доз минеральных удобрений для получения урожайности от 2 до 5 т/га, с последующим сравнением с традиционным для Средней Азии поливом по бороздам.

В этих опытах впервые в регионе одна из основных задач исследований заключалась в изучении возможности водосбережения при дождевании и капельном орошении хлопчатника.

Материалы и методы. Участок, на котором проводились исследования, находится в междуречье Волги и Дона. Климат в этом регионе резко континентальный. Лето – жаркое, сухое с практически полным отсутствием дождей в июле и августе. Зима – холодная, малоснежная. В статье приведены результаты полевых исследований 2019 и 2020 годов, которые по отношению выпавших осадков к сумме среднесуточных температур воздуха характеризовались как острозасушливые.

Почвы участка типичные для Нижнего Поволжья: средне- и тяжёлосуглинистые, светло-каштановые, с содержанием гумуса не более 1-2 %.

Грунтовые воды находились на глубине более 3 м, поэтому наблюдений за ними не проводились.

Первым изучаемым фактором в наших полевых опытах служил водный режим почвы, который изучали на 4-х вариантах дифференцированного режима орошения (РО) с поддержанием предполивной влажности почвы 65-65-60 (РО-1), 70-70-65 (РО-2), 75-75-70 (РО-3) и 80-80-75 (РО-4) % НВ в межфазные периоды «посев – цветение» (I начальный период роста и развития растений), «цветение – плодообразование» (II основной период развития растений) и «окончание плодообразования – созревание» (III завершающий период развития растений).

Вторым фактором был уровень минерального питания, представленный 4-мя вариантами расчётных доз минеральных удобрений (ДУ): первый вариант (ДУ-1) с дозами $N_{70}P_{30}K_{23}$; второй вариант (ДУ-2) – $N_{105}P_{45}K_{34}$; третий вариант (ДУ-3) – $N_{140}P_{60}K_{45}$ и четвёртый вариант (ДУ-4) – $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг д. в./га.

Третьим фактором являлся способ полива, который изучали на двух вариантах: полив дождеванием (Д) и капельное орошение (КО).

В качестве контроля был выбран вариант с традиционным для Средней Азии поливом по бороздам. Здесь были внесены минеральные удобрения дозами $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д. в./га, так же, как на варианте ДУ-3, а также соблюдался дифференцированный режим орошения, как на варианте опыта РО-3 с предполивным порогом влажности 75-75-70 % НВ.

В изложенной статье представлен анализ результатов полевых опытов при поддержании 4-х вариантов режима орошения в сочетании с внесением удобрений дозами $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д. в./га (ДУ-3) и 4-х вариантов уровня минерального питания на фоне поддержания предполивной влажности почвы 75-75-70 % НВ (РО-3), поскольку такие же закономерности были получены при другой водообеспеченности и удобренности почвы.

Исследования выполняли с сортом хлопчатника «ПГССХ-1». Этот ультраскороспелый сорт был выведен селекционерами из Волгоградского ГАУ и Узбекистана специально для почвенно-климатических условий Волгоградской области [4].

Оценка водосберегающих технологий полива хлопчатника проводилась с помощью затрат оросительной воды (ЗОВ) и коэффициента водопотребления (K_v). ЗОВ показывают только количество поливной воды, необходимое для получения 1 тонны продукции, а K_v , помимо оросительной нормы, учитывает ещё почвенные влагозапасы и атмосферные осадки.

Результаты и обсуждение. Затраты оросительной воды и коэффициент водопотребления являются основными показателями для оценки водосбережения при разных технологиях полива.

Эти показатели рассчитывались исходя из оросительной норм и суммарного водопотребления (таблица 1).

Таблица 1 - Оросительные нормы и суммарное водопотребления хлопчатника в 2019 и 2020 гг.

Table 1 – Volume of irrigation water and total water consumption for cotton in 2019 and 2020.

Вариант опыта	2019 год		2020 год	
	Оросительная норма, м ³ /га	Суммарное водопотребления, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Суммарное водопотребления, м ³ /га
Дождевание				
Д-РО1	1370	2519	1910	2705
Д-РО2	1670	2755	2130	2864
Д-РО3	1810	2851	2190	2878
Д-РО4	2170	3103	2470	3052
Капельное орошение				
КО-РО1	820	2026	1260	2079
КО-РО2	920	2038	1300	2089
КО-РО3	960	2057	1470	2126
КО-РО4	1100	2094	1520	2141
Полив по бороздам				
ПБ-РО3	2800	3723	3600	4171

Затраты оросительной воды для получения 1 т хлопка-сырца в 2019 и 2020 гг. показаны на рисунке 1.

Проведённые полевые опыты показали, что в 2019 г. при дождевании для производства 1 т продукции потребовалось 354...1124 м³ оросительной воды, а в 2020 г. – 403...1176 м³. При капельном орошении затраты оросительной воды в 2019 г. составляли 183...553 м³/т, а в 2020 г. – 264...704 м³/т. При поливе по бороздам этот показатель составлял 930 и 1111 м³/т соответственно.

Несмотря на то что оба года исследований были острозасушливыми, в 2020 г. по сравнению с 2019 г. наблюдалось увеличение ЗОВ на 37...110 м³/т (3,3...23,9 %) при дождевании и на 76...151 м³/т (26,5...44,6 %) при капельном поливе. На варианте опыты с поливом по бороздам эта разница составляла 181 м³/т или 19,4 %.

При поливе дождеванием в сравнении с капельным орошением расход оросительной воды для производства 1 т хлопка-сырца возрастал на 173...574 м³/т (77,7...106,5 %) в 2019 г. и на 139...472 м³/т (52,5...72,0 %) в 2020 г.

Сравнение с поливом по бороздам показало, что дождевание и капельный способ позволили снизить величину ЗОВ в 2019 г. на 497 м³/т (53,4 %) и 709 м³/т (76,2 %), а в 2020 г. – на 619 м³/т (55,7 %) и 793 м³/т (71,4 %) соответственно.

Среди вариантов режима орошения хлопчатника в среднем за 2019-2020 гг. наименьшие затраты оросительной воды 378...858 м³/т при дождевании и 224...481 м³/т при капельном орошении были получены на вариантах Д-РОЗ и КО-РОЗ соответственно, где поддерживался предположительный порог влажности почвы 75-75-70 % НВ, что свидетельствовало о наиболее высокой продуктивности использования воды для получения 1 тонны хлопка-сырца на этих вариантах.

Поддержание такого режима орошения при дождевании способствовало снижению ЗОВ на 41...292 м³/т (8,2...25,4 %), а при капельном орошении – на 14...148 м³/т (5,8...23,5 %).

Ещё более значимым фактором, влияющим на продуктивность использования влаги в посевах хлопка, был уровень удобренности почвы. Самые низкие значения этого показателя были получены на вариантах с дозами внесения минеральных удобрений N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг д. в./га. Здесь ЗОВ при дождевании составляли 378...476 м³/т, а при капельном способе – 224...263 м³/т.

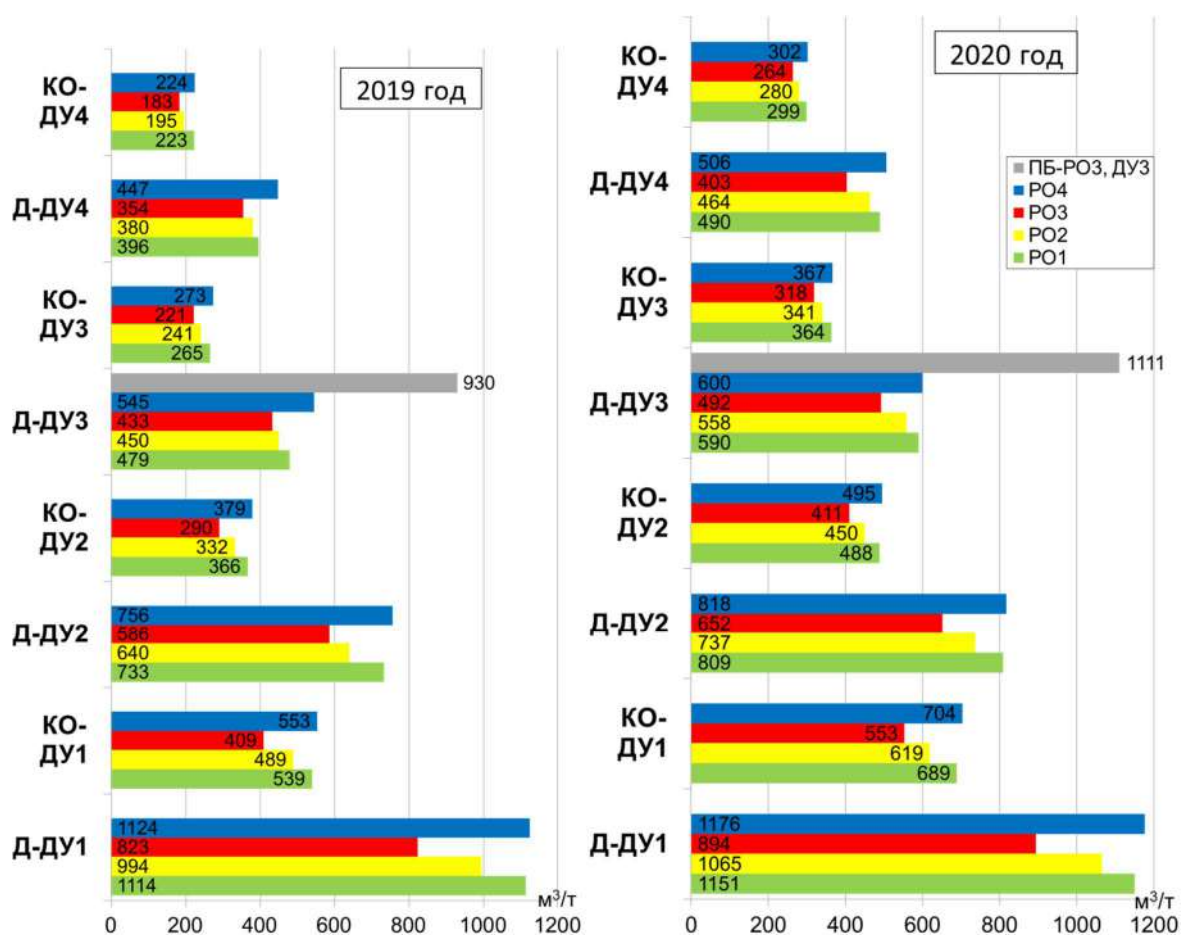


Рисунок 1 – Затраты оросительной воды при выращивании хлопчатника в 2019 и 2020 гг.

Figure 1 – Irrigation Water Expenses (IWE) for cotton in 2019 and 2020

На вариантах опыта с внесением такой дозы удобрений при дождевании происходило снижение затрат оросительной воды на 82...689 м³/т (16,3...60,9 %), а при капельном орошении – на 46...365 м³/т (17,0...58,1 %).

Коэффициенты водопотребления при выращивании хлопчатника в 2019 и 2020 гг. показаны на рисунке 2.

В 2019 г. при дождевании общий расход воды для производства 1 т хлопка-сырца составлял 557...2048 м³, а в 2020 г. – 530...1630 м³. При капельном орошении он составлял 392...1333 и 382...1136 м³, а при поливе по бороздам – 1237 и 1287 м³ соответственно.

Сравнение коэффициентов водопотребления в разные годы исследований показало, что в 2020 г. по сравнению с 2019 г. при поливе дождеванием они снизились на 2...418 м³/т (0,3...20,4 %), при капельном орошении – на 2...197 м³/т (0,4...14,8 %), а на контрольном варианте незначительно возросли – на 50 м³/т или 4,1 %.

Сравнение способов полива показало, что коэффициенты водопотребления в 2019 г. при дождевании в сравнении с капельным орошением возросли на 165...715 м³/т или 32,2...53,6 %, а в 2020-м – на 148...493 м³/т или 36,7...47,0 %.

На вариантах опыта с дождевальным и капельным способами полива в сравнении с контролем в 2019 г. происходило снижение общего расхода воды для формирования 1 т хлопка-сырца на 555 и 764 м³ или на 44,9 и 61,8 %, а в 2020 г. – на 640 и 827 м³ или на 49,7 и 64,3 % соответственно.

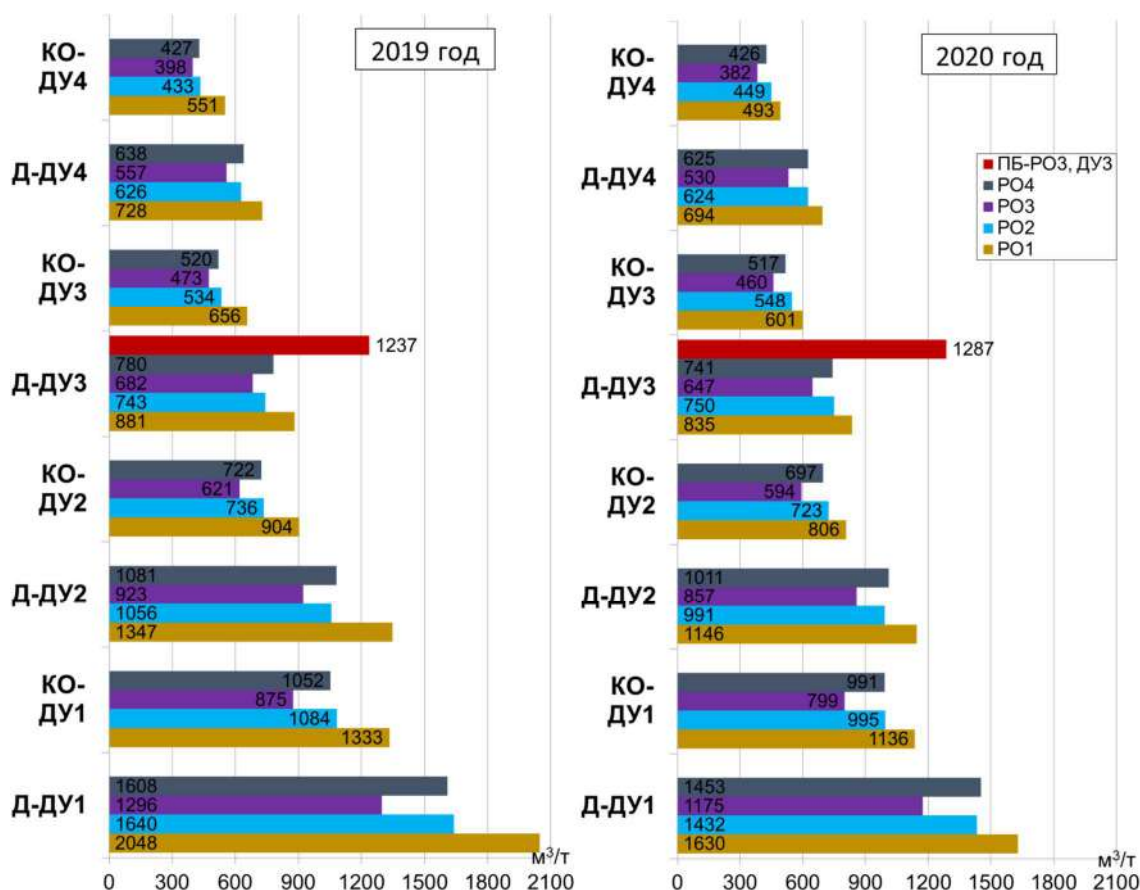


Рисунок 2 – Коэффициенты водопотребления при выращивании хлопчатника в 2019 и 2020 гг.

Figure 2 – Water Total Consumption Coefficient (WTCC) for cotton in 2019 and 2020

Анализ результатов исследований показал, что в среднем за 2019-2020 гг. среди вариантов уровня обеспеченности влагой наименьшие значения K_v при дождевании 543...1235 м³/т и при капельном орошении 379...818 м³/т наблюдались также на вариантах опыта с поддержанием предполивного порога 75-75-70 %, что подтверждает его оптимальность. Этот вариант режима орошения при дождевании позволил снизить коэффициенты водопотребления на 82...603 м³/т или на 11,0...32,8 %, а при капельном поливе – на 39...397 м³/т или на 9,2...32,2 %.

Дозы минеральных удобрений тоже значительно влияли на величину K_B . Так, наименьшие значения этого показателя при дождевании $543...711 \text{ м}^3/\text{т}$ и капельном поливе $379...526 \text{ м}^3/\text{т}$ были получены при внесении $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг д. в./га. Данный уровень удобренности почвы позволил снизить общий расход воды для получения 1 т продукции на $121...1128 \text{ м}^3$ (16,2...61,3 %) при поливе дождеванием и на $92...713 \text{ м}^3$ (17,0...58,3 %) при капельном орошении.

Биологическая урожайность хлопчатника в 2019 г. при дождевании и капельном орошении составляла 1,23...5,12 и 1,52...5,25 т/га, а в 2020 г. – 1,66...5,43 и 1,83...5,56 т/га соответственно. На контрольном варианте по годам исследований урожайность составляла 3,01 и 3,24 т/га хлопка-сырца.

Результаты исследований показали, что по сравнению с 2019 г. урожайность хлопка-сырца при дождевании в 2020 г. была выше на 0,02...0,49 т/га или 0,4...35,0 %, а при капельном поливе – на 0,11...0,54 т/га или 2,7...20,4 %.

Сопоставляя урожайность при разных способах полива видно, что по сравнению с капельным поливом дождевание показывало более низкие результаты, так как на этих вариантах опыта происходило снижение урожайности на 0,04...0,37 т/га (0,8...19,1 %) в 2019 г. и на 0,01...0,32 т/га (0,3...9,3 %) в 2020 г.

Полученные данные по урожайности хлопчатника подтверждают высокую эффективность изучаемых способов полива, так как в 2019 г. при дождевании и капельном орошении соответственно продуктивность хлопчатника была больше на 1,17 и 1,34 т/га (28,0 и 31,7 %), а в 2020 г. – на 1,21 и 1,38 т/га (27,2 и 29,9 %), чем на аналогичном варианте опыта при поливе по бороздам.

Среди вариантов режима орошения наибольшая биологическая урожайность в среднем за 2019-2020 гг. наблюдалась при поддержании оптимальной предполивной влажности почвы 75-75-70 % НВ, которая составляла 2,33...5,28 т/га при дождевании и 2,51...5,41 т/га при капельном орошении.

Фактор удобренности почвы достигал наибольшей эффективности при внесении $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг д. в./га, так как урожайность на этих вариантах была максимальной, составляя 3,68...5,28 т/га при дождевании и 3,95...5,41 т/га при капельном поливе.

Выводы. Таким образом, проведенные на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья в 2019-2020 гг. полевые исследования показали, что разработанные режимы орошения в сочетании с расчетными дозами внесения минеральных удобрений позволяют получать от 2 до 5 т/га биологической урожайности хлопка-сырца при поливе дождеванием и капельном орошении.

Погодные условия в 2019 г. и 2020 г. были похожи и характеризовались как острозасушливые, но тем не менее затраты оросительной воды для производства 1 т хлопка-сырца в 2020 г. при дождевании и капельном поливе возросли на $37...110$ и $76...151 \text{ м}^3$ (3,3...23,9 и 26,5...44,6 %), продуктивность хлопчатника – на 0,02...0,49 и 0,11...0,54 т/га (0,4...35,0 и 2,7...20,4 %), а коэффициенты водопотребления снизились на 2...418 и 2...197 $\text{м}^3/\text{т}$ (0,3...20,4 и 0,4...14,8 %).

Капельное орошение в сравнении с дождеванием показало более высокую эффективность, так как при дождевании наблюдалось ухудшение показателей продуктивности использования растениями влаги: затраты оросительной воды в 2019 г. увеличились на $173...574 \text{ м}^3/\text{т}$ (77,7...106,5 %), а в 2020 г. – на $139...472 \text{ м}^3/\text{т}$ (52,5...72,0 %), коэффициенты водопотребления – на 165...715 и 148...493 $\text{м}^3/\text{т}$ (32,2...53,6 и 36,7...47,0 %) при снижении урожайности на 0,04...0,37 и 0,01...0,32 т/га (0,8...19,1 и 0,3...9,3 %).

Изучаемые способы полива показали более высокую эффективность по сравнению с поливом по бороздам. Так, при дождевании в 2019 и 2020 гг. соответственно ЗОВ снизились на 497 и 619 $\text{м}^3/\text{т}$ (53,4 и 55,7 %), K_B – на 555 и 640 $\text{м}^3/\text{т}$ (44,9 и 49,7 %), а

продуктивность хлопчатника повысилась на 1,17 и 1,21 т/га (28,0 и 27,2 %). При капельном орошении затраты оросительной воды уменьшились на 709 и 793 м³/т (76,2 и 71,4 %), коэффициенты водопотребления – 764 и 827 м³/т (61,8 и 64,3 %) при увеличении урожайности на 1,34 и 1,38 т/га (31,7 и 29,9 %).

Было установлено, что оптимальной предполивной влажностью почвы для хлопчатника была 75-75-70 % НВ, потому что в среднем за 2019-2020 гг. на этих вариантах опыта для производства 1 т продукции требовалось наименьшее количество оросительной воды – 378...858 м³ при дождевании и 224...481 м³ при капельном орошении, наблюдался наименьший общий расход воды – 543...1235 и 379...818 м³/т при наибольшей урожайности хлопка-сырца – 2,33...5,28 и 2,51...5,41 т/га.

Среди вариантов доз удобрений наилучшие результаты были получены при внесении N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг д. в./га, так как здесь ЗОВ были минимальными и составляли 378...476 и 224...263 м³/т при дождевании и капельном способе соответственно, К_В – 543...711 м³/т и 379...526 м³/т, одновременно с наибольшей урожайностью – 3,68...5,28 и 3,95...5,41 т/га.

Библиографический список

1. Иванов В. М., Туз Р. К. Хлопчатник в Нижнем Поволжье: монография. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2015. 132 с.
2. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье / А. С. Овчинников, Е. А. Ходяков, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 15-24.
3. Функциональное моделирование процессов выращивания хлопчатника / А. С. Овчинников, О. В. Кочеткова, И. Ю. Подковыров, А. Е. Кривопустенко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 3 (47). С. 258-266.
4. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils / A. S. Ovchinnikov, O. H. Kimsanbaev, V. A. Antonov, I. Y. Podkovyrov [et al.] // E3S Web of Conferences. 2020. V. 203.
5. Ali M., Saleem S., Irshad M. Comparative study of different irrigation system for cotton crop in District Rahim Yar Khan, Punjab, Pakistan // International Journal of Agricultural Extension. 2020. V. 8(2). P. 131-138.
6. Bronson K., Hunsaker D., Mon J. Improving Nitrogen Fertilizer Use Efficiency in Surface- and Overhead Sprinkler-Irrigated Cotton in the Desert Southwest // Soil Science Society of America Journal. 2017. V. 81(6). P. 1401-1412.
7. Cotton irrigation scheduling improvements using wetting front detectors in Uzbekistan / N. Ibragimova, M. Avliyakulova, N. Durdieva, S. Evett, F. Gopporova, N. Yakhoyeva // Agricultural Water Management. 2021. V. 244. N. 106538.
8. Evaluation of crop-growth-stage-based deficit irrigation strategies for cotton production in the Southern High Plains / K. Sushil, A. Srinivasulu, J. Bordovsky, M. Darapunenic // Agricultural Water Management. 2019. V. 225. N. 105782.
9. Li J. Increasing Crop Productivity in an Eco-Friendly Manner by Improving Sprinkler and Micro-Irrigation Design and Management: A Review of 20 Years' Research at the IWHR // China Irrigation and Drainage. 2018. V. 67(1). P. 97-112.
10. Ling Y. K., Til F. Economic sustainability of irrigation practices in arid cotton production // Water Resources and Economics. 2017. V. 20. P. 40-52.
11. Sajjan S. R., Suresh P. S., Panna L. R. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment // Agricultural Water Management. 2016. V. 169. P. 14-25.
12. Shukr H., Pembleton K., Zull A. Impacts of effects of deficit irrigation strategy on water use efficiency and yield in cotton under different irrigation systems // Agronomy. 2021. V. 11 (2).

13. Sorensen R., Lamb M., Butts C. Crop rotation, irrigation system, and irrigation rate on cotton yield in southwestern Georgia // Crop, Forage and Turfgrass Management. 2020. V. 6 (1).
14. Timothy S. G., Robert J. L. Rainwater use by cotton under subsurface drip and center pivot irrigation // Agricultural Water Management. 2019. V. 215. P. 1-7.
15. Water productivity and seed cotton yield in response to deficit irrigation: A global meta-analysis / C. Minghui, W. Haidong, F. Junliang, Z. Shaohui, W. Yanli, L. Yuepeng, S. Xin, Y. Ling, Z. Fucang // Agricultural Water Management. 2021. V. 255. N. 107027.
16. Zonta J., Brandao Z., Rodrigues J. Cotton response to water deficits at different growth stages // Revista Caatinga. 2017. V. 30(4). P. 980-990.

Информация об авторах

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

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>. E-mail: redas008@mail.ru

Бондаренко Кирилл Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: kirill-bondarenko-1995@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-14

MINERAL NUTRITION OF CROPS OF FORAGE CROPS IN THE NARIMANOV DISTRICT OF THE ASTRAKHAN REGION

A.A. Aitpaeva^{1,2}, N.V. Tyutyuma², D.S. Kadralliev³

¹State Autonomous Educational Institution of the Astrakhan region of Higher Education «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering», Astrakhan

²Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region

³Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Astrakhan State University», Astrakhan

Received 30.11.2022

Submitted 10.02.2023

Abstract

Introduction. Currently, field fodder production in most of the arid zone is undergoing crisis changes. The destruction of the structure of fodder crop rotations and the reduction in the area of fodder crops led to the degradation of soil fertility and the intensification of negative processes on arable lands. Saturation of crop rotations with tilled crops to the detriment of perennial legumes and other fodder crops exacerbates the manifestation of degradation processes. At the same time, the Volga-Akhtuba floodplain is a unique zone in terms of its soil and climatic characteristics, capable of producing a significant amount of fodder and other agricultural products in the Astrakhan region. Favorable floodplain conditions make it possible to achieve a situation where the production of feed prevails over the need of farm animals for them. A powerful feed base, in turn, has a positive effect on the growth of milk and meat productivity of cattle. In this regard, the use of the forage potential of the Volga-Akhtuba floodplain based on the introduction of science-based forage crop rotations seems to be one of the most important tasks of modern forage production in the arid zone. It is also of great importance at the level of a particular farm to determine the optimal need of farm animals for feed and, on the basis of this, plan the number of farm animals depending on the output of feed units from various types of agricultural land assigned to an agricultural enterprise. **Object.** The object of research was a fodder crop rotation developed for the conditions of the Volga-Akhtuba floodplain. **Materials and methods.** The study found the use of methods of systemic and complex analysis. **Results and**

conclusions. We have developed a 7-field fodder grain-grass row crop rotation for the farms of the left-bank zone of the Volga-Akhtuba floodplain of the Narimanov district of the Astrakhan region, which includes: the first field - Barley + Lucerne; the second field is Lucerne; the third field is Lucerne; the fourth field - Winter rye for hay, the fifth field - Corn for silage, the sixth field - Fodder beet, the seventh field - Sorghum for silage. Studies have shown that the yield of fodder crops in a crop rotation directly depends on the doses of mineral fertilizers. This trend is observed in all variants of experiments. It should be noted that the main crop of the fodder crop rotation, alfalfa, forms the maximum level of yield in the second year of use, which is explained by the high growth rate after mowing, the formation of a significant vegetative mass. As a result of the studies conducted with backgrounds of mineral nutrition, an increase in the yield of the studied varieties was noted, depending on the increase in the dose of applied fertilizers within the limits of the realization of the genetic potential of productivity.

Key words: *fodder production, sustainable development, arid zone, fodder crop rotation.*

Citation. Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V., Kadraliev D. S. Mineral nutrition of forage crops in the Narimanov district of the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 137-148 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-14.

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

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

УДК 633.2/.3

МИНЕРАЛЬНОЕ ПИТАНИЕ КУЛЬТУР КОРМОВОГО СЕВООБОРОТА В НАРИМАНОВСКОМ РАЙОНЕ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

А. А. Айтпаева^{1,2}, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. В. Тютюма², доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
член-корреспондент РАН
Д. С. Кадралиев³, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Астрахань

²ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, с. Соленое Займище

³ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г. Астрахань

Дата поступления в редакцию 30.11.2022

Дата принятия к печати 10.02.2023

Актуальность. В настоящее время полевое кормопроизводство на большей территории аридной зоны переживает кризисные изменения. Разрушение структуры кормовых севооборотов и сокращение площадей кормовых культур привело к деградации почвенного плодородия и усилению негативных процессов на пахотных землях. Насыщение севооборотов пропашными культурами в ущерб многолетним бобовым травам и другим кормовым культурам усугубляет проявление деградационных процессов. Вместе с тем Волго-Ахтубинская пойма – уникальная по своим почвенно-климатическим характеристикам зона, способная продуцировать значительное количество кормов и другой сельскохозяйственной продукции в Астраханской области. Благоприятные условия поймы способствуют тому, что при научно-обоснованном подходе производство кормов может превалировать над потребностью сельскохозяйственных животных в них. Мощная кормовая база в свою очередь положительно отражается на росте молочной и мясной продуктивности КРС. В связи с этим использование кормового потенциала Волго-Ахтубинской поймы на основе внедрения научно-обоснованных кормовых севооборотов представляется одной из важнейших задач современного кормопроизводства в аридной зоне. Большое значение также приобретает планирование численности сельскохозяйственных животных в зависимости от выхода кормовых единиц с различных видов сельскохозяйственных угодий, закрепленных за конкретным сельскохозяйственным предприятием. **Объекты.** Объектом исследований выступал кормовой севооборот, разработанный

для почвенно-климатических условий Волго-Ахтубинской поймы. **Материалы и методы.** В исследовании использовались методы системного и комплексного анализа. **Результаты и выводы.** Нами был разработан семипольный кормовой зернотравяно-пропашной севооборот для хозяйств левобережной зоны Волго-Ахтубинской поймы Наримановского района Астраханской области, включающий в себя: первое поле – ячмень+люцерна; второе поле – люцерна; третье поле – люцерна; четвертое поле – озимая рожь на сено, пятое поле – кукуруза на силос, шестое поле – кормовая свекла, седьмое поле – сорго на силос. Исследования показали, что урожайность кормовых культур в севообороте напрямую зависит от доз внесения минеральных удобрений. Данная тенденция прослеживается по всем вариантам опытов. Необходимо отметить, что основная культура кормового севооборота – люцерна – максимальный уровень урожайности формирует во второй год использования, что объясняется высокой скоростью отрастания после укосов, формированием значительной вегетативной массы. В результате проведенных исследований с фонами минерального питания был отмечен рост урожайности изучаемых сортов в зависимости от увеличения дозы вносимых удобрений в пределах реализации генетического потенциала продуктивности.

Ключевые слова: кормовые культуры, кормовые севообороты, аридная зона, минеральное питание кормовых культур.

Цитирование. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В., Кадралиев Д. С. Минеральное питание культур кормового севооборота в Наримановском районе Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 137-148. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-14.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение Проблема сохранения почвенного плодородия является одной из острейших в земледелии. Усиление антропогенного влияния на почву, несбалансированные и нарушенные агроландшафты привели к интенсификации деградационных процессов почвенного покрова. На почвах аридной зоны наиболее распространенными видами деградации являются дегумификация, деструктуризация, переуплотнение и засоление. Процессы интенсивной деградации почв ведут к существенному снижению плодородия и падению урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и кормовых (А. Х. Куликова, 2015, С. Н. Немцев, 2015; В. И. Свиридов, О. В. Свиридова, 2019; Г. Н. Черкасов, Д. В. Дубовик, Н. П. Масютенко, 2017).

Интенсивное использование почв в современном земледелии является мощным антропогенным фактором, ускоряющим развитие многих негативных процессов в почвах. Уменьшение количества гумуса в пашне происходит вследствие возделывания сельскохозяйственных культур, характеризующихся низким уровнем накопления органического вещества в почве (Б. М. Когут, З. С. Артемьева, Н. П. Масютенко, 2017).

Практика земледелия, результаты многих полевых опытов показывают, что длительное использование почв без восполнения запасов гумуса ведет со временем к снижению его содержания, а следовательно, и к падению плодородия.

Непроизводительный расход гумуса при активной его минерализации в условиях интенсивной обработки почвы отрицательно сказывается на урожайности сельскохозяйственных культур, в том числе и кормовых (Н. П. Масютенко, 2016).

Исследования показали, что в севообороте с высоким (33,3 %) насыщением пропашными культурами (картофелем) без многолетних трав складывался напряженный баланс гумуса. В своих работах интенсивное снижение содержания гумуса в почве в севооборотах, насыщенных пропашными культурами, подтверждают многие исследователи (В. Eyheraguibel, J. Silvestre, P. Morard, 2008).

Особенно актуальна проблема деградации почвенного плодородия для аридных зон России [9, 11, 12]. Основная причина проявления негативных тенденций кроется в разрушении структуры научно-обоснованных севооборотов, недостаточном количестве внесения органических и минеральных удобрений, игнорировании принципов зонального районирования сельскохозяйственных культур в зависимости от почвенно-климатических условий региона, предпочтении крестьянско-фермерских хозяйств заниматься производством картофеля и овощей.

Материалы и методы. Цель исследований сводилась к разработке путей устойчивого развития отрасли кормопроизводства в зоне Волго-Ахтубинской поймы (на примере Наримановского района Астраханской области). Постановка цели обусловила выделение задач, на достижение которых направлены исследовательские усилия в рамках данной статьи:

1. Проанализировать проблемы кормопроизводства в аридной зоне.
2. Выявить основные направления устойчивого развития полевого кормопроизводства в Наримановском районе Астраханской области.
3. Обосновать потребность поголовья КРС в кормах.
4. Разработать примерную схему длинно-ротационного кормового севооборота для условий Волго-Ахтубинской поймы.

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

Результаты и обсуждение. Нарращивание поголовья КРС предполагает создание устойчивой кормовой базы. Закупка кормов на стороне невыгодна с экономической точки зрения. Доля затрат на корма в себестоимости животноводческой продукции занимает, как правило, от 50 до 80 %. Хозяйство, специализирующееся на разведении сельскохозяйственных животных, должно стремиться выращивать корма самостоятельно для собственного поголовья. Так, для скотоводческого предприятия, расположенного в пойме левобережной зоны Наримановского района Астраханской области на 200-300 голов КРС, одна третья часть из которых – коровы, необходимо иметь 210 га пашни и 250 га пастбищ. Имеющиеся площади сельскохозяйственных угодий позволят обеспечить скоту полноценную кормовую базу.

Мы в своих исследованиях осуществили планирование общей потребности в кормах на перспективу с учетом увеличения поголовья для среднестатистического крестьянско-фермерского хозяйства рассматриваемой зоны. Ориентировочные нормы расхода кормов на производство 1 кг продукции представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормативы расхода кормов на создание 1 кг продукции

Table 1 – Feed consumption standards for the creation of 1 kg of products

Вид продовольствия	Кормовых единиц, кг	Переваримого протеина в 1 к.ед., г
Молоко	1,5	105
Говядина	9,5	107

Согласно нормативам, для производства 1 л молока необходимо затратить 1,5 кг к.ед., а для производства 1 кг говядины – 9,5 кг к.ед. Сегодня в рационах астраханцев ощущается крайний недостаток потребления местной молочной продукции и говядины, необходимых для поддержания здоровья и долголетия населения области. Поэтому региональные власти должны всячески стимулировать сельхозтоваропроизводителей к увеличению численности всех видов сельскохозяйственных животных, в особенности КРС.

Таблица 2 – Планируемое поголовье КРС / Table 2 – Planned number of cattle

Вид скота	Прогнозируемое поголовье, гол
КРС	300
В том числе коровы	100

Зная планируемое поголовье, мы можем рассчитать потребность в кормовых единицах для производства молока и говядины на перспективу (таблица 3).

Таблица 3 – Потребность в кормовых единицах для производства молока

Table 3 – Need for feed units for milk production

Вид животных	Расход кормовых единиц на производство 1 л молока	Расход кормовых единиц в год на 1 корову, кг	Расход кормовых единиц на все поголовье, кг
Коровы	1,5	6000	600000

При среднегодовом удое 4000 л молока от 1 коровы, потребность запланированного поголовья в кормах оценивается в 600 т к. ед. За последние 5 лет в хозяйствах региона среднегодовой удой в расчете на 1 корову составил 2000 л молока или в 2 раза меньше планируемого уровня. Как правило, на многих предприятиях с середины апреля до середины ноября коровы находятся на свободном выпасе на естественных пастбищах.

Потребность в кормовых единицах для производства говядины представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Потребность в кормовых единицах для производства говядины

Table 4 – Need for feed units for beef production

Вид животных	Расход кормовых единиц на производство 1 кг говядины	Расход кормовых единиц в год на 1 голову КРС, кг	Расход кормовых единиц на все поголовье, кг
КРС	9,5	3000	600 000

Расход кормовых единиц на 1 голову КРС в год 3000 кг, общий расход кормовых единиц на 200 голов скота 600 т.к.ед.

Суммируя итоговые показатели, определяем общую потребность в кормовых единицах, которая составляет 1200 тонн, из которых 1050 тонн планируем получить с полевого кормопроизводства и 50 тонн с естественных пастбищ.

Почвенный покров левобережной зоны Наримановского района Астраханской области представлен преимущественно аллювиальными дерновыми насыщенными почвами различной степени засоления и их разновидностями, аллювиальными луговыми насыщенными засоленными почвами. Основным ресурсом данной зоны является равнинная территория с жарким сухим климатом. Основное направление современного использования территории – сельскохозяйственное. Ландшафты дельты характеризуются благоприятным сочетанием природных факторов и пригодны для рекреационного использования. Для территории характерна повышенная естественная засоленность почвогрунтов. Наличие реликтового засоления грунтов способствует вторичному засолению почв. С учетом складывающихся погодных и почвенно-климатических условий зоны нами был разработан кормовой севооборот (таблица 5), изучение которого осуществлялось с 2012 по 2018 гг.

В первый год реализации разработанного севооборота, размещение культур было следующим: I поле — ячмень с подсевом люцерны, под которое отводилось 30 га пашни. Ячмень с подсевом люцерны обладает хорошей способностью повышать почвенное плодородие. Ведущей культурой в данном севообороте является люцерна, которая имеет наибольший удельный вес от других сопутствующих культур и занимает три поля севооборота — I, II, III.

Таблица 5 – Схема кормового севооборота для условий Наримановского района, Астраханской области

Table 5 – Scheme of fodder crop rotation for the conditions of the Narimanov district, Astrakhan region

№ поля	Культура	Площадь, га
1	Ячмень+Люцерна	30
2	Люцерна	30
3	Люцерна	30
4	Озимая рожь на сено	30
5	Кукуруза на силос	30
6	Кормовая свекла	30
7	Сорго на силос	30
Итого		210

Таблица 6 – План освоения кормового зернотравянопропашного севооборота

Table 6 – Plan for the development of fodder grain-grass row crop rotation

Н№	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	Культура	Культура	Культура	Культура	Культура	Культура	Культура
I	Ячмень+люцерна	Люцерна	Люцерна	Озимая рожь на сено	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Сорго на силос
II	Люцерна	Люцерна	Озимая рожь на сено	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Сорго на силос	Ячмень+Люцерна
III	Люцерна	Озимая рожь на сено	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Сорго на силос	Ячмень+Люцерна	Люцерна
IV	Озимая рожь на сено	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Сорго на силос	Ячмень+Люцерна	Люцерна	Люцерна
V	Кукуруза на силос	Кормовая свекла	Сорго на силос	Ячмень+люцерна	Люцерна	Люцерна	Озимая рожь на сено
VI	Кормовая свекла	Сорго на силос	Ячмень+Люцерна	Люцерна	Люцерна	Озимая рожь на сено	Кукуруза на силос
VII	Сорго на силос	Ячмень+люцерна	Люцерна	Люцерна	Озимая рожь на сено	Кукуруза на силос	Кормовая свекла

Многочисленными исследованиями и производственной практикой установлено положительное влияние на продуктивность люцерны органических удобрений: навоза, компоста и др. Вносят их преимущественно под культуры, предшествующие посеву люцерны. С учетом этих рекомендаций мы разработали минеральное питание люцерны и других культур в севообороте (таблица 7).

В двухфакторных опытах изучали: фактор А – различные сорта сельскохозяйственных культур и фактор Б – разные дозы органических и минеральных удобрений. Расчет минеральных удобрений производили с учетом выноса питательных веществ запланированным урожаем сельскохозяйственных культур. Первое поле севооборота было представлено яровым ячменем + люцерной. Проведенные исследования показали, что фон минерального питания оказывает положительное влияние на рост урожайности люцерны сортов Талисман и Ленинская местная, которая по вариантам опыта изменялась от 6,2-6,3 т/га (контроль) до 11,2-11,5 т/га (вариант опыта Р₁₀₀, К₇₀ в качестве основного удобрения и N₃₀, Р₆₀, К₅₀ в подкормки) соответственно. Рост урожайности составил 1,8-1,82 раза. Сорт Талисман по урожайности превосходил сорт Ленинская местная.

Таблица 7 – Система удобрений первого поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 7 – Fertilizer system of the first field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения		Урожайность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Основное удобрение	Подкормки		
I	Яровой ячмень+ Люцерна.	Контроль	Медикум 139+	-	-	6,3	
		Вариант 1		P ₆₀ , K ₃₀	N ₁₀ , P ₄₀ , K ₃₀	8,4	
		Вариант 2		P ₈₀ , K ₅₀	N ₂₀ , P ₅₀ , K ₄₀	9,6	
		Вариант3	Талисман	P ₁₀₀ , K ₇₀	N ₃₀ , P ₆₀ , K ₅₀	11,5	
		Контроль	Медикум 139+ Ленинская местная	-	-	6,2	
		Вариант 1		P ₆₀ , K ₃₀	N ₁₀ , P ₄₀ , K ₃₀	8,2	
		Вариант 2		P ₈₀ , K ₅₀	N ₂₀ , P ₅₀ , K ₄₀	9,3	
		Вариант3		P ₁₀₀ , K ₇₀	N ₃₀ , P ₆₀ , K ₅₀	11,2	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,08 АВ – 0,06					
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,08					
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,06 АВ – 0,05					
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,08 АВ – 0,07					
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,07 В-0,04 АВ – 0,05					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,05 АВ – 0,06					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,02 В-0,04 АВ – 0,03					

Таблица 8 – Система удобрений второго поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 8 – Fertilizer system of the second field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения		Урожайность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Основное удобрение	Подкормки		
II	Люцерна.	Контроль	Талисман	-	-	9,0	
		Вариант 1		-	N ₁₅ , P ₄₀ , K ₃₀	13,5	
		Вариант 2		-	N ₂₅ , P ₅₀ , K ₄₀	15,8	
		Вариант3		-	N ₃₅ , P ₆₀ , K ₅₀	17,4	
		Контроль	Ленинская местная	-	-	8,8	
		Вариант 1		-	N ₁₅ , P ₄₀ , K ₃₀	13,0	
		Вариант 2		-	N ₂₅ , P ₅₀ , K ₄₀	15,1	
		Вариант3		-	N ₃₅ , P ₆₀ , K ₅₀	16,8	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,06					
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,08					
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,07 АВ – 0,05					
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,08 АВ – 0,07					
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,03					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,05 АВ – 0,07					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,04 АВ – 0,06					

Второе и третье поля севооборота представлены люцерной. За период весенне-летней вегетации было сделано 5 укосов изучаемой культуры. Основное удобрение под люцерну не вносилось, однако были произведены подкормки под каждый укос. Урожайность по вариантам опыта колебалась от 8,8-9 т/га (контроль) до 16,8-17,4 т/га (вариант опыта, где удобрения вносились в подкормки в дозе N_{35} , P_{60} , K_{50}). На лучших опытных вариантах урожайность люцерны во второй год использования была выше в 1,9-1,93 раза по сравнению с контрольными вариантами (таблица 8).

В третий год использования люцерны урожайность на лучших вариантах опыта по сравнению с контрольными вариантами возросла в 1,8-1,9 раза (таблица 9). При этом тенденция получения более высокой урожайности у сорта люцерны Талисман по сравнению с сортом Ленинская местная сохранялась и во второй, и в третий годы ее использования.

Таблица 9 – Система удобрений третьего поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 9 – Fertilizer system of the third field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

(Алтайский край, Азиатский регион, 2012-2018)							
№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения		Урожайность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Основное удобрение	Подкормки		
III	Люцерна.	Контроль	Талисман	-	-	8,9	
		Вариант 1		-	N ₂₀ , P ₄₀ , K ₃₀	13,1	
		Вариант 2		-	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	15,2	
		Вариант3		-	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	16,9	
		Контроль	Ленинская местная	-	-	8,6	
		Вариант 1		-	N ₂₀ , P ₄₀ , K ₃₀	12,8	
		Вариант 2		-	N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	14,7	
		Вариант3		-	N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	16,2	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,09 АВ – 0,05					
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,04					
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05					
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,08					
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,08 АВ – 0,07					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,04					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,08 АВ – 0,04					

Четвертым полем в севообороте была озимая пшеница, возделываемая на сено. Урожайность ее по вариантам опыта колебалась от 4-4,2 т/га (у сортов Саратовская 5 и Безенчукская 87 соответственно) на контрольных вариантах до 6,8-7 т/га на вариантах опыта с уровнем минерального питания N_{50} , P_{70} , K_{60} в основное удобрение и N_{40} в подкормки (таблица 10).

После озимой пшеницы в севообороте размещалась кукуруза на силос. Изучались сорта Воронежский 150 СВ и Воронежский 160 СВ (таблица 11). Урожайность в зависимости от дозы органических и минеральных удобрений колебалась у сорта Воронежский 150 СВ от 10 т/га на контрольном варианте до 13,9 т/га на варианте 3 (20-30 т/га навоза, N_{60} , P_{60} , K_{60} в основное удобрение и N_{60} , P_{30} в подкормки). Сорт Воронежский 160 СВ оказался более урожайным по сравнению с сортом Воронежская 150 СВ.

Таблица 10 – Система удобрений четвертого поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 10 – The fertilizer system of the fourth field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения		Урожайность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Основное удобрение	Подкормки		
IV	Озимая рожь сено.	Контроль	Саратовская 5	-	-	4,2	
		Вариант 1		N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	N ₂₀	5,9	
		Вариант 2		N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	N ₃₀	6,4	
		Вариант3		N ₅₀ , P ₇₀ , K ₆₀	N ₄₀	7,0	
		Контроль	Безенчукская 87	-	-	4,0	
		Вариант 1		N ₃₀ , P ₅₀ , K ₄₀	N ₂₀	5,6	
		Вариант 2		N ₄₀ , P ₆₀ , K ₅₀	N ₃₀	6,1	
		Вариант3		N ₅₀ , P ₇₀ , K ₆₀	N ₄₀	6,8	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,07					
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,07 АВ – 0,09					
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,06 АВ – 0,05					
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,08 АВ – 0,07					
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05					
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,06					
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,08 АВ – 0,03					

Таблица 11 – Система удобрений пятого поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 11 – The fertilizer system of the fifth field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения			Урожайность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Органическое удобрение (навоз), т/га	Основное удобрение	Подкормки		
V	Кукуруза на силос.	Контроль	Воронежский 150 СВ	-	-	-	10	
		Вариант 1		10-20	N ₄₀ , P ₄₀ , K ₄₀	N ₄₀ , P ₂₀	11,6	
		Вариант 2		15-25	N ₅₀ , P ₅₀ , K ₅₀	N ₅₀ , P ₂₅	12,7	
		Вариант3		20-30	N ₆₀ , P ₆₀ , K ₆₀	N ₆₀ , P ₃₀	13,9	
		Контроль	Воронежский 160 СВ	-	-	-	11	
		Вариант 1		10-20	N ₄₀ , P ₄₀ , K ₄₀	N ₄₀ , P ₂₀	12,4	
		Вариант 2		15-25	N ₅₀ , P ₅₀ , K ₅₀	N ₅₀ , P ₂₅	13,5	
		Вариант3		20-30	N ₆₀ , P ₆₀ , K ₆₀	N ₆₀ , P ₃₀	14,4	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,09 АВ – 0,07						
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,08 АВ – 0,06						
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,05 АВ – 0,04						
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,09 АВ – 0,08						
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,05 АВ – 0,06						
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,04 АВ – 0,03						
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,03 АВ – 0,04						

Таблица 12 – Система удобрений шестого поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 12 – Fertilizer system of the sixth field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения			Урожай-ность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Органиче-ское удобрение (навоз), т/га	Основное удобрение	Подкормки		
VI	Кормовая свекла	Контроль	Бригадир	-	-	-	30	
		Вариант 1		10-20	N ₇₀ , P ₅₀ , K ₄₀	N ₂₀ , P ₁₀	40	
		Вариант 2		15-25	N ₈₀ , P ₆₀ , K ₅₀	N ₃₀ , P ₁₅	46	
		Вариант3		20-30	N ₉₀ , P ₇₀ , K ₆₀	N ₄₀ , P ₂₀	54	
		Контроль	Лада	-	-	-	35	
		Вариант 1		10-20	N ₇₀ , P ₅₀ , K ₄₀	N ₂₀ , P ₁₀	42	
		Вариант 2		15-25	N ₈₀ , P ₆₀ , K ₅₀	N ₃₀ , P ₁₅	49	
		Вариант3		20-30	N ₉₀ , P ₇₀ , K ₆₀	N ₄₀ , P ₂₀	58	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,04 АВ – 0,05						
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,06						
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,05 АВ – 0,06						
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,07 В-0,08 АВ – 0,05						
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,03 В-0,06 АВ – 0,07						
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,06 АВ – 0,04						
		2018 г.-НСП 0.5 А-0,06 В-0,04 АВ – 0,05						

Таблица 13 – Система удобрений седьмого поля в кормовом севообороте
(Наримановский район, Астраханская область, 2012-2018 гг.)

Table 13 – Fertilizer system of the seventh field in the fodder crop rotation
(Narimanovsky district, Astrakhan region, 2012-2018)

№	Чередование культур в севообороте	Вариант опыта	Фактор А сорт	Фактор Б минеральные удобрения			Урожай-ность т/га, средняя за 2009-2015 гг.	
				Органическое удобрение	Основное удобрение	Подкормк и		
VII	Сорго на силос	Контроль	Зерноградский янтарь	-	-	-	43	
		Вариант 1		10-20	N ₈₀ , P ₄₀ , K ₄₀	N ₂₀	45	
		Вариант 2		15-25	N ₉₀ , P ₅₀ , K ₅₀	N ₃₀	48	
		Вариант3		20-30	N ₁₀₀ , P ₆₀ , K ₆₀	N ₄₀	50	
		Контроль	Дебют	-	-	-	41	
		Вариант 1		10-20	N ₈₀ , P ₄₀ , K ₄₀	N ₂₀	43	
		Вариант 2		15-25	N ₉₀ , P ₅₀ , K ₅₀	N ₃₀	46	
		Вариант3		20-30	N ₁₀₀ , P ₆₀ , K ₆₀	N ₄₀	48	
		2012 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,08 АВ – 0,06						
		2013 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,07 АВ – 0,04						
		2014 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,05 АВ – 0,07						
		2015 г.-НСП 0,5 А-0,07 В-0,08 АВ – 0,06						
		2016 г.-НСП 0,5 А-0,04 В-0,06 АВ – 0,05						
		2017 г.-НСП 0,5 А-0,05 В-0,06 АВ – 0,04						
		2018 г.-НСП 0,5 А-0,06 В-0,05 АВ – 0,06						

Шестым полем севооборота выступало поле кормовой свеклы. Схемой опыта было предусмотрено внесение органических и минеральных удобрений на посадках изучаемой культуры (таблица 12).

Более урожайным среди изучаемых сортов кормовой свеклы оказался сорт Лада. По вариантам опыта его урожайность превосходила урожайность сорта Бригадир в среднем на 4-5 т/га.

Выводы. Устойчивое развитие кормопроизводства в аридной зоне возможно только при комплексном подходе к функционированию отрасли. Условия Волго-Ахтубинской поймы в целом благоприятны для наращивания производства кормов и обеспечения полноценной кормовой базы КРС.

Вместе с тем в каждом хозяйстве необходимо определять оптимальную численность сельскохозяйственных животных в зависимости от объема производства кормовых единиц со всех видов кормовых угодий. Большую роль в устойчивом развитии кормопроизводства играет выращивание кормовых культур в системе научно-обоснованных кормовых севооборотов. При этом для условий поймы рекомендуется внедрение 7-польных кормовых севооборотов, в наибольшей степени реализующих генетический потенциал продуктивности кормовых культур.

Правильный подбор сортов и оптимизация минерального питания в кормовых севооборотах является решающим фактором повышения урожайности кормовых культур и выхода кормовых единиц с используемых площадей пахотных земель.

Библиографический список

1. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. СПб.: КВАДРО, 2013. 680 с.
2. Когут Б. М., Артемьева З. С., Масютенко М. П. Органическое вещество русского чернозема: от Докучаева до наших дней // Черноземы Центральной России: генезис, эволюция и проблемы рационального использования. Воронеж, 2017. С. 271–276.
3. Куликова А. Х., Захаров Н. Г. Последствие осадков сточных вод, применяемых в качестве удобрения сельскохозяйственных культур, в зависимости от систем основной обработки почвы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2015. № 2 (30). С. 6–13.
4. Масютенко Н. П. Оценка влияния агрогенных факторов на запасы энергии в лабильной части органического вещества чернозема типичного // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов науч.-практич. конф. Курск, 2016. С. 183–188.
5. Масютенко Н. П., Карпачев И. Н. Изменение состава органического вещества чернозема типичного под культурами зернопаропропашного и зернотравяного севооборотов в зависимости от внесения удобрений и обработки почвы // Актуальные проблемы почвоведения, экологии и земледелия: сборник докладов науч.-практич. конф. Курск, 2016. С. 188–193.
6. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области / Г. Н. Черкасов, Д. В. Дубовик, Н. П. Масютенко [и др.]. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. 188 с.
7. Немцев С. Н., Карпов А. В., Сайдяшева Г. В. Агрофизические свойства почв агроландшафтов южной зоны Ульяновской области // Вестник Ульяновской ГСХА. 2015. № 2. С. 18–24.
8. Свиридов В. И., Свиридова О. В. Управление балансом гумуса в севооборотах посредством состава и соотношения посевных площадей возделываемых культур // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 6–11.
9. Тютюма Н. В., Айтпаева А. А., Беспалова О. Н. Устойчивое развитие кормопроизводства как основа наращивания животноводческой продукции в регионе // АгроЭкоИнфо. 2022. № 4 (52).
10. Eyheraguibel B., Silvestre J., Morard P. Effects of humic substances derived from organic waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize // Bioresource Technology. 2008. No 99. P. 4206–4212.

11. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Strategic directions of development of dairy cattle breeding in the region in the conditions of modern challenges // Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges. 2019. V. 39.

12. Timofeeva G. V., Akmaeva R. I., Aitpaeva A. A. Benchmarking Study on the Level of Food Security of Southern Russia Regions on the Basis of Innovative Approaches // Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges. 2018. V. 39.

Информация об авторах

Айтпаева Айгуль Алдунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук., доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», доцент кафедры «Экспертиза, эксплуатация и управление недвижимостью», начальник управления научно-исследовательской работы и международных связей Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (414056, Астраханская обл., г. Астрахань, ул. Татищева, 18.); научный сотрудник ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, кв.-л Северный, 8). Email: arman.bisaliyev2012@yandex.ru, ORCID 0000-0003-3898-5813

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

Кадралиев Дамир Смагилович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агротехнологий, инженерии и агробизнеса ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет» (414056, Астраханская обл., г. Астрахань, ул. Татищева, 20а.). Email. kadralliev.damir@yandex.ru. ORCID ID №0000-0002-0332-3935

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-15

ASSESSMENT OF ARID FORAGE PLANTS AS PHYTOMELIORANTS OF DESERTED PASTURE ECOSYSTEMS

G.K. Bulakhtina, N.A. Tyutyuma

*Federal State Budget Scientific Institution «Precaspian agrarian federal scientific center
of the Russian Academy of Sciences», Astrakhan region*

Received 01.02.2023

Submitted 10.03.2023

Abstract

Introduction. The relevance of research lies in the need to identify plants of various life forms that can solve the problem of not only preserving, but also increasing the species diversity, productivity and fodder value of pastures in arid conditions. **Object.** The object of research was arid fodder perennial plants: *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke., *Camphorosma monspeliaca* L., *Krascheninnikovia aewersmanniana* (Stschegl. ex Losinsk., *Salsola Paletziana* Litw., *Halothamnus subaphyllus* (C.A. Mey.) Botsch., *Artemisia diffusa* L., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Salsola orientalis* SG Gmel., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin. **Materials and methods.** The aim of the research was to assess the adaptation and resistance of perennial fodder plants to the soil and climatic conditions of the arid region in order to use them as phytomeliorants for the restoration of arid desert pasture ecosystems in southern Russia. The studies were carried out according to the generally accepted methods of I.G. Gringoff and Yu.S. Lynova (phenology), Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology (productivity), B.A. Dospekhova (winter hardiness, assessment of the state of sowing, accounting for disease damage, pest damage), All-Russian Institute of Plant Industry named after N. I. Vavilov (assessment of plant response to drought). Agrochemical analysis of soil and plants was carried out at the State Center for Agrochemical Service «Astrakhansky» (Astrakhan). The calculation of the exchange energy and the energy feed unit in the feed mass was carried out according to the method of the Federal Research Center for Animal Husbandry named after Academy Member L.K. Ernst. **Results and conclusion.** The study of perennial fodder plants was carried out in the nursery for the introduction of trees and shrubs of the Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences», which was created in cooperation and using the seed material of the Limited Liabil-

ity Partnership «South-Western Research Institute of Animal Husbandry and Plant Growing» (Kazakhstan) and the Uzbek Research Institute of Karakul Breeding and Desert Ecology, Autonomous Institution of the Republic of Kalmykia «KALMLES» (Kalmykia). All studied perennial fodder plants are highly winter-hardy, drought-resistant, undemanding to soil fertility, and resistant to diseases and damage by pests; the height of the above-ground part of the plants was 0.81-1.58 m, which will positively affect snow retention and the creation of calm zones in the semi-desert pasture; the yield of the studied plants was 1.6-18.9 (3 years) t/ha of dry matter, which significantly exceeded the productivity of the natural pasture by 3-37 times; all fodder plants have a high energy feed unit - 0.701–0.972.

Key words: arid region, semi-desert pasture, productivity, energy feed unit, fodder plants.

Citation. Bulakhtina G.K., Tyutyuma N.A. Assessment of arid forage plants as phytomeliorants of deserted pasture ecosystems. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023.1(69). 148-157 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-15.

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 631.6

ОЦЕНКА АРИДНЫХ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ФИТОМЕЛИОРАНТОВ ОПУСТЫНЕННЫХ ПАСТБИЩНЫХ ЭКОСИСТЕМ

Г.К. Булахтина, кандидат сельскохозяйственных наук
Н.А. Тютюма, аспирант

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, с. Соленое Займище

Дата поступления в редакцию 01.02.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность исследований состоит в необходимости выявления растений различных жизненных форм, которые смогут решить задачу не только сохранения, но и увеличения видового разнообразия, продуктивности и кормовой ценности пастбищ в аридных условиях. **Объектом исследований** были аридные кормовые многолетние растения: *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke., *Camphorosma monspeliaca* L., *Krascheninnikovia ewersmanniana* (Sischegl. ex Losinsk., *Salsola Paletziana* Litw., *Halothamnus subaphyllus* (C.A. Mey.) Botsch., *Artemisia diffusa* L., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Salsola orientalis* SG Gmel., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin. **Материалы и методы.** Целью исследований являлось проведение оценки приспособления и устойчивости многолетних кормовых растений к почвенно-климатическим условиям аридного региона для использования их в качестве фитомелиорантов для восстановления аридных опустыненных пастбищных экосистем юга России. Исследования проводились по общепринятым методикам И.Г. Грингоф и Ю.С. Лынова (фенология), ВНИИ кормов (урожайность), Б.А. Доспехова (зимостойкость, оценка состояния посева, учет поражения болезнями, повреждение вредителями), ВИР (оценка реакции растений на засуху). Агрохимический анализ почвы и растений проводился в Государственном центре агрохимической службы «Астраханский» (г. Астрахань). Расчет обменной энергии и энергетической кормовой единицы (ЭКЕ) в кормовой массе проводился по методике ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста. **Результаты и выводы.** Изучение многолетних кормовых растений проводилось в питомнике интродукции древесно-кустарниковых растений ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», который был создан в сотрудничестве и использовании семенного материала ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (Казахстан) и Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь, АУ РК «КАЛМЛЕС» (Калмыкия). Все изучаемые многолетние кормовые растения обладают высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, неприхотливы к плодородию почвы, а также устойчивы к болезням и повреждению вредителями; высота надземной части растений составила 0,81-1,58м, что положительно повлияет на снегозадержание, и создание затишко-

вых зон на полупустынном пастбище; урожайность исследуемых растений составила 1,6-18,9 (3 год) т/га сухого вещества, что существенно превысило продуктивность естественного пастбища в 3-37 раз; все кормовые растения, имеют высокий показатель ЭКЕ (энергетическая кормовая единица) - 0,701–0,972.

Ключевые слова: аридные регионы, полупустынные пастбища, урожайность кормовых культур, энергетическая кормовая единица, кормовые растения.

Цитирование. Булахтина Г.К., Тютюма Н.А. Оценка аридных кормовых растений в качестве фитомелиорантов опустыненных пастбищных экосистем. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 148-157. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-15.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время в полупустынных и пустынных регионах не только России, но и Казахстана, Киргизии, Таджикистана и др. в результате чрезмерного выпаса, низкой агротехники обработки земли и аридизации климата, отмечается усиление процессов деградации, засоления, разрушения почвенного и растительного покрова, и в результате прогрессирование опустынивания [1, 2, 7, 10, 13].

Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием (1995г.) была разработана как главный инструмент для содействия на международном уровне устойчивому развитию регионов, подверженных высокому антропогенному воздействию в сочетании с аридизацией климата. Однако на тот период само понятие «опустынивание» было еще неоднозначно воспринято научным сообществом. В то же время многочисленными исследованиями российских и зарубежных специалистов убедительно были выявлены явные процессы ксерофитизации растительного покрова, высыхание и гибель защитных насаждений, активное движение песков. Особенно это отмечалось в аридных пастбищных экосистемах [6, 8, 9, 11, 16-18].

Таким образом, исследования, направленные на сдерживание процессов опустынивания земель, имеют важное государственное значение. Актуальность исследований состоит в необходимости выявления таких растений, которые смогут решить задачу не только сохранения, но и увеличения видового разнообразия и продуктивности пастбищ в аридных условиях. Эффективным направлением в решении данной проблемы может стать интродукция новых видов и форм кормовых растений из других регионов страны и дикой флоры. Сейчас во многих странах проводятся работы по сбору, сохранению и использованию генетических ресурсов растений в различных отраслях народного хозяйства, в том числе в кормопроизводстве. Так, в Казахстане имеется богатая коллекция кормовых культур, в т.ч. на Приаральской опытной станции сохраняются в живом виде кормовых растений – 4 019 образцов. В Узбекском НИИ каракулеводства и экологии пустынь собран и создан генофонд аридных кормовых растений, включающий 233 образца саксаула, 75 чогона, 148 терескена, 163 кохии, 84 солянки восточной [15].

В Астраханской области в Прикаспийском аграрном центре (ФГБНУ «ПАФНЦ РАН») проводятся многолетние исследования по изучению кормовых растений из аридных регионов России и ближнего зарубежья в почвенно-климатических условиях Северного Прикаспия [3-5, 14].

В питомнике ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» собраны аридные кормовые растения различных жизненных форм (травы, кустарники, деревья) семейств Маревые (*Chenopodiaceae*), Бобовые (*Fabaceae*), Мятликовые (*Poaceae*), Лоховые (*Elaeagnaceae*), Гречишные (*Polygonaceae*), Астровые (*Asteraceae*).

Цель нашего исследования – провести оценку приспособления и устойчивости многолетних кормовых растений к почвенно-климатическим условиям аридного региона для использования их в качестве фитомелиорантов для восстановления аридных опустыненных пастбищных экосистем юга России.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись аридные кормовые многолетние растения: *Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke., *Camphorosma monspeliaca* L., *Krascheninnikovia ewersmanniana* (Stschegl. ex Losinsk.), *Salsola Paletziana* Litw., *Halothamnus subaphyllus* (C.A. Mey.) Botsch., *Artemisia diffusa* L., *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Salsola orientalis* SG Gmel., *Haloxylon aphyllum* (Minkw.) Iljin.

Изучение многолетних кормовых растений проводилось в питомнике интродукции древесно-кустарниковых растений ФГБНУ «ПАФНЦРАН», который был создан в сотрудничестве и использовании семенного материала ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (Казахстан) и Узбекского НИИ каракулеводства и экологии пустынь, АУ РК «КАЛМЛЕС» (Калмыкия).

Общая площадь делянки под один вид составляла 5,6 м², посев рядовой с междурядьем – 1,4 м. Техника посева – ручная. Глубина заделки семян: джугун, саксаул, кейреук – 0,5-1 см, остальные растения – 3-4 см. Все посевы – в трех повторностях.

Исследования проводились по общепринятым методикам И.Г. Грингоф и Ю.С. Лынова (1991) (фенология), ВНИИ кормов (2015) (урожайность), Б.А. Доспехов (1985) (зимостойкость, оценка состояния посева, учет поражения болезнями, повреждение вредителями), ВИР (1985) (оценка реакции растений на засуху). Агрохимический анализ почвы и растений проводился в Государственном центре агрохимической службы «Астраханский» (г. Астрахань). Расчет обменной энергии и энергетической кормовой единицы (ЭКЕ) в кормовой массе проводился по методике ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста [12].

Результаты и обсуждение. Климат в районе исследования – резко континентальный, аридный: лето жаркое сухое, с дневными температурами 40-45°C, количество дней с суховеями составляет 35-40% летнего периода. Зима малоснежная, теплая, среднемесячная температура – от -0,9 до -2,5°C. Годовое количество осадков составляет в среднем по годам от 180 до 310 мм. ГТК периода вегетации исследуемых растений (конец февраля – начало ноября) не превысил 0,33, что определило зону увлажнения региона исследования, как сухую зону (рисунок 1).

Почва участка под питомником многолетних кормовых растений светло-каштановые, по гранулометрическому составу преимущественно легко- и среднесуглинистые, местами супесчаные, имеет слабощелочную реакцию (7,9-8,1), уровень плодородия варьирует от очень низкого (гумус 0,91%), до низкого (1,2%).

Определение состояния посевов и реакции растений на засуху по методике Доспехова Б.А. проводилось в период сильной воздушной и почвенной засухи (июль-сентябрь). По годам исследования было отмечено, что в начале засушливого периода (июль) все растения имели отличное состояние посевов (5 баллов) и очень слабую реакцию на засуху (1 балл – незначительное пожелтение некоторых прикорневых листьев). В дальнейшем, к сентябрю, у всех растений отмечалось пожелтение прикорневых и нижних стеблевых листьев (3 балла).

Проведенный анализ зимостойкости изучаемых кустарников показал, что все растения в регионе исследования имели 5 баллов (нет погибших растений).

Учет поражения болезнями и повреждение вредителями изучаемых растений было оценено в ноль баллов (отсутствие повреждений).

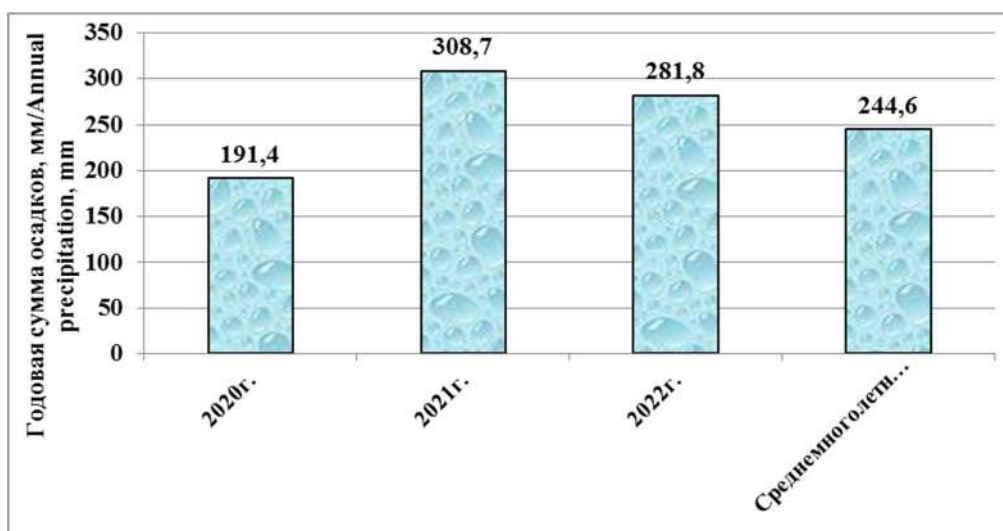


Рисунок 1 – Годовые и среднемноголетняя суммы выпавших осадков в районе исследования (с. Соленое Займище, Астраханская область)

Figure 1 – Annual and average annual precipitation in the study area (SolenoZaimishche village, Astrakhan region).

Исследование высоты надземной части растений выявило более высокорослые растения, такие как *SalsolaPaletzkiana*, *Halothamnussubaphyllus* и *Kochiaprostrata*, (1,14-1,29 м), которые на второй год вегетации имели существенную разницу с остальными растениями. Проведенные сравнительные исследования роста кустарников по годам жизни (табл. 1) показали, что на уже второй год вегетации высота надземной части *Calligonum aphyllum*, *Haloxylonaphyllum* и *Artemisiadiffusa* увеличилась более, чем в 2 раза, а такие кустарники, как *Camphorosmamonspeliaca*, *Krascheninnikoviaewersmanniana*, *SalsolaPaletzkiana*, *Halothamnussubaphyllus*, *Kochiaprostrata* и *Salsolaorientalis* две трети роста достигают в первый год вегетации. К концу третьего года жизни существенная разница по высоте была отмечена только у *Haloxylonaphyllum*.

Таблица 1 – Динамика высоты растений по годам вегетации (2020-2022)

Table 1 – Dynamics of plant height by years of vegetation (2020-2022)

Название вида/Speciesname	Высота надземной части, м/Height of the above-ground part, m		
	1-й г.	2-й г.	3-й г.
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke.,	0,41	1,10	1,42
<i>Camphorosmamonspeliaca</i> L.	0,69	0,94	1,03
<i>Krascheninnikoviaewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk)	0,60	0,96	1,12
<i>SalsolaPaletzkiana</i> Litw.	0,82	1,29	1,35
<i>Halothamnussubaphyllus</i> (C.A. Mey.) Botsch.	0,98	1,27	1,41
<i>Artemisia diffusa</i> L.	0,34	0,77	0,81
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	0,92	1,14	1,25
<i>Salsolaorientalis</i> SG Gmel.	0,54	0,82	1,08
<i>Haloxylonaphyllum</i> (Minkw.) Iljin.	0,47	0,97	1,58
НСП ₀₅	0,15	0,19	0,18

Учитывая, что все исследуемые растения имеют различное содержание воды, было проведено сравнение урожайности по сухому веществу. На третий год вегетации наиболее урожайными по сухой массе были выделены *Kochiaprostrata*, *Krascheninnikovi-*

aewersmanniana и *Salsolaorientalis* – 18,9, 10,8, 10,3 т/га соответственно. *Calligonum aphyllum* за вегетацию нарастил меньшую массу – 1,6 т/га. Показатели урожайности сухой массы достоверно отличались между видами растений.

Исследуя динамику урожайности по годам, выявили, что во второй год жизни все кустарники увеличили свою зеленую массу в среднем в 2-5 раз (таблица 2). Наибольшая прибавка массы отмечена у *Kochiaprostrata*, *Camphorosmamonspeliaca*, *Krascheninnikoviaewersmanniana*, *Salsolaorientalis* и *Haloxylonaphyllum*, т.е. увеличение роста растений не всегда соответствовало увеличению и зеленой массы, т.к. высокопродуктивные кустарники развивают большую массу за счет сложных (ветвящихся) побегов.

Таким образом, в сравнении с травостоем естественных пастбищ все исследуемые растения в третий год вегетации существенно превысили его продуктивность в 3-37 раз.

Таблица 2 – Урожайность кормовых растений по годам исследования (2020-2022)

Table 2 – Yields of fodder plants by years of study (2020-2022)

Название вида/Speciesname	Урожайность СВ, т/га/Yield DM, t/ha		
	1-й г.	2-й г.	3-й г.
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke.,	0,4	0,8	1,6
<i>Camphorosmamonspeliaca</i> L.	1,5	7,2	9,5
<i>Krascheninnikoviaewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk)	1,6	8,1	10,8
<i>SalsolaPaletziana</i> Litw.	1,4	4,1	6,8
<i>Halothamnussubaphyllum</i> (C.A. Mey.) Botsch.	2,4	5,4	8,7
<i>Artemisia diffusa</i> L.	1,6	3,5	5,6
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	1,7	15,1	18,9
<i>Salsolaorientalis</i> SG Gmel.	3,4	7,3	10,3
<i>Haloxylonaphyllum</i> (Minkw.) Iljin.	0,3	1,0	1,9
Естественная растительность пастбища/Naturalpasturevegetation	0,4	0,4	0,5
НСП ₀₅	0,18	1,3	0,14

Анализрастительных образцов исследуемых кормовых растений на питательную ценность проводился в Государственном центре агрохимической службы «Астраханский» (г. Астрахань)и на основе полученных результатов были рассчитаны их энергетические кормовые единицы (ЭКЕ) (рисунок 2). Результаты сравнивались с показателями травостоя естественных пастбищ.

В результате исследований было выявлено:

- по количеству сырого протеина выделился *Salsolaorientalis*(145/кг), у *Calligonum aphyllum* отмечено минимальное количество – 57г/кг. В сравнении с естественной растительностью пастбищ исследуемые растения кроме *Calligonum aphyllum*, *Haloxylonaphyllum* и *Artemisiadiffusa* имеют достоверное превышение на 9-26г;

- большее количество сырого жира в составе кормовой массы имеет *Artemisiadiffusa*(75г/кг), меньшее – *SalsolaPaletziana*(12г/кг), вместе с которым в пределах ошибки имеют в составе кормовой массы сырой жир 14, 13 и 15 г/кг *Krascheninnikoviaewersmanniana*, *Halothamnussubaphyllum* и *Haloxylonaphyllum* соответственно;

- из всех изучаемых растений выделились как более мягкий корм (с низким содержанием клетчатки) *Haloxylonaphyllum* (151г/кг), и более грубый – *Kochiaprostrata*, *Camphorosmamonspeliaca* и *Krascheninnikoviaewersmanniana* (293,254 и 248 г/кг соответственно);

- по наличию в корме БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), основу которых составляют пентозаны, в т.ч. сахара и крахмал, все кормовые кустарники имеют достоверную положительную разницу с естественным травостоем на 71-241 г/кг;

- все кормовые кустарники имеют достоверно высокий показатель ЭКЕ (энергетическая кормовая единица) - 0,802– 0,972, в т.ч. были выделены наиболее энергоемкие растения: *Artemisiadiffusa* (0,972 ЭКЕ) и *Salsolaorientalis*(0,869 ЭКЕ);

- *Calligonum aphyllum* в сравнении с другими растениями и естественным пастбищным травостоем оказался менее питательным (0,701 ЭКЕ), однако, как наиболее приспособленное растение для укрепления песков, его необходимо использовать для восстановления деградированных пастбищ в сочетании с более энергоемкими видами кустарников и трав.

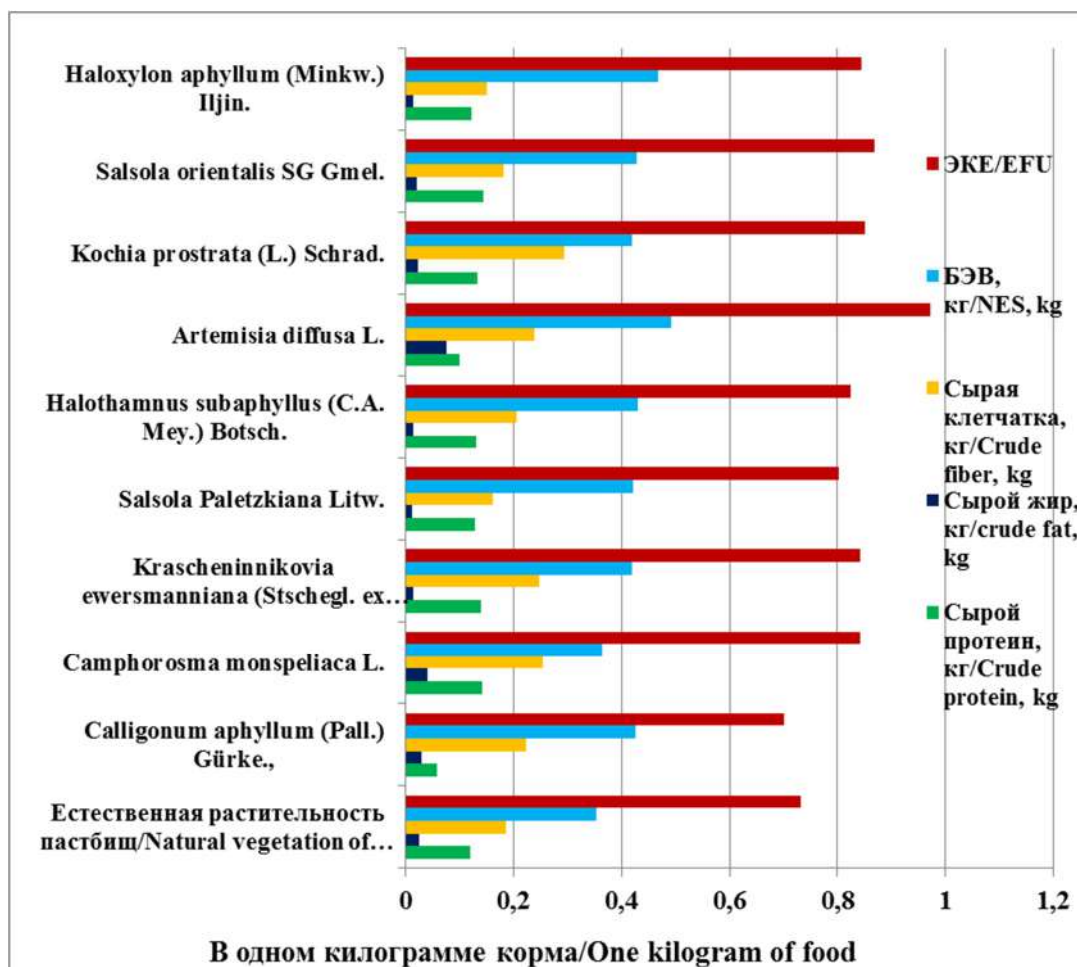


Рисунок 2 – Содержание питательных веществ в сухой массе кормовых многолетних растений

Figure 2 – The content of nutrients in the dry mass of fodder perennials

По итогам исследования мы провели агроэнергетическую оценку эффективности использования всех изучаемых растений в создании зоомелиоративных насаждений. Агроэнергетический метод оценки технологий в сельскохозяйственном производстве признан в мире как универсальный способ оценки потоков антропогенной энергии в агроэкосистемах (таблица 3).

Данные таблицы показывают, что агроэнергетический коэффициент (АК) по всем вариантам, кроме *Calligonum aphyllum* и *Haloxylon aphyllum* выше единицы (1,7-9,2), это означает, что все кустарники этих вариантов способны произвести суммарной энергии больше, чем были затраты на их посадку, соответственно, все они могут быть использованы для создания кормовых защитных насаждений на деградированных пастбищах.

Таблица 3 - Агроэнергетический коэффициент (АК) эффективности использования различных кормовых кустарников для зоомелиоративных насаждений

Table 3 - Agroenergy coefficient (AC) of the efficiency of using various fodder shrubs for zoo-meliorative plantations

Название вида/Speciesname	Кормовая масса, кг/га/Foddermass, kg/ha	Удельная энергоемкость, МДж/кг ОЭ/Specificenergy capacity, MJ/kg OE	Сборэнергии, ГДж/гаОЭ/Collecting power, GJ/ha OE	Затраты энергии, ГДж/га / Ex-penses energy, GJ/ha	АК по ОЭ относит. единицы/ACby OE relates. units
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke.,	640	3,3	2,1	5,26	0,4
<i>Camphorosmamonspeliaca</i> L.	7200	6,1	43,9	5,26	8,3
<i>Krascheninnikoviaewersmanniana</i> (Stschegl. ex Losinsk)	8100	6,0	48,6	5,26	9,2
<i>SalsolaPaletziana</i> Litw.	4100	4,0	16,4	5,26	3,1
<i>Halothamnussubaphyllum</i> (C.A. Mey.) Botsch.	5400	4,0	21,6	5,26	4,1
<i>Artemisia diffusa</i> L.	3500	6,0	21,0	5,26	3,9
<i>Kochia prostrata</i> (L.) Schrad.	15100	2,9	43,8	5,26	8,3
<i>Salsolaorientalis</i> SG Gmel.	7300	1,2	8,8	5,26	1,7
<i>Haloxylonaphyllum</i> (Minkw.) Iljin.	1000	3,5	3,5	5,26	0,7

При этом наиболее эффективными растениями для фитомелиорации пастбищных экосистем выделены такие кормовые кустарники, как *Camphorosmamonspeliaca*, *Krascheninnikoviaewersmanniana* и *Kochiaprostrata*, которые дали приращение валовой энергии на 1 га 38,6 – 43,3 – 38,5 ГДж соответственно, и эффективность использования их в посевах имело наибольший агроэнергетический коэффициент – 8,3 – 9,2 – 8,3 соответственно.

В состав зоомелиоративных насаждений также необходимо включать и такие кустарники, как *Haloxylonaphyllum* и *Calligonum aphyllum*, но только в сочетании с выше обозначенными энергетически емкими растениями.

Выводы. По итогам проведенной научной работы были получены следующие выводы:

- в регионе исследования все изучаемые многолетние кормовые растения обладают высокой зимостойкостью, засухоустойчивостью, неприхотливы к плодородию почвы, а также устойчивы к болезням и повреждению вредителями;

- высота надземной части растений составила 0,81-1,58м, что положительно влияет на снегозадержание и создание затишковых зон на полупустынном пастбище;

- урожайность исследуемых растений составила 0,3-3,4 (1 год); 0,8-15,1 (2 год) и 1,6-18,9 (3 год) т/га сухого вещества, что существенно превысило продуктивность естественного пастбища в 3-37 раз;

- все кормовые растения, кроме *Calligonum aphyllum* (0,701 ЭКЕ), имеют достаточно высокий показатель ЭКЕ (энергетическая кормовая единица) - 0,802– 0,972, в т.ч. были выделены наиболее энергоемкие растения: *Artemisiadiffusa* (0,972 ЭКЕ) и *Salsolaorientalis* (0,869 ЭКЕ);

- *Calligonum aphyllum*, необходимо также использовать для восстановления деградированных пастбищ, но в сочетании с более энергоемкими видами кустарников и трав.

Таким образом, было выявлено, что в биологической мелиорации нарушенных земель необходимо использовать все исследуемые нами растения, которые увеличат видовое разнообразие, продуктивность и кормовую ценность при восстановлении опустыненных пастбищных экосистем аридных регионов России.

Библиографический список

1. Бананова В. А., Лазарева В. Г., Менкеев В. С-Г. Процессы опустынивания растительного покрова Северо- Западного Прикаспия и пути его восстановления // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2019. №. 1 (38). С. 14-16.
2. Бобушев Т. С., Султаналиев К. Э. Оценка и адаптация подхода НБДЗ к классификации земельных ресурсов в Кыргызской Республике // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 43-47.
3. Булахтина Г. К. Изучение адаптивного потенциала кормовых кустарниковых растений для использования в восстановлении деградированных полупустынных пастбищных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2022. № 01 (216). С. 2-11.
4. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Исследование адаптивного потенциала кормовых кустарников для создания зоомелиоративных насаждений в полупустынных пастбищных экосистемах // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 135-144.
5. Булахтина Г. К., Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Результаты исследований различных приемов создания кормовых угодий в аридном регионе Северного Прикаспия // Аграрный вестник Урала. 2021. № 6 (209). С. 2-12.
6. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юферев, Н. А. Ткаченко, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
7. Дедова Э. Б., Гольдварг Б. А., Цаган-Манджиев Н. Л. Деградация земель Республики Калмыкия: проблемы и пути их восстановления // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 63-71.
8. Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31-36.
9. Дорошенко В. В. Об опустынивании на Юге России // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2022. № 10-1. С. 114-117.
10. Изменение землепользования в Алтайском крае: проблемы и перспективы достижения Нейтрального Баланса Деградации Земель / Д. В. Золотов, Д. В. Черных, Р. Ю. Бирюков, Д. К. Першин, Н. С. Малыгина, А. В. Грибков // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 25-33.
11. Кулик К. Н. К 30-летию Генеральной схемы по борьбе с опустыниванием Черных земель и Кизлярских пастбищ // Аридные экосистемы. 2018. Т. 24. № 1 (74). С. 5-12.
12. Методика расчета обменной энергии в кормах на основе содержания сырых питательных веществ (для крупного рогатого скота, овец и свиней) / М. П. Кирилов, Е. А. Махаев, Н. Г. Первов, В. В. Пузанова, А. С. Аникин. 2008. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293764/4293764645.htm>.
13. Особенности влияния антропогенных факторов на степные растения и их трансформация / С. Н. Кульжанова, А. А. Байдюсен, Б. Т. Ботабекова, Н. Б. Жумадилова, С. О. Кенжегулова // Кормопроизводство. 2017. № 7. С.7-12.
14. Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Выращивание посадочного материала джужгуна безлистного в Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 32-36.
15. Формирование, изучение и использование генофонда аридных культур / А. Сеиткаримов, А. Еспанов, Ж. А. Паржанов, А. Сартаев // Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 4 (14). С. 14-23.
16. Шакенова Ж. К. Опустынивание – проблема Казахстана // Colloquium-journa. 2019. №. 9 (33). С. 30-31.

17. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Последствия пыльных бурь на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 17. № 7. С. 270-275.

18. Demutation of Arid Pastures Different in Degree of Pasqual Digression in Isolation from Grazing / A. F. Tumanyan, N. I. Khairova, V. V. Vvedenskiy, N. V. Tyutyuma, G. K. Bulahtina // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. V. 10. № 12. Pp. 3198-3200.

Информация об авторах

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, gbulah@mail.ru, тел. 89275532822, ORCID 0000-0001-8949-8666; SPIN-код 4070-8492.

Тютюма Никита Андреевич, аспирант, младший научный сотрудник ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8). Тел. 89376930675.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-16

ADAPTATION INDICATORS OF POTATO VARIETIES OF DIFFERENT MATURITY GROUPS IN THE CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

O. G. Gichenkova^{1,2}, Yu. A. Laptina³, N. V. Kuznetsova², U. A. Laptina²

¹Federal State Budgetary Scientific Institution

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

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

³Federal Research Center «Nemchinovka», Moscow region

Received 19.10.2022

Submitted 11.01.2023

Abstract

Introduction. Increasing the productivity and quality of potatoes in order to meet the needs of the population and the food security of the country is an important and urgent task. One of the main and low-cost factors for increasing yields are new varieties. Variety change allows you to select varieties that are most adaptive to the soil and climatic conditions of the region and ensure growth in such important parameters as productivity, crop quality, sustainability and consumer properties of products. Purpose of research. Testing of new non-recognized varieties of domestic potato breeding of different ripeness groups in unstable climatic conditions of the Lower Volga region. **Object.** 12 varieties of potatoes of three groups of ripeness. **Materials and methods.** The experiments were laid on the experimental irrigated plot of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture» of the Volgograd region. The stability index and plasticity coefficient were determined according to the method of S. A. Eberhart, W. A. Russell. Genetic flexibility and stress resistance according to the method of Goncharenko A.A. The coefficient of adaptability according to the method of Zhivotkov. **Results and conclusions.** The presented results, according to a comprehensive assessment, of potato varieties belonging to different ripeness groups bred on the basis of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Potato Research Center named after A.G. Lorch» on ecological plasticity and stability, made it possible to identify varieties that meet these requirements. The evaluation of varieties by yield was carried out, the coefficient of plasticity, stability and other adaptive indicators of potato varieties of different ripeness groups, capable of providing high productivity in various weather conditions of the Volgograd region, were established. The results of the conducted studies allow us to conclude that the studied varieties have certain adaptive properties to stress factors and their response to the optimization of cultivation conditions. According to the data obtained, the most favorable conditions for the development of potatoes developed in 2020, while the environmental index for the early ripening group was 8.49; for the mid-early group - 5.8 and for the mid-season group - 6.52. The best production and adaptation indicators were noted in the zoned early ripe variety: *Zhukovsky*, as well as good indicators in this ripeness group were noted in the variety *Udacha*. In the mid-early group, the varieties *Comandor* and *Ariel* stand out in terms of productivity and adaptive properties. In the mid-season grade *Krasa Mischeri*.

Key words: *stability, plasticity, stress resistance, genetic flexibility, variety change, adaptability coefficient.*

Citation. Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Kuznetsova N. V., Laptina U. A. Adaptation indicators of potato varieties of different maturity groups in the conditions of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 157-167 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-16.

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

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

УДК 633.491

АДАПТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ СОРТОВ КАРТОФЕЛЯ РАЗНЫХ ГРУПП СПЕЛОСТИ В УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

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

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

Н. В. Кузнецова², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

У. А. Лаптина², студент агротехнологического факультета

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

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», Московская область

Дата поступления в редакцию 19.10.2022

Дата принятия к печати 11.01.2023

Актуальность. Повышение продуктивности и качества картофеля в целях обеспечения потребностей населения и продовольственной безопасности страны является важной и актуальной задачей. Одним из основных и малозатратных факторов повышения урожайности являются новые сорта. Сортосмены позволяют подбирать сорта, наиболее адаптивные к почвенно-климатическим условиям региона и обеспечивать рост по таким важнейшим параметрам, как продуктивность, качество урожая, устойчивость и потребительские свойства продукции. **Цель исследований.** Испытание новых нерайонированных сортов отечественной селекции картофеля разных групп спелости в нестабильных климатических условиях Нижневолжского региона. **Объектом** были 12 сортов картофеля трех групп спелости. **Материалы и методы.** Опыты закладывались на опытном орошаемом участке ФГБНУ ВНИИОЗ Волгоградской области. Показатель стабильности и коэффициент пластичности определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell. Генетическая гибкость и стрессоустойчивость – по методике Гончаренко А.А. Коэффициент адаптивности – по методике Животкова. **Результаты и выводы.** Представленные результаты по комплексной оценке сортов картофеля, относящихся к разным группам спелости, выведенных на базе ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» по экологической пластичности и стабильности, позволили выявить сорта, отвечающие этим требованиям. Проведена оценка сортов по урожайности, установлены коэффициент пластичности, стабильность и другие адаптационные показатели сортов картофеля различных групп спелости, способных обеспечивать высокую продуктивность в различных погодных условиях Волгоградской области. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод об определенных адаптивных свойствах изучаемых сортов к воздействию к стресс-факторам и их реакции на оптимизацию условий возделывания. Согласно полученным данным, наиболее благоприятные условия для развития картофеля сложились в 2020 году, индекс среды при этом составил для раннеспелой группы – 8,49; для среднеранней группы – 5,8 и для среднеспелой группы – 6,52. Наилучшие продукционные и адаптационные показатели отмечены у районированного раннеспелого сорта Жуковский ранний, также неплохие показатели в этой группе спелости отмечены у сорта Удача. В среднеранней группе по продуктивности и адаптивным свойствам выделяются сорта Командор и Ариэль. В среднеспелой – сорт Краса Мещеры.

Ключевые слова: сорта картофеля, адаптационные показатели картофеля, группы спелости картофеля.

Цитирование. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Кузнецова Н.В., Лаптина У.А. Адаптационные показатели сортов картофеля разных групп спелости в условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 157-167. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Введение. На сегодняшний день в Российском государственном реестре селекционных достижений зарегистрировано более 500 сортов картофеля, из них только 26 (что составляет 5,2 %) имеют допуск по возделыванию в Нижневолжском регионе. По факту возделываются только 2-3 сорта, так как предпочтение у сельхозтоваропроизводителей отдается сортам зарубежной селекции, которые имеют ряд хозяйственно-ценных признаков, но недостаточно приспособлены к местным условиям.

Возделываются нерайонированные сорта с хорошими вкусовыми и визуальными показателями, но не адаптированные к почвенно-климатическим условиям региона, что приводит к снижению качественных показателей и недобору в урожайности [5].

Новые современные отечественные сорта потенциально обладают высокой продуктивностью (50-60 т/га), то есть не уступают странам-лидерам в отрасли картофелеводства. Проведенные испытания Госсортосети показали, что в среднем по регионам урожайность находится в пределах 30-35 т/га, а по факту – не более 15 т/га. Таким образом, в условиях производства потенциал этих сортов реализуется недостаточно, на уровне 30 %, тогда как в странах с развитым картофелеводством это процент составляет более 80 %, получая гарантированную продуктивность около 40 т/га.

Глобальные изменения климата оказывают большое влияние на сельское хозяйство: так, отмечается неустойчивость температурного режима и уровня влагообеспеченности, изменяются зоны распространения патогенов и вредителей, что негативно сказывается на фитосанитарной обстановке в посадках картофеля [13].

Согласно результатам исследований Новикова Л. Ю. и др. «...в последние десятилетия хозяйственно ценные признаки районированных ранее сортов картофеля достоверно изменялись. Наблюдались изменения фенологии районированных ранее сортов, их урожайности и содержания крахмала в клубнях. Эти эффекты были вызваны ростом сумм температур и осадков за период с температурами выше 15 °С и более ранним переходом температур выше этого значения» [11].

В связи с этим сорта с высокой адаптивностью к неблагоприятным факторам внешней среды, устойчивые к жаре, засухе становятся особенно востребованными.

Поэтому в технологии возделывания картофеля сорт является фактором, позволяющим улучшить эффективность производства в сельском хозяйстве, а новые высокоадаптивные сорта являются средством повышения качества и продуктивности культуры [4].

Урожайность – это основной показатель сорта, который контролируется генетически и зависит от условий внешней среды [8, 12].

Согласно выводам Н. И. Вавилова о том, что внешние условия, не соответствующие адаптивному потенциалу сорта, способствуют расходу большей части энергии на преодоление стресс-факторов различной природы, а не на формирование урожая и его качественных показателей [1].

В этой связи очень важен подбор наиболее продуктивных сортов картофеля с высокими хозяйственно-ценными качествами, способностью противостоять вредным популяциям патогенов, а также устойчивых к действию стресс-факторов с широкой адаптивностью к условиям выращивания в различных регионах страны [10, 17, 20].

Для адаптивных сортов важны такие показатели, как экологическая пластичность и стабильность. А точнее – реакция сорта на изменение условий среды и отклонение эмпирических данных в каждом условии среды от этой средней реакции [18].

Не менее важным показателем адаптивности является стрессоустойчивость сортов. Чем она выше, тем больше диапазон приспособительных возможностей сорта. В благоприятных условиях рекомендуется высаживать сорта с высокой потенциальной продуктивностью, в неблагоприятных – предпочтение следует отдавать генотипам с достаточно высокой устойчивостью к экологическим стрессам [16].

Поэтому агроэкологическое испытание новых нерайонированных сортов картофеля разных групп спелости в нестабильных климатических условиях Нижневолжского региона является актуальным и имеет большую практическую значимость.

Материалы и методы. Опыты закладывались на опытном орошаемом участке ФГБНУ ВНИИОЗ Волгоградской области. Исследования проводились на слабогумусированных светло-каштановых почвах (1,3 %), средняя плотность почвы составила 1,28 т/м³, НВ в слое 0,6 м – 22,8 %, рН – 6,3. Содержание элементов питания находилось в пределах: в слое 0,0-0,20 м щелочногидролизующего азота – 42,0 мг/кг, подвижного фосфора – 59,7 мг/кг, обменного калия – 427,4 мг/кг. В слое 0,20-0,40 м щелочногидролизующего азота – 42,7 мг/кг, подвижного фосфора – 50,3 мг/кг, обменного калия – 372 мг/кг. Определение щелочногидролизующего азота проводили по методу Корнфильда, подвижных соединений фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИ-НАО. Предшественник – соя.

Экологическое испытание сортов картофеля проводили по методике ВНИИКС им. А. Г. Лорха.

Определение адаптивности сортов картофеля проводили по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell (1966) в изложении В. З. Зыкина, которая базируется на определении двух показателей: коэффициента экологической пластичности (b_i) и показатель стабильности (S_i) [7].

Стрессоустойчивость и компенсаторная способность сортов определялись по А. A. Rossielle и S. Hemblin (1981) в изложении А. А. Гончаренко (2005) [4, 19].

По методике Л. А. Животкова и др. определяли коэффициент адаптивности (K_a), который определяется отношением урожайности сорта к среднесортowej урожайности сорта [6].

При выращивании картофеля применяли гребневую технологию с элементами голландской, дозу удобрения рассчитывали на планируемую урожайность 40 т/га по методике Филина В. И.

Влажность поддерживалась на уровне 80 % НВ с дифференциацией по слоям: от посадки до начала бутонизации в 0,4 м, а от начала бутонизации до конца созревания в 0,6 м.

Учетная делянка 4-х рядная, расположение сортов систематическое. Площадь делянки 84 м² (2,8 м x 30 м), учетная площадь – 50 м². Густота посадки – 50 тыс. шт. клубней на 1 га по схеме 70 x 25 см. На посадку использовалась фракция 60 г. В условиях юга России картофель высаживают на глубину 6-8 см, с целью более быстрого получения всходов. Также по единичным всходам проводили высокообъемное окучивание.

Жуковский ранний / Zhukovsky early	РАННЕСПЕЛЫЕ/ EARLY RIPE			СРЕДНЕРАННИЕ/ MIDDLE EARLY				СРЕДНЕСПЕЛЫЕ/ MIDDLE-MAPING			
	Удача / Luck	Крепыш / Burly	Гулливёр / Gulliver	Армада / Armada	Командор / Commander	Мечта / Dream	Ариэль / Ariel	Мираж / Mirage	Краса Мешеры / Beauty Meshcher	Фрителла / Fritella	Вымпел / Pennan

Рисунок 1 – Схема опыта / Figure 1 – Experience scheme

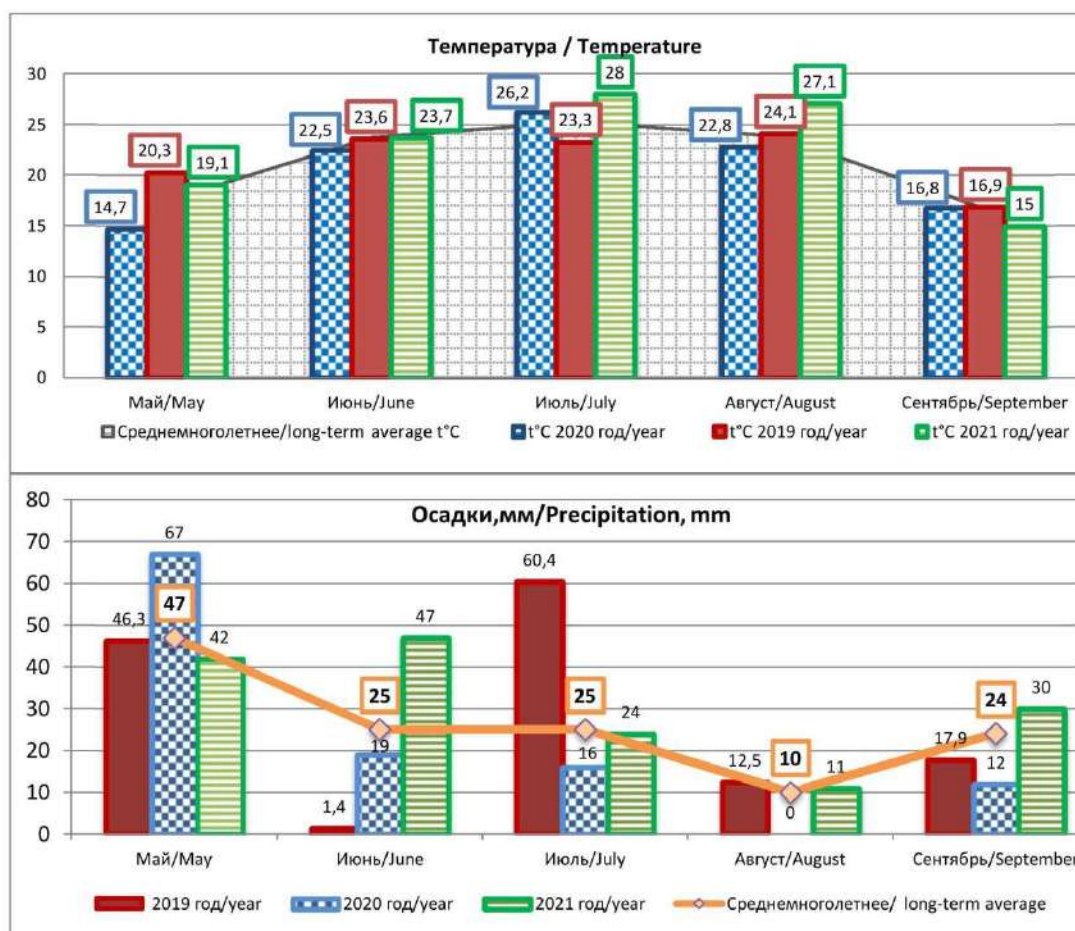


Рисунок 2 – Погодные условия в годы исследований

Figure 2 – Weather conditions during the years of research

При появлении единичных всходов проводили полив дождеванием, промачивая почву на глубину 0,4 м, поливная норма составила 150-180 м³/га, в фазу бутонизации – цветения поливная норма возрастала до 400-500 м³/га. Проводилось от 11 до 13 поливов, оросительная норма составила в 2019 году 2850 м³/га, в 2020 году – 4220 м³/га, а в 2021 – 3450 м³/га.

Погодные условия 2019 года в период вегетации картофеля характеризовались высокими температурами в июне-июле, при этом в июне количество осадков составило всего 1,4 мм, а в июле выпало на 35,4 мм больше среднемноголетней нормы и осадки носили ливневый характер. В 2020 году температура была близка к среднемноголетним

значениям. Количество осадков в мае превысило норму на 20,0 мм, в остальные месяцы отмечался их дефицит, особенно в августе. Погодные условия, которые сложились 2021 году, были не типичными для зоны и характеризовались высокими температурами в июле и августе. При этом осадки, выпавшие в этом году, чаще всего носили ливневый характер и вся норма выпадала в течение одних суток.

Результаты и обсуждение. Результаты по продуктивности изучаемых сортов, представленные в таблице 1, показывают достаточно высокие показатели по раннеспелым сортам Жуковский ранний и Удача, урожайность которых в среднем за три года составила 40,7-36,8 т/га.

Таблица 1 - Оценка сортов по продуктивности за 2019-2021 гг.

Table 1 – Evaluation of varieties by productivity for 2019-2021

Сорт/Variety	Урожайность, т/га/ Productivity, t/ha			
	2019	2020	2021	Среднее/ average
Раннеспелая группа/ Early ripe group				
Жуковский ранний st / Zhukovsky early st	34,7	50,4	37,0	40,7
Удача / Luck	32,0	41,8	36,5	36,8
Гулливвер / Gulliver	28,0	44,4	26,1	32,8
Крепыш / Burly	22,7	36,6	27,5	28,9
Ij	-5,46	8,49	-3,03	-
НСР ₀₅ т/га	0,87	1,10	0,77	-
Среднеранняя группа/ Mid-early group				
Командор / Commander	28,0	44,0	36,6	36,2
Ариэль / Ariel	26,7	40,7	33,9	33,8
Армада / Armada	30,7	36,0	25,2	30,6
Мечта / Dream	25,3	27,0	19,5	23,9
Ij	-3,45	5,80	-2,33	
НСР ₀₅ т/га	1,11	1,01	1,25	-
Среднеспелая группа/ Mid-season group				
Краса Мещеры / Beauty Meshchera	28,5	33,9	36,8	33,1
Мираж / Mirage	22,0	35,2	16,8	24,7
Вымпел / Pennant	24,0	34,2	15,6	24,6
Фрителла / Fritella	20,0	29,1	22,8	24,0
Ij	-2,95	6,52	-3,58	
НСР ₀₅ т/га	0,98	1,06	1,11	

Наибольшей продуктивностью в среднеспелой группе выделялись сорта Командор и Ариэль, урожайность которых составила 36,2-33,8 т/га, на уровне 30,0 т/га поддерживает сорт Армада, а вот сорт Мечта уступал в продуктивности на 34 % сорту Командор и на 29-22 % сортам Ариэль и Армада.

Стабильно высокая урожайность в изменяющихся условиях среды – одно из главных свойств, характерных для адаптивного сорта. Поэтому при агроэкологическом испытании сортов необходимо учитывать не только продуктивность, но и коэффициент пластичности и стабильность сорта [18].

Сорта с коэффициентом регрессии более единицы можно отнести к интенсивному типу, достоинством таких сортов будет высокая степень отзывчивости на улучшение условий среды и агрофона [3].

Сорта нейтрального типа (с коэффициентом регрессии значительно ниже единицы) слабо отзывчивы на изменение условий среды [2].

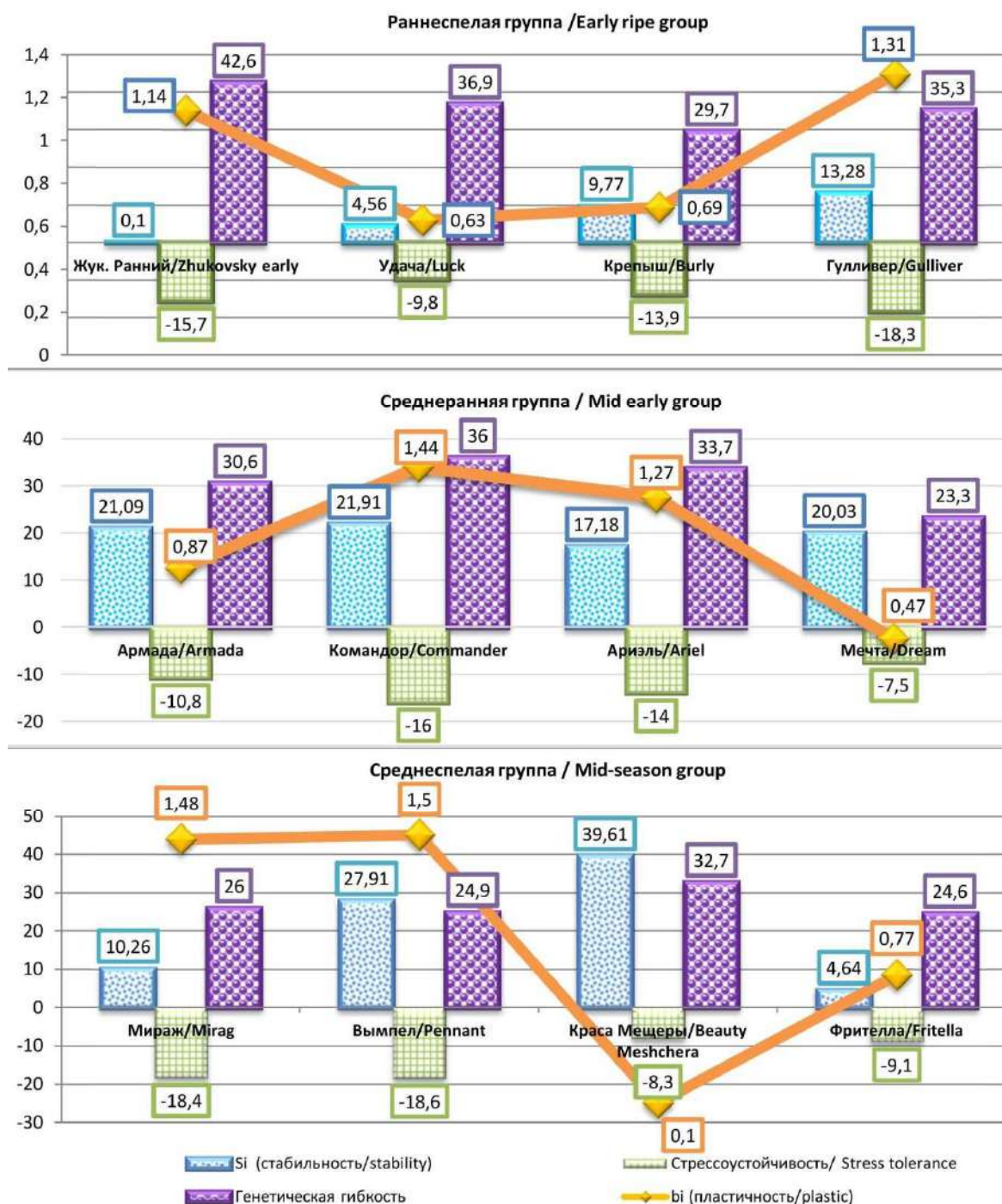


Рисунок 3 – Основные показатели стабильности, пластичности и стрессоустойчивости изучаемых сортов

Figure 3 – The main indicators of stability, plasticity and stress resistance of the studied varieties

Исходя из показателя индекса среды (Ij) за годы исследований наиболее благоприятные условия для развития картофеля сформировались в 2020 году для всех групп спелости. Наихудшие условия среды для разных групп спелости сложились по-разному: так, для

среднеспелой группы неблагоприятные условия сложились в 2021 году, когда высокие температуры пришлось на июль-август, а для раннеспелой и среднеранней группы это был 2019 год, где критические температуры пришлось на июнь-июль.

Высокую ценность при этом имеют сорта, у которых коэффициент пластичности близок к единице, а показатель стабильности близок к нулю при высоком уровне продуктивности. Это свидетельствует о том, что урожайность сорта адекватна изменению условий внешней среды [9].

В раннеспелой группе по отзывчивости на изменения условий произрастания более пластичными были сорта Жуковский ранний и Гулливер. При этом по показателю стабильности сорт Гулливер показал худший результат в раннеспелой группе, что говорит о слабой приспособленности к ухудшению погодных условий, тогда как сорт Жуковский ранний обладал самым низким показателем стабильности и высокой генетической гибкостью.

Стоит также отметить сорт Удача, который характеризовался хорошей стрессоустойчивостью и генетической гибкостью, при этом показатель стабильности был одним из самых низких, а коэффициент пластичности свидетельствует о том, что этот сорт экстенсивного типа возделывания, когда при минимальных затратах можно получить максимальную отдачу.

В среднеранней группе наиболее стабильным и пластичным был сорт Ариэль, также он характеризовался высокой генетической гибкостью. По сорту Мечта отмечен низкий коэффициент пластичности, то есть этот сорт слабо отзывчив на приемы интенсификации, но при ухудшении условий не снижает резко урожайности. Также у этого сорта высокая стрессоустойчивость, что говорит о широких приспособительных возможностях сорта.

У сорта Армада коэффициент пластичности был близок к единице, что свидетельствует об адекватной отзывчивости на изменение агрофона или условий среды, хотя при их улучшении продуктивность увеличивается и наоборот.

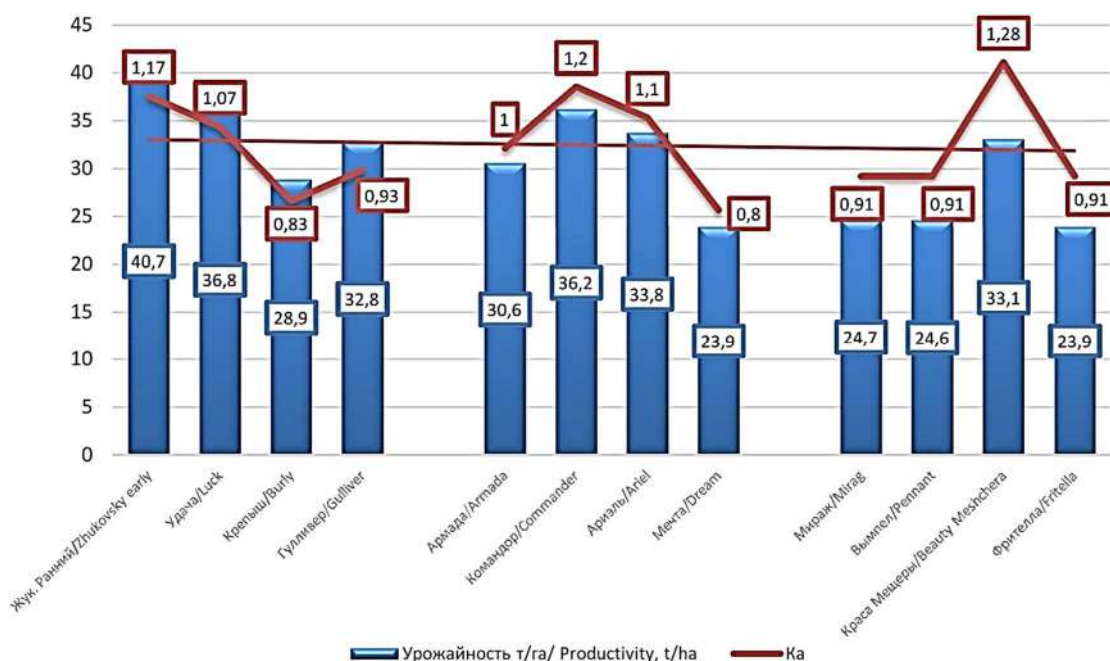


Рисунок 4 – Урожайность и коэффициент адаптивности в среднем за 2019-2021 гг.

Figure 4 – Yield and adaptability coefficient on average for 2019-2021

В среднеспелой группе коэффициент пластичности у сорта Краса Мещеры был практически равен нулю, что характеризуется слабой реакцией на перемены в условиях возделывания независимо от того, благоприятны они или ухудшаются, также сорт не отмечается стабильностью. Но при этом он характеризуется хорошей генетической гибкостью и стрессоустойчивостью. Показатели стабильности, стрессоустойчивости и коэффициент пластичности сорта Фрителла свидетельствуют о высокой устойчивости генотипа.

По среднему значению коэффициента адаптивности (Ка) можно судить о потенциальной продуктивности изучаемых сортов. Если коэффициент адаптивности сорта в различных условиях среды более единицы, это свидетельствует о его потенциально высокой адаптивности и продуктивности [15].

За все годы исследований только по трем сортам отмечался коэффициент адаптивности выше единицы вне зависимости от условий среды: раннеспелый сорт Жуковский ранний, среднеранний сорт Командор и среднеспелый сорт Краса Мещеры.

Наиболее стабильный коэффициент адаптивности по годам отмечен у районированного сорта Жуковский ранний, что говорит о потенциально высокой урожайности и стабильности этого сорта при разных гидротермических условиях. Также в раннеспелой группе среднее значение коэффициента адаптивности за три года более единицы отмечено у сорта Удача.

В среднеранней группе по показателю адаптивности выделялись сорта Командор и Ариэль, коэффициент адаптивности которых за годы исследований превышал единицу, что говорит о хорошем потенциале продуктивности и устойчивости к стресс-факторам.

В среднеспелой группе наибольший коэффициент адаптивности отмечен по сорту Краса Мещеры – 1,28, тогда как по остальным сортам коэффициент адаптивности был ниже единицы.

Выводы. В среднем за годы исследований в условиях орошаемых светлосащтановых почв Нижнего Поволжья наибольшая урожайность в раннеспелой группе отмечена у сортов Жуковский ранний и Удача, соответственно 40,7 и 36,8 т/га. В среднеранней группе более продуктивными были сорта Командор и Ариэль – 36,2 и 33,8 т/га. В среднеспелой группе урожайность выше 30 т/га сформировал только сорт Краса Мещеры – 33,1 т/га.

Анализ адаптивных показателей показал, что в раннеспелой группе хорошо отзывчивым на изменение условий среды, высокостабильным по уровню урожайности и стрессоустойчивости являются сорта Жуковский ранний и Удача.

В среднеранней группе все сорта отличались слабой стабильностью, при этом сорт Армада закономерно реагировал на изменения условий выращивания, а сорт Ариэль можно отнести к сорту интенсивного типа с высокой степенью отзывчивости на изменение агрофона. По коэффициенту адаптивности в этой группе выделяется сорт Командор и Ариэль.

Наиболее ценным среди испытанных сортов среднеспелой группы по пластичности, стабильности и стрессоустойчивости был сорт Фрителла. По сорту Краса Мещеры отмечен высокий коэффициент адаптивности, но при этом сорт непластичен и нестабилен, так как в благоприятный год, согласно индексу среды, не сформировал наибольшей урожайности.

Библиографический список

1. Вавилов Н. И. Теоретические основы селекции растений. М.: Наука, 1987. С. 69–141.
2. Васильев А. А., Дергилева Т. Т., Дергилев В. П. Оценка адаптивного потенциала белорусских сортов картофеля в условиях Челябинской области // Аграрный вестник Урала. 2021. № 4(207). С. 17-23.

3. Власенко Г. П. Экологическая пластичность и стабильность новых сортов картофеля // Дальневосточный аграрный вестник. 2017. № 2 (42). С. 11–15.
4. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // Вестник РАСХН. 2005. № 6. С. 49–53.
5. Евстратова Л. П., Кузнецова Л. А., Николаева Е. В. Роль сорта в регионально адаптивной ресурсосберегающей технологии возделывания картофеля // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 5. С. 36–39.
6. Животков Л. А., Морозова З. А., Секутаева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «урожайность» // Селекция и семеноводство. 1994. № 2. С. 3–6.
7. Зыкин В. А., Мешков В. В., Сапега В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: метод. рекомендации. Новосибирск, 1984. 24 с.
8. Казак А. А., Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С. Экологическая оценка сортов картофеля при выращивании по разным предшественникам в Северной лесостепи Тюменской области // Вестник КрасГАУ. 2021. № 1(166). С. 85–93.
9. Логинов Ю. П., Казак А. А. Пластичность и стабильность сортов картофеля в лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 5 (67). С. 73–77.
10. Мушинский А. А., Саудабаева А. Ж., Аминова Е. В. Оценка коллекции гибридов картофеля в орошаемых условиях степной зоны Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6 (92). С. 96–99.
11. Новикова Л. Ю., Киру С. Д., Рогозина Е. В. Проявление хозяйственно ценных признаков у сортов картофеля (*Solanum L.*) при изменении климата на Европейской территории России // Сельскохозяйственная биология. 2017. Т. 52. № 1. С. 75–83.
12. Опыт прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием имитационных моделей / Е. В. Федотова, Ю. А. Маглинец, Р. В. Брежнев [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2020. № 8 (161). С. 43–48.
13. Оценка гибридов картофеля в орошаемых условиях степной зоны Оренбургского Предуралья / Е. В. Аминова, А. А. Мушинский, А. А. Васильев, Т. Т. Дергилева // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 3. С. 144–150.
14. Оценка продуктивности и качества перспективных сортов картофеля Отечественной селекции в условиях Волгоградской области / О. Г. Гиченкова, Ю. А. Лаптина, Н. А. Куликова, А. П. Псарева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1(65). С. 111–122.
15. Оценка продуктивности и адаптивности сортов картофеля различных групп спелости в условиях Архангельской области / Л. А. Попова, Л. Н. Головина, А. А. Шаманин, В. М. Маслова // Аграр. наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3. С. 26–31.
16. Пластичность и стабильность сортов и линий овса в условиях Кировской области / М. В. Тулякова, Г. А. Баталова, С. В. Пермякова, Е. М. Лисицын // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 8.
17. Пономарёва С. В. Оценка урожайности, экологической пластичности и стабильности сортообразцов гороха в условиях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований сельскохозяйственные науки. 2018. № 12. С. 293–297.
18. Экологическая пластичность и стабильность сортов озимой ржи по регенерационной способности и урожайности в Кировской области / Е. С. Парфенова, Е. И. Уткина, Л. И. Кедрова, Е. А. Псарева // Владимирский земледелец. 2019. № 1 (87).
19. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments // Crop Sci. 1981. V. 21 (6). С. 943–946.
20. Vasilev A. A., Gorbunov A. K. Problems of Obtaining Planned Potato Harvests in the Southern Urals // Russian Agricultural Sciences. 2018. Vol. 44.

Информация об авторах

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

Лаптина Юлия Александровна, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук, ФИЦ «Немчиновка» Московская обл., ylaprina82@mail.ru.

Кузнецова Надежда Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26)., nvkyznetsova@mail.ru

Лаптина Ульяна Алексеевна, студент агротехнологического факультета, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26)., ylanalaptina@gmail.com.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-17

A NEW VARIETY OF COTTON FROM ASTRAKHAN BREEDERS FOR THE SOUTH OF RUSSIA

A. S. Gulin, O. P. Kigashpaeva, V. A. Machulkina, L. P. Lavrova,
V. Y. Dzhabrailova

VNIIOOB - branch of FGBNU "PAFNTS RAS"

Received 09.01.2023

Submitted 10.03.2023

The research was carried out within the framework of the state task on the topic No. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Annotation. Cotton is a valuable crop in technical and strategic complex use, contributing to the stability and rhythmicity of the functioning of a number of industries. The Astrakhan region is the northernmost zone of its cultivation, therefore it is necessary to create early-ripening varieties with a short growing season to ensure the domestic raw material base to fill the needs, create an "insurance fund" and, in case of emergency, guarantee the country's defense capability, its "cotton independence" from the countries of the Near and Far Abroad. **The purpose** of our work was to create a new, highly productive variety suitable for cultivation in the climatic conditions of the Astrakhan region. **Objects.** The genetic material was collectible and breeding samples brought from Uzbekistan, Iran, Karakalpakstan, the Mediterranean, and Russia. **Materials and methods.** The work was carried out in the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing - a branch of the FSBI "PAFSC RAS" according to generally accepted methods. The selections were based on the following characteristics: plant height, the number of sympodial (fruit) branches on the plant, the number of boxes, the mass of raw cotton of one box, the length and yield of fiber, the productivity of one plant. **Results and conclusions.** Astrakhan breeders created and entered into the State Register of the Russian Federation 8 varieties of cotton adapted to the climatic conditions of the Lower Volga region, but they did not always have time to mature before the onset of frost. And since 2021, a new variety of medium-ripened medium-fiber cotton Astrakhan fluff has been added to the State Register of the Russian Federation: the growing season is 110-117 days; the weight of one box is 6.1 g; fiber yield is 39.1%; fiber length is 3.5 cm; productivity per plant is 85.4 g. - the yield of raw cotton is 3.55 t/ha- seed yield – 2.14 t/ha, fiber type -4. The novelty of the work consists in the possibility of introducing new high-yielding cotton varieties created for cultivation in the conditions of the Astrakhan region, capable of ensuring the strategic stability of the state.

Key words: cotton, boxes, yield, growing season, variety, type of fiber.

Citation. Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A., Lavrova L. P., Dzhabrailova V. Yu. A new variety of cotton from astrakhan breeders for the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 167-174 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-17.

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

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

УДК 633.511

**НОВЫЙ СОРТ ХЛОПЧАТНИКА АСТРАХАНСКИХ СЕЛЕКЦИОНЕРОВ
ДЛЯ ЮГА РОССИИ****А. В. Гулин**, кандидат сельскохозяйственных наук**О. П. Кигашпаева**, кандидат сельскохозяйственных наук**В. А. Мачулкина**, доктор сельскохозяйственных наук**Л. П. Лаврова**, младший научный сотрудник**В. Ю. Джабраилова**, младший научный сотрудник

ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», г. Камызяк

Дата поступления в редакцию 09.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме № FNMW-2022-0013 «Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных агро-технологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья» (Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Хлопчатник – ценная в техническом и стратегическом комплексном использовании культура, способствующая стабильности и ритмичности функционирования ряда отраслей промышленности. Астраханская область – самая северная зона его возделывания, поэтому необходимо создавать скороспелые сорта с коротким вегетационным периодом для обеспечения отечественной сырьевой базы для восполнения потребностей, создания «страхового фонда» и, в случае чрезвычайных обстоятельств, гарантии обороноспособности страны, ее «хлопковую независимость» от стран Ближнего и Дальнего Зарубежья. **Целью** нашей работы было создание нового, высокопродуктивного сорта, пригодного для выращивания в климатических условиях Астраханской области. **Объекты.** Генетическим материалом служили коллекционные и селекционные образцы, привезенные из Узбекистана, Ирана, Каракалпакии, Средиземноморья, России. **Материалы и методы.** Работа проводилась во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» согласно общепринятым методикам. Отборы вели на признаки: высота растений, количество симподиальных (плодовых) ветвей на растении, количество коробочек, масса хлопка сырца одной коробочки, длина и выход волокна, продуктивность одного растения. **Результаты и выводы.** Астраханскими селекционерами создано и внесено в Госреестр РФ 8 сортов хлопчатника, приспособленных климатическим условиям Нижнего Поволжья, но по срокам вегетации они не всегда успевали созреть до наступления заморозков. А с 2021 года в Госреестр РФ внесен новый сорт среднеспелого средневолокнистого хлопчатника Астраханский пух: вегетационный период – 110-117 дней; масса одной коробочки – 6,1 г; выход волокна – 39,1%; длина волокна – 3,5 см; продуктивность с одного растения – 85,4 г. – урожайность хлопка сырца – 3,55 т/га- урожайность семян – 2,14 т/га, тип волокна – 4. Новизна работы состоит в возможности внедрения новых высокоурожайных сортов хлопчатника, созданных для возделывания в условиях Астраханской области, способных обеспечить стратегическую стабильность государства.

Ключевые слова: хлопчатник, коробочки хлопчатника, урожайность хлопчатника, вегетационный период хлопчатника, сорта хлопчатника, типы волокна хлопка.

Цитирование. Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А., Лаврова Л. П., Джабраилова В. Ю. Новый сорт хлопчатника астраханских селекционеров для Юга России. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 167-174. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-17.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Хлопчатник является одним из древнейших культурных растений с момента возделывания земледелия, но и в настоящее время это одна из основных мировых сельскохозяйственных культур комплексного использования. Основное его назначение – давать волокно для текстильной и оборонной промышленности. Важной особенностью хлопкового волокна, в отличие от других (лубяных) волокон, является его использование сразу после отделения от семян. Для стабильности и ритмичного функционирования ряда отраслей промышленности требуется создание отечественной сырьевой базы, которая могла бы обеспечить хотя бы часть потребностей, создать «страховой фонд» и, в случае чрезвычайных обстоятельств, гарантировать обороноспособность страны, ее «хлопковую независимость» от стран Ближнего и Дальнего Зарубежья. Из работ многих авторов видно, что хлопковое волокно является стратегическим сырьем. Оно используется при выработке хлопчатобумажных тканей, производстве швейных ниток, канатов, веревок, ваты. Из хлопкового волокна изготавливают транспортные ленты, специальные кордовые ткани для изготовления авиационных шин и, что важно, хлопковое волокно – это чистая целлюлоза, из которой изготавливается порох для вооруженных сил [1].

Несмотря на то что основное назначение хлопка – это получение волокна, хлопок является безотходной культурой. Из семян изготавливают хлопковое масло, которое, согласно исследованиям ряда авторов, является ценным диетическим продуктом, насыщенным аминокислотам, содержит линоленовую, олеиновую, пальмитиновую и ряд других кислот [4]. Очень важным является то, что семена хлопка содержат соли калия, фосфора, железа и большую группу витаминов А, В, D, Е. Жмых после выделения масла из семян – прекрасный корм для крупного и мелкого рогатого скота. Стебли хлопчатника используют в качестве топлива. Все вышеизложенное указывает на важность выращивания культуры хлопчатника. Поэтому, независимо от экономических и политических условий на современном этапе, выращивание такой стратегической культуры, как хлопчатник, повышение его урожайности, и как следствие, выход волокна и семян, имеет большое значение [5].

Согласно литературным источникам, распространение хлопчатника зависит во многом от климатической зоны. Семена хлопчатника не прорастают при температуре ниже $+10^{\circ}\text{C}$, а волокно хлопчатника перестает расти и развиваться, если температура воздуха опускается ниже $+12^{\circ}\text{C}$. Многие ученые отмечают, что сохранение высокого качества хлопкового волокна во многом зависит от сорта: в основном это сорта с тонким волокном. Тонковолокнистый хлопок – особый продукт по ценности, он требует бережного отношения. Собранный урожай хлопка-сырца, как считают многие авторы, сразу не должен джинироваться (джинирование – отделение хлопкового волокна от семян). Волокно должно 10-20 дней дозревать, достигать однородного содержания влаги, что делает однородной всю партию и максимально способствует увеличению крепости волоконца [6].

Для получения разнообразных хлопчатобумажных тканей и текстильных изделий высшего качества требуется хлопок с определенным сочетанием свойств волокна. Поэтому сорта делятся на типы и, в зависимости от этого, используются для выработки основных номеров пряжи [3]. Для обеспечения потребности промышленности и выработки большего разнообразия текстильной продукции необходимо иметь ассортимент типов хлопка с разными технологическими свойствами волокна [2, 7].

Распространение любого вида хлопка во многом зависит от адаптации сорта к почвенно-климатическим условиям. Поэтому селекционерами при создании новых сортов хлопчатника решаются взаимосвязанные задачи: скороспелость, высокая урожайность – обеспечение получения в урожае 80 % хлопка-сырца, болезнеустойчивость и высокий выход волокна из сырца и качество волокна [8-10].

Внедрение хлопчатника на юге России является весьма актуальной задачей, а Астраханская область – это самая северная зона его возделывания и по своим климатическим условиям она подходит для выращивания хлопка. Её протяженность с юга на север с 46° до $48,5^{\circ}$. Сумма активных температур колеблется от $3865,6^{\circ}\text{C}$ до $3576,5^{\circ}\text{C}$, сумма эффективных – от $1436,5^{\circ}\text{C}$ до $1725,6^{\circ}\text{C}$, что приемлемо для возделывания хлопчатника [11]. Для наших климатических условий необходимо создавать скороспелые сорта с коротким вегетационным периодом. С 1992 года в рамках принятой целевой программы по развитию экономики Южного Федерального округа, где отдельным пунктом упоминается отрасль хлопководства, в Астраханской области ведутся научно – исследовательские работы по созданию и внедрению новых сортов, районированных по Нижневолжскому (8) региону. Генетическим материалом служат селекционные образцы, привезенные из Узбекистана, Ирана, Каракалпакии, Средиземноморья и России. За время работы астраханскими селекционерами создано 8 сортов хлопчатника, адаптированных к условиям Нижнего Поволжья и превосходящих по своим хозяйственно-ценным признакам аналоги [12-14].

Актуальность. Интерес к прядильным культурам постоянно повышается в связи с отказом от использования во многих случаях в одежде, синтетики, а наложенные Западом на Россию экономические санкции поставили перед необходимостью ускорения создания отечественной сырьевой базы для развития текстильной, оборонной, медицинской и других отраслей народного хозяйства России. Поэтому создание нового сорта, позволяющего уменьшить зависимость от импорта этой ценной культуры, повысить экономическую эффективность сельхозпроизводства, обеспечить занятость сельского населения является весьма актуальным.

Цель и задачи исследования – создание формы хлопчатника с ценными селекционными признаками, пригодного для выращивания в условиях юга России, с высокой продуктивностью и качеством волокна 4-5 типа.

Научная новизна. Выведен новый высокоурожайный сорт средневолкнистого хлопчатника, который позволит получать более раннее раскрытие коробочек с высоким качеством волокна, отвечающим потребностям современного рынка.

Практическая значимость. Выращивание сортов хлопчатника, созданных и предназначенных для возделывания в условиях Астраханской области, позволит повысить урожайность хлопка - сырца и минимизировать его дефицит при сложившихся на мировом рынке высоких ценах на хлопковое волокно и ускорить выполнение Программы импортозамещения.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Участок расположен на юге Астраханской области в западной части реки Волга. За период исследования солнечное сияние составляло 2200-2400 час за год. Сумма температур воздуха выше 10° варьировала от 3500 до 3600°C . Сумма активных температур за период вегетации хлопчатника с апреля по октябрь была в пределах от $4008,3^{\circ}\text{C}$ до $3287,3^{\circ}\text{C}$. Продолжительность теплого периода 230-260 дней. Сумма эффективных температур достигала $1965 - 2007^{\circ}$ по Цельсию. Почвы участка аллювиально-луговые, слабозасоленные. Тип засоления хлоридно-сульфатный. Опыты проводили по общепринятым методикам. Схема посева $0,7 \times 0,2\text{ м}$. Полив капельным орошением. Сроки и нормы полива в течение вегетации устанавливаются с учетом состояния растений, влажности почвы и метеоусловий. Селекционная работа занимает важнейшее место в научных изысканиях ученых хлопководов. Одним из методов селекции является гибридизация, которая позволяет создавать новые генотипы и существенно разнообразить исходный материал для получения новых сортов. Опреде-

ляли коэффициент наследуемости от диаллельных и отдаленно-географических гибридов, изучали биологию цветения, определяли особенности динамики плодообразования сортообразцов в условиях Астраханской области. Изучались признаки: элементы продуктивности – высота растений, количество симподиальных (плодовых) ветвей на растении, количество коробочек; хозяйственно ценные признаки – масса хлопка сырца одной коробочки, длина и выход волокна, продуктивность одного растения. Длину волокна измеряли на доске Ф. М. Мауера. Оценку линий проводили рандомизированно, по элементам продуктивности, индивидуально по растениям. Весь материал обрабатывался по методике полевого опыта Б. А. Доспехова.

Результаты и обсуждение. Селекционерами Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАФНИЦ РАН» за время работы создано 8 сортов хлопчатника, приспособленных к условиям Нижнего Поволжья и превосходящие по своим хозяйственно-ценным признакам аналоги, испытываемые в коллекциях. С 2021 года в Госреестр РФ внесен новый среднеспелый средневолокнистый сорт хлопчатника Астраханский пух (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сорт хлопчатника Астраханский пух (общий вид)

Figure 1 – Astrakhan fluff cotton variety (general view)

Таблица 1 – Хозяйственно-ценные признаки сортов хлопчатника

Table 1 – Economically valuable characteristics of cotton varieties

Сортообразцы/ Varietals	Масса одной коробочки, г/ Weight of one box, g	Кол-во сформированных коробочек, шт/ Number of formed boxes, pcs	Продуктивность одного растения, г/ Productivity of one plant, g	Длина волокна, мм/ Fiber length, mm	Вегетационный период, сутки/ Vegetative period, day
Ас-1 (стандарт)/ As-1 (standard)	5,0	12,0	60,0	30,9	109
Ас-2/ As-2	4,7	11,0	51,7	27,8	118
Ас-3/ As-3	4,4	11,0	48,4	25,6	120
Астраханский Пух/ Astrakhan Fluff	6,1	14,0	85,4	35,1	113

Как показали наши исследования, в условиях Астраханской области (Камызякский район) установлена определенная и довольно четкая реакция каждого изучаемого сорта в образовании плодовых элементов. Так, сорт АС - 1 отличался наиболее ранней отдачей урожая - начало раскрытия коробочек у него отмечено на 109 сутки, что раньше, чем у других на 7-11 суток. Наиболее позднее раскрытие коробочек (на 120 сутки) отмечено у сорта АС-3. Новый сорт Астраханский пух, хотя и уступает стандарту по скороспелости, значительно превосходит его по количественным показателям (таблица 1).



Рисунок 2 – Сорт хлопчатника Астраханский пух (цветок, коробочка и волокно)

Figure 2 – Astrakhan fluff cotton variety (flower, box and fiber)



Рисунок 3 – Хлопчатник сорт Астраханский пух перед сбором урожая

Figure 3 – Cotton variety Astrakhan fluff before harvesting

Одним из важных качеств, помимо продолжительности вегетационного периода, имеет количество сформировавшихся и раскрывшихся коробочек до наступления морозного периода. Из изучаемых сортов большее количество коробочек отмечено у сорта Астраханский Пух – 14 шт., далее следует АС - 1 – 12 и по 11 коробочек у сортов АС-2 и АС-3. Немаловажную роль в оценке сорта имеет не только количество сформировавшихся коробочек, но и их вес и, как следствие, выход всего урожая. Полученные

нами данные указывают, что лучшим по массе коробочки, продуктивности был отмечен сорт Астраханский Пух (рисунок 2). Масса одной коробочки - 6,1 г, что больше, чем у других сортов в 1,3 - 1,5 раза. От массы коробочки и от количества раскрывшихся коробочек формируется общий урожай, и он варьировал, в зависимости от сорта, в пределах от 51,7 до 85,4 г. При оценке сорта большое внимание уделяется длине волокна, что имеет большое значение для текстильной промышленности. Все изучаемые сорта можно отнести к четвертому типу. Но надо отметить, что длина волокна у сорта Астраханский Пух составила 35,1 мм, что больше, чем у других сортов в 1,1 – 1,3 раза.

Таким образом, имея выраженную континентальность климата для промышленного хлопководства в Астраханской области, селекционное совершенство хлопчатника должно развиваться по пути создания стрессоустойчивых, скороспелых и среднеспелых сортов.

Выводы: По многогранности использования и безотходности производства хлопчатник можно считать стратегической культурой. Какими, в нашем случае, являются сорта: АС-1 – более раннего срока созревания коробочек (109 суток) и среднеспелый – Астраханский Пух - вегетационный период его составляет 113 суток. У обоих сортов высокая продуктивность, но сорт Астраханский Пух превосходит стандарт по урожайности в 1,3 раза. Внедрение нового сорта Астраханский пух в производство даст новые возможности повышения экономического благосостояния Астраханской области, позволит расширить собственную сырьевую базу отечественной текстильной отрасли для производства натуральных тканей, обеспечить рабочими местами сельскохозяйственные районы, гарантировать обороноспособность страны, ее хлопковую независимость от стран Ближнего и Дальнего Зарубежья.

Библиографический список

1. Аширбеков И. А., Джиянов М. Р., Мамишев Б. О повышении полноты машинного сбора хлопка и снижении повреждаемости энтомофагов // Приоритетные направления развития современной науки молодых учёных аграриев: материалы V-ой международной научно-практической конференции молодых учёных. 2016. С. 873-875.
2. Внутренний контроль при определении урожайности семенного хлопка-сырца / Д. К. Рашидова, М. М. Якубов, Ш. Т. Шарипов, Н. М. Мамедов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021. № 2. С. 31-34.
3. Вопросы развития селекции и семеноводства хлопка / В. Н. Кузьмин, Н. П. Мишуров, О. А. Моторин, П. А. Подъяблонский, М. В. Скрынникова // Управление рисками в АПК. 2021. № 4 (42). С. 84-90.
4. Гулин А. В., Нестеренко Г. И. Экологические испытания сортов хлопчатника из селекции Ирана в Астраханской области // Каспий: прошлое, будущее, настоящее: сборник научных статей. Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2021. С. 105-108.
5. Изучение биологической активности и эффективности некоторых местных продуктов, используемых в хлопок и выращивании сельскохозяйственных культур / Х. М. Жамолова, У. А. Маматкулова, Х. Исаков, Р. У. Махмудов // Life Sciences and Agriculture. 2020. № 4. С. 1-3.
6. Костоварова И. А. Опыт возделывания скороспелых сортов хлопчатника в производственных условиях. 2018. № 2. С. 58-60.
7. Мирзаев А. Историография и источниковедческий анализ документов по истории хлопководства в Ферганской области // Известия ВУЗов Кыргызстана. 2021. №. 3. С. 111-114.
8. Режим орошения и урожайность хлопка сырца нового районированного сорта хлопчатника "Андижан-36" / Х. Турсунов, М. Атабаева, М. Джураев, Б. Пулатова, Ж. Худойбердиев, Б. Кодиров // Интеграционные процессы мирового научно-технологического развития: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. 2017. С. 48-51.

9. Токарев Н. А., Бочарникова Л. С., Нестеренко Г. И. Особенности агротехнических мероприятий на элитно-семеноводческих посевах хлопчатника в условиях Астраханской области // *Орошаемое земледелие*. 2019. № 2. С. 54-57.

10. Токарева Н. Д., Бочарникова Л. О. Российский хлопок – альтернатива импортному сырью для ткацкой промышленности // *Образование и наука в России и за рубежом*. 2019. № 2. С. 47 -55.

11. Development of a Nev Design for Drying Cotton Seeds with Purpose of efficient Use of Heat / S. O. Sayitqulov, S. Kh. Fayziev, F. B. Mardonova, Kh. K. Rakhmonov // *International Journal of Advanced Research in Science, engineering and Technology*. 2020. № 7 (4). P. 13440-13445.

12. Dzuraev A., Sayitqulov S. O. Research on improving the working bodies of the machine for cleaning cotton from waste // *International Journal of Research and Development*. 2021. № 6 (3). P. 36713.

13. Relative speed and temperature effect investigation of the of the drying agent on the moisture content of cotton / Kh. Rakhmonov, S. Fayziev, Kh. Rakhimov, D. Kazakova // *E3S Web of Conferences*. 2021. V. 264. 04008.

14. Vacuum Installation of Technology of Deep Ion-Plasmic Nitriding Disc Saw Of Fiber Separating Machines / Ak. Abrorov, Sh. Salimov, I. Sohobo, M. Quvoncheva // *International Journal of Advanced Research in Science, engineering and Technology*. 2020. № 7 (1). P. 12406-12409.

Информация об авторах

Гулин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-6000-5311 e-mail: vniiob@mail.ru

Кигашпаева Ольга Петровна, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-4578-6177 e-mail:vniiob@mail.ru

Мачулкина Вера Александровна, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0002-9051-6371 e-mail: vniiob@mail.ru

Лаврова Лариса Петровна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

Джабраилова Вера Юрьевна, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-18

THE IMPACT OF AGROTECHNICAL TECHNIQUES ON THE QUALITATIVE AND QUANTITATIVE COMPOSITION OF MICROORGANISMS IN THE SOIL AFTER SUGAR SORGHUM IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

E. N. Efremova¹, N. V. Tyutyuma², N. Y. Petrov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

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

Received 11.01.2023

Submitted 10.03.2023

Summary

The article examines the effect of soil treatments, growth biostimulator and mineral fertilizer on the number of microorganisms in the soil after sugar sorghum. The research was carried out on experimental fields in the Volgograd and Astrakhan regions. The results of the study showed that the use of zero tillage led to an increase in the number of microorganisms in the soil on various nutrient media studied.

Abstract

Introduction. The influence of agrotechnical techniques on the quantitative and qualitative composition of microorganisms is of great importance. In our study, the effects of soil treatments (dump and zero), growth biostimulators and mineral fertilizers were used as agrotechnical techniques. **An object.** The object of the study is the number of microorganisms in the soil in the crops of sugar sorghum. **Materials and methods.** The experiments were carried out in the farm Popova S. A. Chernoyarsky district of the Astrakhan region and in LLC AKH "Kuznetsovskaya" Ilovinsky district of the Volgograd region. Two weeks after harvesting sugar sorghum, a study was conducted on the quantitative and qualitative accumulation of microorganisms in the soil. To determine saprotrophic microorganisms assimilating organic forms of nitrogen, a medium of meat - peptone agar was used; microorganisms using mineral nitrogen, a medium of starch-ammonia agar was used; a medium of Chapek was used to determine microscopic fungi. **Results and conclusions.** When studying the number of microorganisms, the following results were recorded: the number of fungi in MPA crops was in the range of 0.31...0.38 million cells per 1 g of soil, the content of microorganisms on the medium of CAA averaged 56 million cells per 1 g of soil, fungi on the medium of Chapek – 14 million cells per 1 g of soil. These results were treated by dump tillage in the conditions of experience in the Volgograd region. According to zero tillage, the number of fungi on sowing medium MPA was higher relative to zero tillage and varied within 0.56 ...0.68 million cl. per 1 g of soil. The number of actinomycetes averaged 0.85 million cells per 1 g of soil, microorganisms on the medium CAA 42.05 million cells per 1 g of soil. In the experiment in the Astrakhan region on dump tillage, the number of fungi on the MPA medium varied from 0.19 to 0.27 million cells per 1 g of soil, actinomycetes on the MPA medium - 0.53...0.65 million cells per 1 g of soil, microorganisms on KAA sowing averaged 54.25 million cells per 1 g of soil. According to zero tillage of microorganisms on the KAA medium was 37.0 million cells per 1 g of soil, fungi on sowing MPA averaged 0.4725 million cells per 1 g of soil. The best microbiological regime of the soil in terms of the composition and quantity of its microflora was formed on the variant with the use of a growth biostimulator and fertilizer. In the zero-treatment variant, microorganisms began to concentrate on the upper layers of the soil.

Key words: *microorganisms, sugar sorghum, dump tillage, zero tillage, growth biostimulators, mineral fertilizers, fungi, actinomycetes, bacteria, Chapek medium.*

Citation. Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Y. The impact of agrotechnical techniques on the qualitative and quantitative composition of microorganisms in the soil after sugar sorghum in the conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 174-182 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-18.

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

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

УДК 631.5:631.467:633.174

ВОЗДЕЙСТВИЕ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ НА КАЧЕСТВЕННЫЙ И КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ СОСТАВ МИКРООРГАНИЗМОВ В ПОЧВЕ ПОСЛЕ САХАРНОГО СОРГО В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Е. Н. Ефремова¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. В. Тютюма², доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН
Н. Ю. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, с. Соленое Займище

Дата поступления в редакцию 11.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Влияние агротехнических приемов на количественный и качественный состав микроорганизмов имеет большое значение. В нашем исследовании в качестве агротехнических приемов было использовано воздействие обработок почвы (отвальная и нулевая), биостимуляторы роста и минеральные удобрения. **Объект.** Объектом исследования является количество микроорга-

низмов в почве в посевах сахарного сорго. **Материалы и методы.** Опыты проводились в КФХ Попова С. А. Черноярского района Астраханской области и в ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района Волгоградской области. Через две недели после уборки сахарного сорго проводили исследование по количественному и качественному накоплению микроорганизмов в почве. Для определения сапротрофных микроорганизмов, усваивающих органические формы азота, использовали среду мясо-пептонного агара; микроорганизмов, использующих минеральный азот, применяли среду крахмало-аммиачного агара; для определения микроскопических грибов использовали среду Чапека. **Результаты и выводы.** При исследовании микроорганизмов были зафиксированы следующие результаты: численность грибов в посевах МПА находилась в пределах 0,31...0,38 млн клеток на 1 г почвы, содержание микроорганизмов на среде КАА в среднем по варианту составило 56 млн клеток на 1 г почвы, грибов на среде Чапека – 14 млн клеток на 1 г почвы. Данные результаты были получены по отвальной обработке почвы в условиях опыта в Волгоградской области. По нулевой обработке почвы количество грибов на посевах среды МПА было выше относительно нулевой обработки и изменялось в пределах 0,56...0,68 млн кл. на 1 г почвы. Численность актиномицетов в среднем составила 0,85 млн кл. на 1 г почвы, микроорганизмов на среде КАА – 42,05 млн кл. на 1 г почвы. В опыте в Астраханской области по отвальной обработке почвы количество грибов на среде МПА изменялось от 0,19 до 0,27 млн кл. на 1 г почвы, актиномицеты на среде МПА – 0,53...0,65 млн кл. на 1 г почвы, микроорганизмы на посевах КАА в среднем составило 54,25 млн кл. на 1 г почвы. По нулевой обработке почвы микроорганизмов на среде КАА составило 37,0 млн кл. на 1 г почвы, грибов на посевах МПА – в среднем 0,4725 млн кл. на 1 г почвы. Наилучший микробиологический режим почвы по составу и количеству ее микрофлоры складывался на варианте с применением биостимулятора роста и удобрения. На варианте нулевой обработки микроорганизмы начинали концентрироваться на верхних слоях почвы.

Ключевые слова: почвенные микроорганизмы, сахарное сорго, отвальная обработка почвы, нулевая обработка почвы, биостимуляторы роста растений, минеральные удобрения, актиномицеты, среда Чапека.

Цитирование. Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю. Воздействие агротехнических приемов на качественный и количественный состав микроорганизмов в почве после сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 174-182. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-18.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Изменение физико-гранулометрического состояния почвы, которое происходит под влиянием различных приемов обработки, в значительной степени влияет на водный, воздушный и тепловой режимы почвы, то есть на ее микроклимат. По словам Калмыковой Е.В., «...это отражается на направлении, характере и интенсивности протекающих в ней микробиологических процессов. Повышенный интерес к почвенной микрофлоре вызван тем, что многие виды микроорганизмов в процессе жизнедеятельности поставляют растениям стимулирующие их развитие биологически активные, выделяют ростовые и антибиотические вещества, которые используются растениями в течение всей вегетации...» [5-8].

Ряд авторов подчеркивали, что органическое вещество соломы оказывало многостороннее положительное влияние на физические, химические и биологические показатели плодородия почвы. Растительные остатки оцениваются как источник азота и зольных элементов питания растений, энергетический материал для микроорганизмов, исходный материал для образования гумуса [1, 2].

Нулевая обработка, т.е. полный отказ от любой обработки почвы, напротив, является такой системой, при которой снижается эрозия, повышается содержание гумуса, восстанавливается микробная биомасса в почве, улучшается структура почвы и в ре-

зультате – восстанавливается и повышается почвенное плодородие. Кроме того, уменьшается объем инвестиций в технику, требуется меньшее количество рабочей силы на гектар, экономится горючее и повышается эффективность производства [4, 9, 10].

Цель исследования – изучить влияние обработки почв, минеральных удобрений и биостимуляторов роста на количественный и качественный состав микроорганизмов в почве после посева сахарного сорго.

В качестве объекта исследования изучается количество микроорганизмов в почве в посевах сахарного сорго.

Материалы и методы. В полевом многолетнем стационарном опыте, заложенном осенью 2008 года, было изучено возделывание сахарного сорго по отвальной (рекомендованной научными учреждениями региона) и нулевой обработке почвы. В течение исследования по вариантам опыта проводились исследуемые обработки почвы. Внедрение нулевой обработки почвы – сложный долгий процесс, результаты которого заметны только через 5...7 лет. Одна и та же обработка проводилась в течение исследуемого периода.

Предшественником сахарного сорго была озимая пшеница. Опыт – двухфакторный в четырехкратной повторности. Опыты проводились в КФХ Попова С. А. Черноярского района Астраханской области и в ООО АКХ «Кузнецовская» Иловлинского района Волгоградской области, находящиеся в 50 км на север от Волгограда. Период проведения исследований – 2009...2015 гг.

Опыт 1. Численность микроорганизмов сахарного сорго в зоне каштановых почв Волгоградской области от технологических приемов возделывания.

Опыт 2. Комплексное воздействие агротехнических приемов на количество микроорганизмов сахарного сорго на светло-каштановых почвах Астраханской области.

Фактором А являются варианты:

А₁: контроль – отвальная обработка почвы.

А₂: нулевая обработка почвы.

Фактор В – биостимуляторы и минеральные удобрения, для повышения полевой всхожести и повышения роста вносились в начальные этапы развития.

Фактор В	Опыт 1	Опыт 2
В ₁	Контроль (без биостимулятора и минеральных удобрений)	Контроль (без биостимулятора и минеральных удобрений)
В ₂	Лигногумат*	Энерген Экстра*
В ₃	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀ **	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅ **
В ₄	Лигногумат+N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	Энерген Экстра+N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅

* - обработка семян сахарного сорго перед посевом биостимулятором Лигногумат 1 %, расход рабочего раствора – 10 л/т семян (100 г/т), Энерген Экстра – норма расхода препарата – 100...330 г/т. Предпосевная обработка семян. Расход рабочего раствора – 10 л/т.

** - удобрения вносили в виде нитрофоски (N₃₂P₃₂K₃₂) одновременно с посевом, оставшаяся часть в период вегетации растений с поливной водой (азот аммиачная селитра, фосфор – двойной суперфосфат, калий – калийная соль, до расчетных значений). Внесение удобрений было расчетным на планируемую урожайность 50,00 т/га сорго на зеленый корм.

Почвы Волгоградской области представлены каштановыми разновидностями тяжелого гранулометрического состава в комплексе с солонцами до 15...20 %. Содержание гумуса – 1,46...1,74 %. Обеспеченность легкогидролизуемым азотом по Тюрину и Кононовой – низкая (4,1...5,0 мг/100 г почвы), подвижным фосфором по Мачигину – средняя (2,0...2,9 мг/100 г почвы), обменным калием по Мачигину – повышенная (30...40 мг/100 г почвы). Плотность почвы с глубиной несколько возрастает и, в среднем, для слоя

0,00...1,00 м составляет 1,33 т/м³. Реакция почвенного раствора слабощелочная, рН 7,4...8,0. Почвы КФХ Попова С. А. Астраханской области представлены подтипом светло-каштановыми солонцеватами без наличия пятен солонцов, по гранулометрическому составу – среднесуглинистые, крупнопылевые, с содержанием физической глины в горизонте Апах 26,4 %. По содержанию натрия в пахотном и подпахотных горизонтах почва относится к слабосолонцеватой со средним содержанием гумуса в пахотном слое: (0,92...1,10 %), валового азота и фосфора (0,08 и 0,10 % соответственно). Обеспеченность подвижными формами азота – очень низкая (3...4 мг/100 г почвы), фосфора – низкая (1,0...1,5 мг/100 г почвы), калия – средняя (16...30 мг/100 г почвы), реакция почвенного раствора – 7,6.

Исследование состояния почвы по численности заселяющих ее микроорганизмов в слое 0,0...0,3 м проводили через 2 недели после уборки сахарного сорго. Количество грибов, актиномицетов и сапрофитных бактерий на МПА, бактерий на КАА, усваивающим минеральный азот, и грибов на среде Чапека в посевах после сахарного сорго в зависимости от обработки почвы, применения биопрепарата и минерального удобрения.

Для определения сапротрофных микроорганизмов, усваивающих органические формы азота, использовали среду мясо-пептонного агара; микроорганизмов, использующих минеральный азот, применяли среду крахмало-аммиачного агара; для определения микроскопических грибов использовали среду Чапека.

Результаты и обсуждение. Для более полного анализа численности и групповому составу микроорганизмов в начале опыта (2009 г.) был зафиксирован следующий состав микроорганизмов на почвах первого опытного участка (таблица 1). По обеим обработкам почвы наблюдалась небольшая разница в количественном составе. Заметное влияние на численность микроорганизмов по обеим обработкам оказывало внесение минерального удобрения. По отвальной обработке почвы на варианте с внесением минерального удобрения количество грибов на посевах среды МПА и Чапека увеличилось более чем на 6 % относительно контроля.

Таблица 1 – Воздействие агротехнических приемов на численность и групповой состав микроорганизмов в почве посевов сахарного сорго, слой 0,0...0,3 м, млн кл. на 1 г почвы, 2009 г. (опыт 1)

Table 1 – The impact of agrotechnical techniques on the number and group composition of microorganisms in the soil of sugar sorghum crops, a layer of 0.0...0.3 m, million cells per 1 g of soil, 2009 (experience 1)

Фактор А	Фактор В	Посев на среде МПА			Посев на среде КАА	Грибы на среде Чапека
		грибы	актиномицеты	бактерии		
Отвальная обработка почвы	Контроль	0,33	0,72	48,7	55,3	13,2
	Лигногумат	0,32	0,71	48,4	55,9	13,0
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,35	0,73	49,0	56,8	14,0
	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,37	0,74	51,5	57,5	14,8
Нулевая обработка почвы	Контроль	0,30	0,71	48,6	54,4	13,3
	Лигногумат	0,31	0,71	48,4	54,2	13,1
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,39	0,72	49,1	54,5	14,1
	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,39	0,73	49,0	54,8	14,3

На варианте нулевой обработки почвы по данным показателям увеличение было на 30 %. Количество микроорганизмов, использующих минеральный азот на среде КАА, по нулевой обработке почвы уменьшилось в первый год исследования на 2...5 % относительно отвальной обработки почвы.

Наибольшее количество микроорганизмов было на варианте отвальной обработки почвы с применением биостимулятора роста и минерального удобрения.

Повторное исследование по численности и составу микроорганизмов почвы было решено провести в конце эксперимента (2015 г.). По отвальной обработке почвы заметных изменений мы не наблюдали (таблица 2). Количество грибов в посевах среды МПА осталось в пределах 0,31...0,38 млн клеток на 1 г почвы; численность микроорганизмов на среде КАА изменялась в пределах 55,3...57,3 млн клеток на 1 г почвы; размножение грибов на среде Чапека составило от 13,2 до 14,7 млн клеток на 1 г почвы.

Таблица 2 – Воздействие агротехнических приемов на численность и групповой состав микроорганизмов в почве посевов сахарного сорго, слой 0,0...0,3 м, млн кл. на 1 г почвы, 2015 г. (опыт 1)

Table 2 – The impact of agrotechnical techniques on the number and group composition of microorganisms in the soil of sugar sorghum crops, a layer of 0.0-0.3 m, million cells per 1 g of soil, 2015 (experience 1)

Фактор А	Фактор В	Посев на среде МПА			Посев на среде КАА	Грибы на среде Чапека
		грибы	актино-мицеты	бактерии		
Отвальная обработка почвы	Контроль	0,31	0,71	48,6	55,3	13,2
	Лигногумат	0,32	0,75	48,5	55,0	13,4
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,36	0,78	49,2	56,9	14,2
	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,38	0,78	51,1	57,1	14,7
Нулевая обработка почвы	Контроль	0,56	0,79	51,0	40,3	15,5
	Лигногумат	0,58	0,83	52,1	40,5	16,9
	N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,61	0,85	52,6	43,4	17,2
	Лигногумат + N ₁₂₀ P ₈₀ K ₅₀	0,68	0,93	53,7	44,0	18,7

По нулевой обработке почвы наблюдали заметное изменение численности микроорганизмов на всех средах. В среднем увеличение количества грибов на среде МПА составило 86...126 %; численность грибов на среде Чапека увеличилась на 30...40 % относительно 2009 г. На данной обработке почвы количество актиномицетов на среде МПА на варианте с использованием минерального удобрения увеличилось на 7...17 %; бактерии на среде МПА – 3...5 % относительно контроля нулевой обработки почвы. За период исследования с 2009 по 2015 г. количество микроорганизмов, произрастающих на среде КАА, по нулевой обработке почвы снизилось на 21...27 % относительно отвальной обработки почвы, что составило, в среднем 42 млн клеток на 1 г почвы. Применение биостимулятора роста на семенах сахарного сорго значительного влияния на содержание количества микроорганизмов и грибов в почве не оказало.

При исследовании почв опыта 2 заметно было снижение содержания количества микроорганизмов в почве, что связано с наличием гумуса в почвах опытного участка. Численность грибов на посевах МПА по отвальной обработке изменялась от 0,20...0,24 млн клеток на 1 г почвы, актиномицетов – 0,53...0,62 млн клеток на 1 г почвы; бактерий на среде МПА – 47,80...49,41 млн клеток на 1 г почвы по состоянию на начало эксперимента (2009 г.).

Увеличение количества грибов, микроорганизмов было связано с применением минерального удобрения (таблица 3). По нулевой обработке почвы также сохранялась тенденция увеличения численности микроорганизмов на варианте использования минерального удобрения.

Таблица 3 – Воздействие агротехнических приемов на численность и групповой состав микроорганизмов в почве посевов сахарного сорго, слой 0,0...0,3 м, млн кл. на 1 г почвы, 2009 г. (опыт 2)

Table 3 – The impact of agrotechnical techniques on the number and group composition of microorganisms in the soil of sugar sorghum crops, a layer of 0.0.0.3 m, million cells per 1 g of soil, 2009 (experience 2)

Фактор А	Фактор В	Посев на МПА			Посев на среде КАА	Грибы на среде Чапека
		грибы	актино-мицеты	бактерии		
Отвальная обработка почвы	Контроль	0,20	0,53	47,8	52,4	11,1
	Энерген Экстра	0,20	0,54	47,8	53,0	11,0
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,23	0,61	48,9	54,1	12,3
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,24	0,62	49,1	54,5	12,7
Нулевая обработка почвы	Контроль	0,21	0,55	47,9	51,8	11,4
	Энерген Экстра	0,23	0,56	48,0	51,7	11,4
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,28	0,62	49,2	52,3	12,3
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,28	0,64	49,5	52,8	12,5

Следующее микробиологическое исследование почвы опыта 2 проводили, как в опыте 1, в 2015 г. По отвальной обработке почвы изменения в сторону увеличения или уменьшения грибов и микроорганизмов не наблюдалось. Численный состав увеличился на варианте использования минерального удобрения. Заметное увеличение грибов на 40 % было на среде МПА, относительно контроля, по всем остальным микроорганизмам увеличение составляло от 8...21 %.

Таблица 4 – Воздействие агротехнических приемов на численность и групповой состав микроорганизмов в почве посевов сахарного сорго, слой 0,0...0,3 м, млн кл. на 1 г почвы, 2015 г. (опыт 2)

Table 4 – The impact of agrotechnical techniques on the number and group composition of microorganisms in the soil of sugar sorghum crops, a layer of 0.0.0.3 m, million cells per 1 g of soil, 2015 (experience 2)

Фактор А	Фактор В	Посев на МПА			Посев на среде КАА	Грибы на среде Чапека
		грибы	актино-мицеты	бактерии		
Отвальная обработка почвы	Контроль	0,19	0,53	47,9	52,3	11,3
	Энерген Экстра	0,22	0,55	49,9	53,4	11,9
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,24	0,62	52,6	54,8	12,5
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,27	0,65	54,1	56,5	13,0
Нулевая обработка почвы	Контроль	0,42	0,67	48,5	35,7	12,8
	Энерген Экстра	0,43	0,67	50,3	36,9	13,9
	N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,51	0,77	53,1	37,3	14,5
	Энерген Экстра + N ₁₈₀ P ₁₂₀ K ₇₅	0,53	0,85	54,9	38,1	15,3

Отмечалась закономерность увеличения численности микроорганизмов в зависимости от способа обработки почвы. По нулевой обработке почвы в конце исследования (2015 г.) численность микроорганизмов повышалась (таблица 4). Величина данного показателя возрастала на посеве среды МПА на 80...100 % относительно данных начала проведения исследований. Количество микроорганизмов на среде КАА уменьшилось на 27...33 % относительно отвальной обработки почвы.

По нулевой обработке почвы исследованием предусматривалось разбрасывание растительных остатков на поверхности почвы, в результате чего в почву попадали органические вещества, содержащие белки и аминокислоты. Микроорганизмы, населяющие почву, преобразовывали большое количество веществ неорганических и органических, что привело к накоплению в почве питательных веществ, улучшению структурного состояния почвы, оказывающих влияние на развитие и питание растения. В результате разложения пожнивных остатков происходило увеличение количества дождевых червей и микроорганизмов. Основную роль в процессе преобразования органического вещества в этом случае приходится отводить деятельности бактерий, применяемые в минеральных формах азота.

Органические вещества, дополнительно используемые при возделывании сельскохозяйственных культур, а также биологические активные вещества играют важную роль в жизнедеятельности микроорганизмов [3]. В наших исследованиях использование биостимулятора роста ускоряло рост и развитие растений, что увеличивало биохимические и физиологические процессы. Общую закономерность увеличения микроорганизмов при применении регулятора роста наблюдали на всех вариантах.

Существенный способ регулировки жизнедеятельности почвенной микрофлоры, ее количества, видового состава является обработка почвы. Применение отвальной обработки почвы улучшает аэрацию, накопление влаги и повышает количество отдельных видов микроорганизмов, грибов, бактерий, распадающих углеродосодержащие растительные элементы [11].

Выводы. В результате микробиологического исследования было установлено, что по нулевой обработке почвы наблюдали уменьшение микроорганизмов, использующих минеральный азот, на среде крахмало-аммиачного агара. Присутствие на почве растительных остатков обеспечивало углеродное питание азотофиксирующих бактерий и других микроорганизмов, что положительно отразилось на почве, обработанной по нулевой обработке. На снижение активности почвенной микрофлоры оказывало нарушение благоприятного сочетания температуры и влажности в почве, что привело к увеличению количества грибов и актиномицетов, потребляющих органический азот.

Таким образом, нулевая обработка является самым лучшим восстановителем естественных биологических процессов, определяющих жизнеспособность почвы. Наилучший микробиологический режим почвы по составу и количеству ее микрофлоры складывался на варианте с применением биостимулятора роста и удобрения. На варианте нулевой обработки микроорганизмы начинали концентрироваться на верхних слоях почвы. Процесс разложения растительных остатков и образования питательных веществ протекал медленнее.

Библиографический список

1. Зайнуллин Р. Р. Система "микроорганизмы почвы - растения - животные" как междисциплинарный объект управления // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 2. С. 20-39.
2. Зеленев А. В., Семинченко Е. В. Солома - важный фактор биологизации при возделывании зернового сорго на светло-каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 62-69.
3. Изменение агрофизических свойств выщелоченного чернозема в зависимости от минимизации основной обработки почвы / М. М. Ильясов, И. М. Суханова, Л. М. Х. Биккинина, В. В. Сидоров // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1 (55). С. 42-47.
4. Изменение плодородия чернозема типичного при различных способах основной обработки почвы в посевах сои / Д. В. Дубовик, Е. В. Дубовик, А. Н. Морозов, А. В. Шумаков // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 2 (386). С. 173-176.

5. Косумов Р. С., Оказова З. П. Микроорганизмы как индикаторы качества почв // Вестник Биомедицина и социология. 2021. Т. 6. № 2. С. 45-50.
6. Федотов Г. Н., Шалаев В. С., Батырев Ю. П. Микроорганизмы почв и стимуляторы прорастания семян // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2019. Т. 11. № 1. С. 47-64.
7. Формирование урожайности сортами и гибридом сахарного сорго в зависимости от применяемых препаратов роста / П. О. Дибирова, М. Р. Мусаев, А. А. Магомедова, З. М. Мусаева // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 6 (110). С. 176-185.
8. Энеев М. Д., Кушхов А. С. Продуктивность полевых яровых культур и зернового сорго в богарном севообороте в засушливой зоне КБР // Аграрная Россия. 2020. № 12. С. 26-29.
9. Comparative effects of two mineral fertilizers and three organic manures on the agromorphological characteristics of a variety of sorghum (*Sorghum bicolor* L.), cultivated in commune of Korhogo, Northern Côte d'Ivoire / Siéné Laopé Ambroise Casmir [et al.] // International Journal of Research in Agronomy. 2021. N 4 (2). P. 55-61.
10. Influence of agro-technical reception on agro-physical state of soil and efficiency of cultivation of sugared sorghum in conditions of light-chestnut soil of Volgograd region / E. N. Efremova, N. I. Lebed, M. B. Averina, A. S. Mezheva, S. V. Kolmukid // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Conference on Innovations in Agricultural and Rural Development. 2019. P. 012030
11. Kiryushin V. I. The Management of Soil Fertility and Productivity of Agroecosystems in Adaptive-Landscape Farming Systems // Eurasian Soil Science. 2019. No 52 (9). P. 1137-1145.

Информация об авторах

Ефремова Елена Николаевна, заведующий кафедрой «Технологии производства, переработки продукции животноводства и товароведение» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел. 8 (8442) 41-12-16, e-mail: Elenalob@rambler.ru

Тютюма Наталья Владимировна, директор ФГБНУ Прикаспийский Аграрный Федеральный центр Российской Академии наук (416251, Астраханская обл, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, тел. 8 (85149) -25-7-20, e-mail: pniaz@mail.ru

Петров Николай Юрьевич, профессор кафедры «Технология хранения и переработки сельскохозяйственного сырья и общественное питание» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, Волгоград, пр. Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, тел. 8 (8442) 41-10-79, e-mail: n.petrov@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-19

EFFICIENCY OF PRE-SOWING TREATMENT WITH GROWTH STIMULANTS OF SEEDS OF TWO SPECIES OF THE GENUS *CARAGANA* FABR.

O. O. Zholobova

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agroecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences»
(FSC of Agroecology RAS), Volgograd, Russia*

Received 17.11.2022

Submitted 12.02.2023

The studies were carried out as part of the state task of the Research and Development Institute of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences "Develop the scientific basis for the conservation and reproduction of valuable genotypes of trees and shrubs in in vitro culture" FNFE-2022-0008

Summary

The article presents the results of the influence of growth stimulants on the germination energy and laboratory germination of seeds of two species of the genus *Caragana*. Effective stimulants for each type, their concentration and exposure time were determined. An assessment was made of the impact of preparations of different composition on the quantitative and temporal characteristics of the germination of seeds of the studied species.

Abstract

Introduction. Treelike shrubs of the genus *Caragana* act as recommended shrubs for agroforestry in arid areas. To obtain sustainable agrocenoses using representatives of this genus, it is necessary to understand the features of seed propagation and ways to increase its efficiency. The use of growth stimulants for pre-sowing treatment of seed material will increase germination and obtain high-quality seedlings for forest reclamation activities. **An object.** Two species were chosen as model objects: *Caragana arborescens* Lam. and *Caragana pygmaea* L., which are often found in protective forest belts among trees and shrubs, have a high ability to restore soil erosion and combat desertification. **Materials and methods.** The studies were carried out on the instrumental base of the biotechnology laboratory of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences. The experiment was laid in triplicate, the method for determining the energy of germination and germination, as well as the course of the experiment, was carried out in accordance with GOST-13056.6-97. **Results and conclusion.** The analysis of the data obtained confirmed the positive effect of the use of growth stimulants to increase the germination energy and seed germination of the studied species of *Caragana*, while a species-specific response to drug treatment was observed. For the seed material of *C. arborescens*, the use of growth stimulants is necessary to increase the germination and vigor of seed germination. The maximum parameters were obtained by soaking caragana tree seeds for 24 hours in the growth stimulator Aminozol at a concentration of 10 ml/l of water. The germination energy was 32.5%, and the germination rate was increased to 60% compared to 17.5% in the control, the average seedling length was twice as high as the control values. For *C. pygmaea*, Zircon and Boric acid were effective preparations. The germination energy during seed treatment with these preparations was 100% compared to 70% in the control, the maximum germination rate was also recorded and the time from the appearance of the first shoots to complete germination was 4 days.

Key words: growth stimulants, laboratory germination, germination energy, seedlings.

Citation. Zholobova O. O. Efficiency of presowing seed treatment with growth stimulants of two species of the genus *Caragana* Fabr., promising in protective afforestation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 182-190 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-19.

Author's contribution. Author of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study.

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

УДК 631.811.98+581.091

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СТИМУЛЯТОРАМИ РОСТА СЕМЯН ДВУХ ВИДОВ РОДА *CARAGANA* FABR., ПЕРСПЕКТИВНЫХ В ЗАЩИТНОМ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИИ

О. О. Жолобова, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.11.2022

Дата принятия к печати 12.02.2023

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН «Разработать научные основы сохранения и воспроизводства ценных генотипов древесных и кустарниковых растений в культуре *in vitro*» FNFE-2022-0008

Актуальность. В качестве рекомендованного кустарника для агролесомелиорации в условиях аридных областей выступают древовидные кустарники рода *Caragana*. Для получения устойчивых агроценозов с использованием представителей данного рода необходимо понимать особенности семенного размножения и пути повышения его эффективности. Применение стимуляторов роста для предпосевной обработки семенного материала позволит увеличить всхожесть и получить качественные сеянцы для проведения лесомелиоративных мероприятий. **Объекты исследования.** В качестве модельных объектов были выбраны 2 вида: Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) и Карагана карликовая (*Caragana pygmaea* L.), которые часто встречаются в защитных лесо-

полосах среди древесно-кустарниковых пород, обладают высокими способностями к восстановлению почвенной эрозии и борьбы с опустыниванием. **Методы исследования.** Исследования проводились на приборной базе лаборатории биотехнологий ФНЦ агроэкологии РАН. Опыт был заложен в трехкратной повторности, метод определения энергии прорастания и всхожести, а также ход эксперимента проводили согласно ГОСТ-13056.6-97. **Результаты и выводы.** Анализ полученных данных подтвердил положительный эффект применения стимуляторов роста для повышения энергии прорастания и всхожести семян исследуемых видов караганы, при этом наблюдалась видоспецифичность реакции на обработку препаратами. Для семенного материала *S. arborescens* применение стимуляторов роста необходимо для повышения всхожести и энергии прорастания семян. Максимальные параметры были получены при замачивании на 24 часа семян караганы древовидной в стимуляторе роста Аминозол в концентрации 10 мл/1 л воды. Энергия прорастания составила 32,5 %, а всхожесть удалось повысить до 60 % в сравнении с 17,5 % на контроле, средняя длина проростков вдвое превышала значения контроля. Для *S. pugnax* эффективными препаратами были Циркон и Борная кислота. Энергия прорастания при обработке семян этими препаратами составляла 100 % по сравнению с 70 % на контроле, также была зафиксирована максимальная скорость прорастания, и время от появления первых всходов до полного прорастания составило 4 дня.

Ключевые слова: стимуляторы роста растений, лабораторная всхожесть семян, энергия прорастания семян, проростки.

Цитирование. Жолобова О. О. Эффективность предпосевной обработки стимуляторами роста семян двух видов рода *Caragana* Fabr., перспективных в защитном лесоразведении. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 182-190. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-19.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Интродукция деревьев и кустарников под лесные насаждения различного назначения позволяет решать специальные задачи агролесомелиоративных нормативов, связанных с проблемой опустынивания и деградации почв. Постоянно меняющиеся климатические условия и износ многолетних насаждений требуют проведения работ по поиску и внедрению новых интродуцентов среди древесно-кустарниковых растений, способных адаптироваться и успешно функционировать в лесозащитных посадках.

Как показывает многолетний опыт интродукционной работы и исследований аридных регионов России, новые формы и генотипы деревьев и кустарников способны успешно произрастать и размножаться. Среди них есть немало лесомелиоративных пород, характеризующихся активным ростом, устойчивостью к климатическим условиям и быстрым развитием в молодом возрасте [11].

Получение качественного посадочного материала, его успешное размножение и масштабирование для выполнения лесомелиоративных работ во многом зависят как от генотипических особенностей интродуцентов, так и от качества предпосевной обработки семенного материала. Использование для этих целей биостимулирующих препаратов способствует повышению всхожести и энергии прорастания семян, а также оказывает положительное влияние на развитие и биометрические показатели проростков [1].

На сегодняшний день существует большое разнообразие химических и биологических препаратов, предназначенных для стимуляции семян на этапе прорастания. Это, как правило, вещества природного происхождения, выделенные из бактерий, грибов, водорослей, торфа, угля, сапропеля или их синтетические аналоги. В литературе биостимулирующие препараты разделяют на природные регуляторы-фитогормоны, синтетические и препараты из других физиологически активных соединений [13].

Положительный эффект применения биостимуляторов был доказан группой ученых при обработке семян *Pinus sylvestris* L. препаратами Эпин и Крезацином: повысились энергия прорастания и всхожесть [4]. Результаты изучения влияния стимулято-

ров роста (Циркон, Эпин, Фумар, Крезацин) на посевные качества семян семейства *Pinaceae* дальневосточных хвойных пород подтвердили эффективность их применения для повышения лабораторной всхожести [9, 10].

Высокая эффективность применения биостимуляторов была экспериментально доказана в работах Кириенко М. А. (2016) для предпосевной обработки главных лесообразующих видов Сибири [7]. Большая часть литературных данных посвящена подбору оптимальных концентраций биостимуляторов для повышения посевных качеств семян хвойных видов растений [5, 12, 14]. Семена *Tilia miqueliana* Maxim., находящиеся в глубоком покое, обрабатывали серной кислотой и гиббереллиновой кислотой, которые увеличивали площадь и плотность белков в клетках эндосперма и имели решающее значение во время выхода из состояния покоя и прорастания семян [15].

Целью нашей работы явился подбор эффективного биостимулятора для предпосевной обработки семенного материала двух видов *Caragana*, который сможет увеличить энергию прорастания, лабораторную всхожесть и морфометрические показатели проростков.

Материалы и методы. На территории Юга России в защитных полосах среди древесно-кустарниковых пород часто можно встретить представителей рода *Caragana*, которые обладают высокими способностями к восстановлению почвенной эрозии и борьбы с опустыниванием [3, 6]. В качестве модельных объектов были выбраны 2 вида: Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) и Карагана карликовая (*Caragana pygmaea* L.).

Изучение влияния различных по действующему веществу и его концентрации стимуляторов роста на всхожесть и энергию прорастания проводили на базе лаборатории биотехнологий ФНЦ агроэкологии РАН в 2022 году.

Отобранные пробы семян выдерживали в растворах шести стимуляторов роста (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика стимуляторов роста, используемых в опыте

Table 1 – Characteristics of growth stimulants used in the experiment

п/п	Наименование	Действующее вещество	Концентрация стимулятора роста	Время экспозиции, ч
1	Эпин-экстра	0,025 г/л 24-эпибрасинолид	0,5 мл/ 1 л воды	6
2	Циркон	0,1 г/л гидроксикирочные кислоты	2 капли/ 100 мл воды	6
3	Аминозол	Азот органически связанный-9%, аминокислоты-55%	10 мл/ 1 л воды	24
4	Янтарная кислота	Янтарная кислота, бутандиовая кислота	2 г/ 1 л воды	6
5	Гиббереллиновая кислота	Гиббереллиновая кислота 90%	0,25 г/ 100 мл воды	24
6	Борная кислота.	Борная кислота 98,6%	0,2 г/ 1 л воды	6

Семена предварительно замачивали в стерилизующих растворах: 1 %-ный раствор перманганата калия KMnO_4 в течение 20 минут и 3 %-ная перекись водорода H_2O_2 в течение 15 минут с последующим промыванием в дистиллированной воде и подсушиванием в течение 10 минут. Биостимулирующие препараты применяли согласно рекомендации производителя с временной экспозицией от 6 до 24 часов, за контроль брали семена, замоченные в дистиллированной воде на 24 часа. После замачивания семена просушивали до сыпучего состояния и высевали в стерильные чашки Петри с влажной трехслойной марлевой подложкой, для поддержания влажности ложе периодически смачивали дистиллированной водой.

Исследования проводились в лабораторных условиях в трехкратной повторности, семена в чашках Петри культивировали при температуре 22-24 °С при постоянной освещенности 70 мкмоль/с/м² в климатической камере роста растений TPL-500 (Testa, Россия).

Подсчет проростков проводили на 3, 7, 10, 15, 20, 23-ый день. В день подсчета проростков отдельно в каждой повторности с подложки удалялись нормально проросшие и загнившие семена. В карточку анализа заносили данные подсчета нормально проросших, загнивших и еще не проросших семян, оставленных на подложке. Энергию прорастания подсчитывали на 7-й день проращивания. Для измерения биометрических показателей выбирали средние по размеру проростки (до 10 штук) на 7-й день после всходов.

Важнейшими показателями при оценке влияния стимуляторов роста являлись лабораторная всхожесть и энергия прорастания, которые информативно и быстро давали возможность охарактеризовать эффект воздействия препаратов на семена [2]. Однако в данной исследовательской работе количественных показателей всхожести на определенный день было недостаточно, для чего дополнительно учитывали и временные показатели, такие как время появления первых всходов, период прорастания ($T_p - T_n$, промежуток времени между началом и полным прорастанием семян) и скорость прорастания семян (СПС).

Скорость прорастания семян рассчитывалась по формуле:

$$СПС = [(A_1/1) + (A_2/2) + (A_n/n)],$$

где А – количество проросших семян в соответствующий день наблюдения;
1, 2, n – сутки, на которые выполняется наблюдение.

Полученные данные обрабатывались с использованием пакета программ Microsoft Excel. Результаты подвергались статистической обработке и были представлены в виде средней арифметической с учетом ошибки среднего. Сравнение полученных результатов между собой проводилось по U-критерию Манна-Уитни. Статистически значимыми считались различия при $p < 0.05$.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных данных подтвердил положительный эффект применения стимуляторов роста для повышения энергии прорастания и всхожести семян исследуемых древесно-кустарниковых пород, при этом наблюдалась видоспецифичность реакции семян на обработку препаратами.

Карагана древовидная, или акация желтая представляет собой кустарник или небольшое деревце высотой до 4 м, отличается высокой засухоустойчивостью; во время засух сбрасывает листву, благодаря чему лучше переносит засуху в южных районах [8]. Семенное размножение затруднено из-за низкой всхожести. На контроле первые всходы появились на 7 день, энергия прорастания составила 12,5 %, а всхожесть 17,5 %. Применение стимуляторов роста позволило повысить всхожесть до 60 %. Количественные и временные показатели обработки семян караганы древовидной приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность предпосевной обработки семян *c. arborescens*

Table 2 - Efficiency of pre-sowing seed treatment *c. arborescens*

Стимулятор	Количественные показатели		Временные показатели		
	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %	Скорость прорастания семян, шт/дни	$T_p - T_n$, дни	Первые всходы, день
Контроль	12,5±2,5	17,5±2,5	0,54	2	7
Эпин-экстра	30±5	52,5±7,5	1,46	9	4
Циркон	27,5±2,5	32,5±7,5	1,31	9	4
Аминозол	32,5±2,5	60±5	1,46	4	7
Борная к-та	15±5	32,5±2,5	0,91	2	7
Гибберелли-новая к-та	17,5±5	20±0	0,57	1	7
Янтарная кислота	40±5	45±5	1,51	5	4

Семена, обработанные Аминозолом и Эпином, отличались дружностью всходов (энергия прорастания составила 30 и 32,5 % соответственно) и максимальным числом проросших семян: всхожесть составила 60 и 52,5 %. Значительно повысить энергию прорастания (до 40 %) удалось и при использовании Янтарной кислоты. Ранние первые всходы, на 4 день, появились при использовании Янтарной кислоты, Эпина и Циркона. Максимальная скорость прорастания была зафиксирована при использовании Янтарной кислоты – 1,51 шт./день и при использовании Эпина и Аминозола – 1,46 шт./дни. На рисунке 1 изображены проростки караганы после обработки стимуляторами роста по сравнению с контролем. Наглядно показано, что, несмотря на высокие энергию прорастания и всхожесть семян, обработанных Янтарной кислотой, дальнейшее их развитие протекало медленнее или вообще отмечалась остановка роста по сравнению с использованием препаратов Эпин, Аминозол или Циркон (рисунок 1).



Рисунок 1 – Влияние стимуляторов роста на морфометрические показатели проростков *Caragana arborescence* на 7 день после всходов в сравнении с контролем: 1 – Эпин, 2 – Циркон, 3 – Аминозол, 4 – Борная кислота, 5 – Гиббереллиновая кислота, 6 – Янтарная кислота, 7 – Контроль (вода)

Figure 1 - The effect of growth stimulants on the morphometric parameters of *Caragana arborescence* seedlings on the 7th day after germination in comparison with the control:
1 - Epin, 2 - Zircon, 3 - Aminosol, 4 - Boric acid, 5 - Gibberellic acid, 6 - Succinic acid, 7 - Control (water)

При анализе ростовых характеристик проростков *s. arborescens* (рисунки 1, 2) максимальное развитие – 5,34 см – отмечалось при обработке семян Аминозолом. Положительный эффект был достигнут и при использовании Эпина (4,79 см), Циркона (3,8 см) и Борной кислоты (4 см) по сравнению с контролем (2,56 см). Использование Янтарной и Гиббереллиновой кислоты в опытных концентрациях оказывало ингибирующее действие на развитие проростков караганы древовидной.

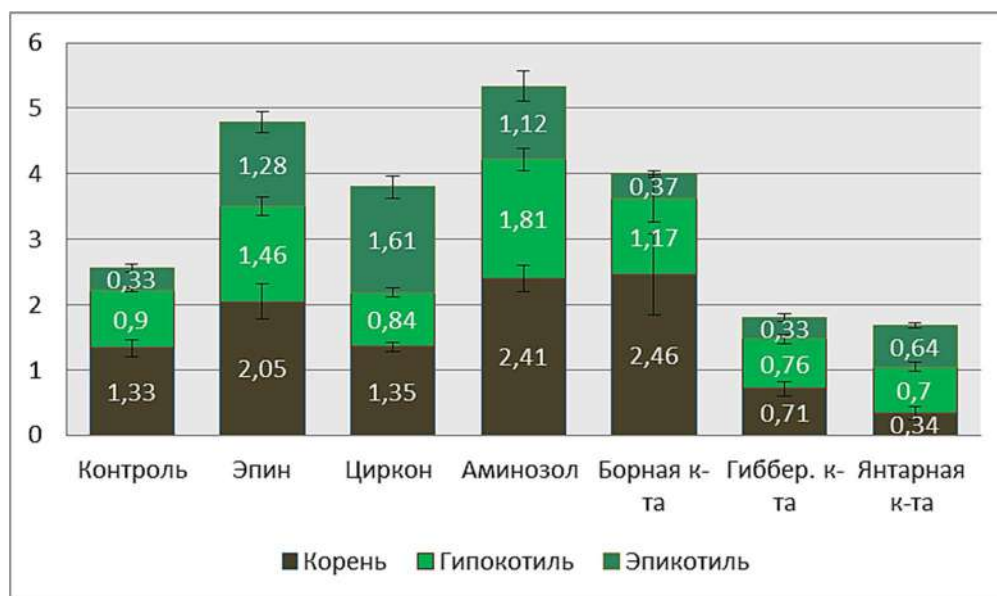


Рисунок 2 – Средняя длина проростков *Caragana arborescence* после обработки семян стимуляторами роста в сравнении с контролем

Figure 2 – The average length of *Caragana arborescence* seedlings after seed treatment with growth stimulants in comparison with the control

В отличие от древовидной Карагана карликовая достигает всего 1 м в высоту, растет в степях, по долинам рек, на каменистых склонах и осыпях и хорошо размножается семенами. На всех повторностях в контроле и при использовании стимуляторов была отмечена 100 % всхожесть, появление первых всходов отмечалось на 3 сутки. Применение препаратов повлияло на энергию прорастания и временные показатели всхожести (таблица 3).

Таблица 3 – Действие стимуляторов роста на показатели всхожести *s. pygmaea*

Table 3 - The effect of growth stimulants on germination rates *s. pygmaea*

Стимулятор	Количественные показатели		Временные показатели		
	Энергия прорастания, %	Всхожесть семян, %	Скорость прорастания семян, шт./дни	Тп – Тн, дни	Первые всходы, день
Контроль (вода)	70±5	100±0	3,63	6	3
Эпин-экстра	50±0	100±0	3,41	6	3
Циркон	100±0	100±0	4,72	4	3
Аминозол	95±5	100±0	3,4	6	3
Борная к-та	100±0	100±0	4,18	4	3
Гиббереллиновая кислота	75±5	100±0	3,58	6	3
Янтарная к-та	75±5	100±0	3,96	6	3

С учетом видовых особенностей *C. pugnax* и ее высоких показателей семенного размножения применение стимуляторов роста не является столь необходимым компонентом для получения качественных сеянцев, тем не менее был отмечен положительный эффект применения двух стимуляторов: Циркон и Борная кислота. Энергия прорастания при обработке семян этими препаратами составляла 100 % по сравнению с 70 % на контроле. Максимальная скорость прорастания 4,72 и 4,18 шт./дни и время от первых всходов до полного прорастания семян (4) также были зафиксированы при использовании Циркона и Борной кислоты.



Рисунок 3 – Влияние стимуляторов роста на морфометрические показатели проростков *Caragana pugnax* на 7 день после всходов в сравнении с контролем:
1 – Циркон, 2 – Борная кислота, 3 – Контроль (вода)

Figure 3 – The effect of growth stimulants on the morphometric parameters of *Caragana pugnax* seedlings on the 7th day after germination in comparison with the control:
1 - Zircos, 2 - Boric acid, 3 - Control (water)

Длина эпикотиля, гипокотиля и зародышевого корешка проростков караганы карликовой на контроле и при использовании препаратов не отличались статистически значимо ($p > 0,05$). Хотя было отмечено незначительное увеличение листовых пластинок эпикотиля и появление корней второго порядка после обработки семян Цирконом и Борной кислотой (рисунок 3).

Выводы. Результаты проведенных исследований подтвердили, что обработка семенного материала стимуляторами роста способствовала повышению энергии прорастания и всхожести, а также положительно влияла на морфометрические показатели проростков, хотя при этом имела видоспецифичный характер реакции.

Для семенного материала *C. arborescens* применение стимуляторов роста необходимо для повышения всхожести и энергии прорастания семян. Максимальные параметры были получены при замачивании на 24 часа семян караганы древовидной в стимуляторе роста Аминозол в концентрации 10 мл/1 л воды. Энергия прорастания составила 32,5 %, а всхожесть удалось повысить до 60 % в сравнении с 17,5 % на контроле, средняя длина проростков вдвое превышала значения контроля. Также положительный эффект был отмечен при использовании Эпин-экстра, энергия прорастания и всхожесть составляли 30 и 52,5 % соответственно.

Для *C. pugnax* эффективными препаратами были Циркон и Борная кислота. Энергия прорастания при обработке семян этими препаратами составляла 100 % по сравнению с 70 % на контроле, также была зафиксирована максимальная скорость про-

растания (4,72 и 4,18 шт./дни), и время от первых всходов до полного прорастания семян составило 4 дня. Использование данных стимуляторов роста способствовало незначительному улучшению количественных и временных показателей всхожести семян караганы карликовой.

Библиографический список

1. Андреев Ю. М. Предпосевная подготовка семян // Большая российская энциклопедия. Москва, 2015. Т. 28. С. 318.
2. Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н., Бухарова А. Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 5-19.
3. Виноградова Ю. К., Куклина А. Г. Морфобиологические признаки генеративной сферы некоторых таксонов рода *Caragana* Lam. в условиях интродукции // Бюллетень Главного ботанического сада. 2013. № 2 (199). С. 27–31.
4. Влияние стимуляторов роста на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) / В. В. Острошенко, Л. Ю. Острошенко, Д. А. Ключников, В. Ю. Острошенко, Т. Н. Чекушкина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. Т. 17. № 6. С. 242-247.
5. Кабанова С. А., Данченко А. М., Данченко М. А. Влияние стимуляторов на всхожесть семян и рост сеянцев сосны обыкновенной в Северном Казахстане // Успехи современного естествознания. 2016. № 8. С. 88-92.
6. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) как кустарниковая порода при биологической рекультивации техногенных ландшафтов / Э. И. Трещевская, Е. Н. Тихонова, И. В. Голядкина, С. В. Трещевская, В. И. Князев // Лесотехнический журнал. 2021. Т. 11. № 3. С. 31–44.
7. Кириенко М. А., Гончарова И. А. Влияние концентрации стимуляторов роста на грунтовую всхожесть семян и сохранность сеянцев главных лесообразующих видов средней Сибири // Сибирский лесной журнал. 2016. № 1. С. 39-45.
8. Лоскутов Р. И. Рост и развитие древесных растений рода *Caragana* Lam. Семейства *Fabaceae* Lindl. - бобовые в дендрарии института леса им. В. Н. Сукачева со РАН (ил со РАН) (Красноярск, академгородок) // Вестник КрасГАУ. 2012. № 9. С. 74-77.
9. Острошенко В. Ю. Влияние стимулятора роста “Эпин-экстра” на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) // Вестник КрасГАУ. 2017. № 11 (134). С. 208-218.
10. Острошенко В. В., Острошенко Л. Ю. Влияние предпосевной обработки семян стимуляторами роста на их посевные качества // Вестник КрасГАУ. 2011. № 5 (56). С. 12-15.
11. Семенютина А. В., Терешкин А. В. Защитные лесные насаждения: анализ видового состава и научные основы повышения биоразнообразия дендрофлоры // Успехи современного естествознания. 2016. № 4. С. 99-104.
12. Хамитов Р. С., Кулаков Д. С. Внедрение технологии выращивания сеянцев ели с закрытыми корнями в Вологодской области // Вестник Студенческого научного общества. 2013. № 1. С. 38-40.
13. Шаповал О. А., Можарова И. П. Регуляторы роста растений в сельском хозяйстве // Защита и карантин растений. 2019. № 4. С. 9-14.
14. Pre-emergence processes limit seedling recruitment in two direct seeded *Acacia* spp. / A. S. McKendrick, J. F. Ede, E. R. Miller, J. Greet // Forest Ecology and Management. 2022. V. 505. 119912.
15. Wu Yu., Shen Y. Sulfuric Acid and Gibberellic Acid (GA3) Treatment combined with exposure to cold temperature modulates seed proteins during breaking of dormancy to germination in *Tilia miqueliana* // The Protein Journal. 2021. No 40 (6). P. 940-954.

Информация об авторах

Жолобова Ольга Олеговна, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией биотехнологий ФНЦ агроэкологии РАН (400062, Россия, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), кандидат биологических наук, ORCID 0000-0002-1594-4181, тел. +7 937 719 84 29, e-mail: zholobova-o@vfanc.ru

IMPACT OF PROJECT MANAGEMENT ON THE DEVELOPMENT OF THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX IN RUSSIA

G. N. Zvereva, D. A. Grebneva

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 13.01.2023

Submitted 10.03.2023

Summary

The article considers the impact of project management on the development of the agro-industrial complex in Russian Federation. The values of project implementation indicators that demonstrate an upward trend, and in some cases significantly, for the period 2013-2021, were analyzed. It was proved that the state impact on the agro-industrial complex of the Russian Federation through software-targeted management gives positive results. This is facilitated by financial support allocated to the regions as part of the action of federal and national projects and departmental programs. The systematic implementation of project management in the agro-industrial complex as one of the key tools of effective management in government bodies in the Russian Federation allows more effective solution of development problems, increases the reliability of successful achievement of the set goals in all types of activities. Directions have been formed that should be developed at the regional level in the agro-industrial complex using project management.

Abstract

Introduction. The effective functioning of the agricultural industry in Russian Federation is the basis for the country's food security and directly depends on the methods and methods of management. Project management is just such a way of organizing, coordinating and monitoring the achievement of significant and large-scale goals, the implementation of which involves limiting the time and provision of financial, material, human and other resources. It is important to note that this is a special type of management activity based on the preliminary collegial development of a comprehensive system model of actions to achieve the original goal and aimed at implementing this model. To put it simply, project management is the process of effectively organizing the achievement of goals of different sizes within the established time frame and in conditions of limited funding. The project management is further updated in accordance with the federal law «About strategic planning in the Russian Federation» [11]. Strategic planning is carried out using the program-target method [3]. In this regard, the management of the agro-industrial complex in the Russian Federation is actively using this approach. The main goals of development projects in the agro-industrial complex and agriculture are to maintain competitiveness through the creation of new or unique products [5]. This has become especially noticeable over the past decade, since it was possible to observe the successful implementation of significant national and departmental projects in accordance with high quality standards, achieving the set goals on time, saving time and reducing risk. At the same time, an assessment of the impact of the implementation of projects and programs on the development of the agricultural sector helps find out the bottlenecks and shortcomings in development. Guides specialists and experts in justifying recommendations to the authorities on the selection of measures and tools for the implementation of projects, which was the purpose of this article. **Object.** Functioning and development of the branch of agriculture in the Russian Federation and the Volgograd region. **Materials and methods.** The theoretical basis of the study was the researches of modern scientists and experts involved in project management. The information base of the study was the official materials of the Federal State Statistics Service, the Territorial office of the Federal State Statistics Service for the Volgograd Region, the Administration of the Volgograd Region, reporting documents of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation and the Committee on Agriculture of the Volgograd Region, regulatory legal acts, publications of scientists, experts in journals and on the Internet. To assess the impact of project management on the level of development of the agro-industrial complex of the Russian Federation and the Volgograd region, methods of economic and statistical analysis were used, which made it possible to identify the scale, features, and factors of the application of project management in the development of the agro-

industrial complex of Russia and the Volgograd region. **Results and conclusion.** The results of the study make it possible to identify the following areas that should be developed at the regional level in the agro-industrial complex using project management: to develop priority directions and tools for territorial development in the field of crop production and animal husbandry, take into account the pronounced natural-zonal placement of agricultural productive forces; to create a new commodity mass in crop and vegetable production and take into account the adaptation capabilities of hybrids in crop rotations, use the latest scientific research by scientists in the field of agrogenetic and chemical properties of soils in the Lower Volga region; actively promote rural tourism through the efforts of small businesses, taking into account the results of assessing the districts of the Volgograd region by factors of tourist attractiveness; to select the regulatory impacts of state authorities on the socio-economic development of territories with similar parameters, apply a spatial differentiation technique that allows determining the scale of differences and identifying their factors; when developing and implementing state policy within the framework of electronic entrepreneurship, use the tools of legal identification and authentication of participants in business relations; to intensify project activities, it is necessary to reflect this direction in every significant document of the socio-economic development of the region.

Key words: *project management, project activities, agro-industrial complex, program and target management method, agriculture, programs, national projects, efficiency of projects implementation.*

Citation. Zvereva G. N., Grebneva D. A. Impact of project management on the development of the Russian agro-industrial complex. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023. 1(69). 191-200 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-20.

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

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

УДК 338.24:631.145

ВЛИЯНИЕ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РФ

Г. Н. Зверева, кандидат экономических наук, доцент
Д. А. Гребнева, преподаватель

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 13.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность исследования обусловлена выделением проектного управления Президентом Российской Федерации в качестве одного из ключевых инструментов эффективного управления в органах государственной власти в Российской Федерации; системным внедрением проектного управления в различных отраслях экономики, в том числе и агропромышленном комплексе (далее – АПК), так как потребность введения проектного управления определена тем, что большинство программ остаются декларативными и не имеют практической результативности; универсальностью проектных принципов управления, которые усиливают используемый программно-целевой метод управления, а не противоречат ему, позволяют более эффективно решать задачи развития, повышают надежность успешного достижения поставленных целей во всех видах деятельности.

Объект. Функционирование и развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации и Волгоградской области. **Материалы и методы.** Работы современных ученых и экспертов, занимающихся вопросами проектного управления, послужили теоретической основой исследования. В качестве источников информации для исследования были использованы официальные документы по отчетам статистической службы, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и регионального Комитета по сельскому хозяйству, нормативные и правовые акты, исследовательские работы ученых-экспертов. Для оценки влияния проектного управления на уровень функционирования агропромышленного комплекса нашей страны, и в частности Волгоградской области применялись способы экономического, а также статистического рассмотрения, что позволило рас-

крыть масштабы, характерные черты, условия использования проектного управления в развитии АПК России и региона. **Результаты и выводы.** Итоги исследования предоставляют возможность отметить последующие тенденции формирования приоритетных направлений на региональном уровне в АПК с применением проектного управления: для выработки приоритетных направлений и инструментов территориального развития в области растениеводства и животноводства учитывать ярко выраженное природно-зональное размещение производительных сил сельского хозяйства; для создания новой товарной массы в растениеводстве и овощеводстве и учета адаптационных возможностей гибридов в севооборотах использовать новейшие научные исследования ученых в области агрогенетических и химических свойств почв Нижнего Поволжья; активно продвигать сельский туризм усилиями субъектов малого предпринимательства с учетом результатов оценки районов Волгоградской области по факторам туристской привлекательности; для выбора регулирующих воздействий органов государственной власти на социально-экономическое развитие территорий со сходными параметрами применить методику пространственной дифференциации, позволяющую определить масштабы различий и выявить обуславливающие их факторы; при разработке и реализации государственной политики в рамках электронного предпринимательства воспользоваться инструментами правовой идентификации и аутентификации участников предпринимательских отношений; для активизации проектной деятельности необходимо отразить это направление в каждом значимом документе социально-экономического развития региона.

Ключевые слова: *управление проектами, проектная деятельность, программно-целевые методы управления, национальные проекты, эффективность реализации проектов.*

Цитирование. Зверева Г. Н., Гребнева Д. А. Влияние проектного управления на развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации. Известия НВ АУК. 2023. 1(69). 191-200. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-20.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Увеличение объема собственного производства продуктов питания – база продовольственной безопасности нашей страны и напрямую зависит от приемов и методов управления. Проектное управление является именно таким способом достижения особо важных и масштабных целей, так как своими инструментами по организации, координации и контролю предполагает оптимальное обеспечение всеми необходимыми ресурсами в условиях даже их лимитирования. Необходимо отметить, что особенностью проектного управления является конкретная проработка рисков и кропотливая работа по предотвращению вероятных проблем и затруднений, что, безусловно, имеет важнейшее значение в масштабах государственного управления.

Проектное управление еще больше актуализируется в соответствии с федеральным законом «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [11]. Программно-целевой принцип стратегического планирования означает определение приоритетов и целей социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности Российской Федерации, разработку взаимоувязанных по целям, срокам реализации государственных программ Российской Федерации, государственных программ субъектов Российской Федерации, муниципальных программ и определение объемов и источников их финансирования [3].

Основные цели проектов развития в АПК и сельском хозяйстве – сохранение конкурентоспособности за счет создания новой или уникальной продукции [5]. Особенно это стало заметно за последнее десятилетие, так как можно было наблюдать за успешной реализацией значимых национальных и ведомственных проектов в соответствии с высокими стандартами качества, достигнув в срок поставленных целей, сэкономив время и уменьшив риск.

Вместе с тем оценка влияния реализации проектов и программ на развитие АПК помогает проследить тенденции и связь мер государственной поддержки с динамикой эффективности функционирования отраслей АПК, сделать определенные выводы по оптимизации мероприятий в рамках рассматриваемых проектов. Ориентация специалистов и экспертов в обосновании рекомендаций органам власти по выбору мероприятий и инструментов реализации проектов – цель данной статьи.

Объект исследования – функционирование и развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации и Волгоградской области. Предмет – государственные программы, проекты разного уровня, реализуемые в агропромышленном комплексе Российской Федерации и регионе.

Материалы и методы. Теоретической базой послужили работы современных ученых и экспертов, занимающихся вопросами проектного управления. Это в свою очередь помогло идентифицировать проблемы, связанные с реализацией проектов в АПК, и предложить направления для дальнейшего проектирования.

В качестве источников информации для исследования были использованы официальные документы по отчетам статистической службы, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и регионального Комитета по сельскому хозяйству, нормативные и правовые акты, исследовательские работы ученых-экспертов.

Для оценки влияния проектного управления на уровень функционирования агропромышленного комплекса нашей страны, и в частности Волгоградской области применялись способы экономического, а также статистического рассмотрения, что позволило раскрыть масштабы, характерные черты, условия использования проектного управления в развитии АПК России и региона.

Результаты и обсуждение. С глобализацией мировой экономики проектное управление становится одним из важнейших факторов конкурентоспособности. Некоторые ученые отмечают, что реализации экономических перспектив отечественного агропромышленного комплекса может способствовать применение проектного управления, принципиально отличающегося от предыдущих методов и подходов [2, 18].

Документ, согласно которому и определены критерии, индикаторы, мероприятия развития агропромышленного комплекса Российской Федерации, – Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия [10], в которой развитие каждой отрасли и подотрасли АПК детально и конкретно определено с учетом создавшихся условий и имеющихся ресурсов.

Государственная программа АПК определяет цели, основными из которых являются направления развития сельского хозяйства и регулирования агропродовольственного рынка, финансовое обеспечение и механизмы реализации предусмотренных мероприятий, а также показатели их результативности. Она предусматривает комплексное развитие всех отраслей и подотраслей, а также сфер деятельности агропромышленного комплекса. В проектную часть Государственной программы включены:

- Федеральный проект «Экспорт продукции агропромышленного комплекса».
- Мероприятие «Поддержка субъектов МСП в агропромышленном комплексе» федерального проекта «Акселерация субъектов малого и среднего предпринимательства».

Ведомственные проекты:

- «Развитие отраслей агропромышленного комплекса, обеспечивающих ускоренное импортозамещение основных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».

- «Стимулирование инвестиционной деятельности в агропромышленном комплексе».

- «Техническая модернизация агропромышленного комплекса».

- «Цифровое сельское хозяйство».

Ведомственная программа:

- «Развитие мелиоративного комплекса России».

В процессной части представлены ведомственные целевые программы:

- «Обеспечение общих условий функционирования отраслей агропромышленного комплекса».

- «Организация ветеринарного и фитосанитарного надзора», ответственным исполнителем которой является Россельхознадзор».

- «Научно-техническое обеспечение развития отраслей агропромышленного комплекса».

Важнейшими индикаторами в рамках Госпрограммы АПК стали:

- развитие растениеводства и животноводства, в том числе с в том числе с внедрением инновационных технологий;

- развитие экспорта продукции агропромышленного комплекса;

- обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации;

- развитие пищевой и перерабатывающей промышленности, включая виноградарство и виноделие, в том числе с внедрением инноваций;

- развитие субъектов малого предпринимательства в агропромышленном комплексе;

- цифровизация отраслей и подотраслей агропромышленного комплекса;

- селекция и генетика;

- внедрение новых видов сервисов, услуг и решений, позволяющих оптимизировать производственные и логистические процессы.

Анализ реализации Госпрограммы АПК по некоторым из представленных индикаторов начнем с показателей валового сбора сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в хозяйствах всех категорий за 2013-2021 гг. (рисунок 1).

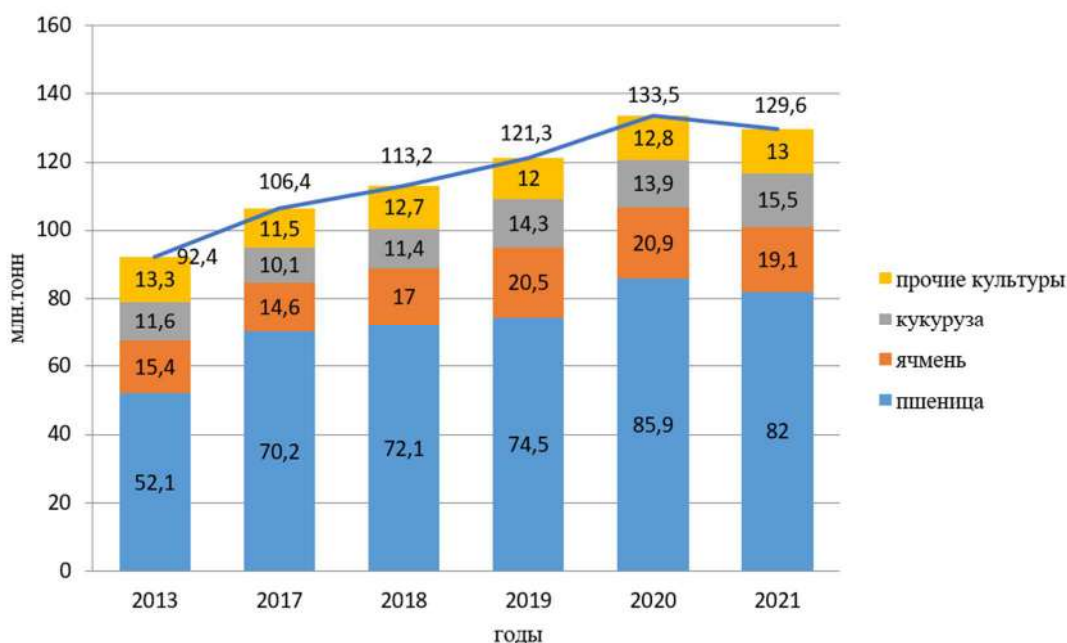


Рисунок 1 – Валовой сбор сельскохозяйственных культур по Российской Федерации в хозяйствах всех категорий за 2013-2021 гг., млн тонн

Figure 1 – Gross harvest of crops in the Russian Federation in farms of all categories in 2013-2021 years, million tons

За период реализации программы в динамике можно увидеть заметный рост по всем показателям, валовой сбор сельскохозяйственных культур за 9 лет увеличился на 37,2 млн тонн или почти на 40,3 %. В лидерах, конечно же, пшеница: увеличение составило 57,4 %, что обусловлено как экспортоориентированностью данной культуры, так и собственными потребностями внутри страны и вытеснением с внутреннего рынка зарубежной продукции переработки пшеницы. На втором месте по росту объема производства за 2013-2021 годы находится кукуруза – увеличение 33,6 %, что, несомненно, является положительной тенденцией в связи с тем, что кукуруза входит в кормовой рацион животных. Таким образом, данное обстоятельство значительно облегчает задачи по увеличению объема производства продукции животноводства и способствует его развитию.

В результате Россия обеспечила себе значительное повышение уровня экспорта пшеницы меслина (смесь пшеницы и ржи) из России: от 14 000 тыс. тонн в 2013 году до 43 988,8 тыс. тонн в 2018 году – максимальное значение за рассматриваемый период, увеличение в 3,1 раза по сравнению с уровнем 2013 года (рисунок 2). В среднем же темп роста экспорта пшеницы и ржи за период действия программы составил почти 2,6 раза.

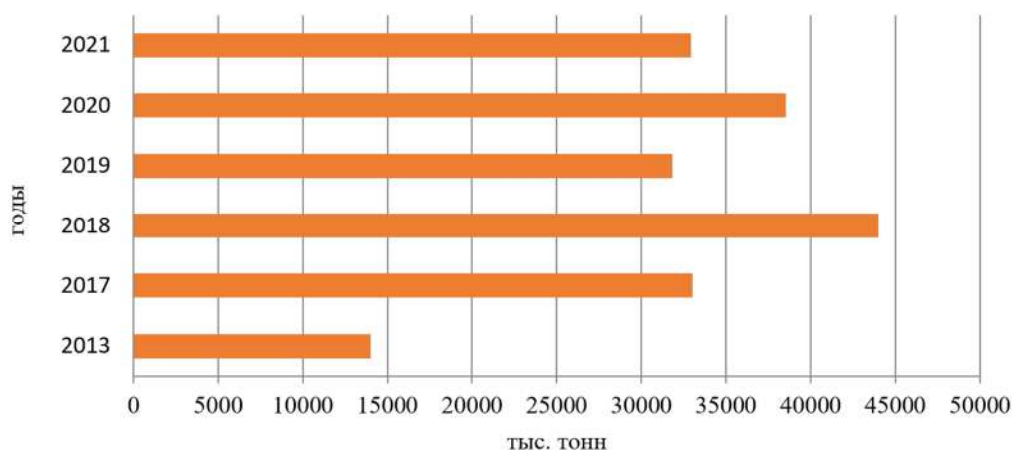


Рисунок 2 – Экспорт пшеницы и ржи из РФ за 2013-2021 гг., тыс. тонн

Figure 2 – Export of wheat and rye from the Russian Federation in 2013-2021 years, thousands of tons

Производство основных продуктов животноводства в хозяйствах всех категорий в Российской Федерации показано на рисунке 3.

Увеличение производства кормовых в растениеводстве обеспечило положительную тенденцию в животноводстве: все показатели, за исключением производства шерсти, демонстрируют рост: по скоту и птице на убой он составил 33,1 %, по молоку – 8,3 %, по яйцам – 8,5 %, Производство шерсти сократилось на 6604,1 тонн (12,13 %).

Проведенное исследование подтвердило адекватность выбранных индикаторов к анализу реализации Госпрограммы АПК, учет особенностей и взаимозависимостей в сельском хозяйстве. Следует констатировать, что государственное воздействие на агропромышленный комплекс Российской Федерации с помощью программно-целевого управления дает положительные результаты и далее оказываемая финансовая поддержка, выделяемая регионам в рамках действия федеральных и национальных проектов и ведомственных программ, свидетельствует о том, что эта тенденция продлится.

Агропромышленный комплекс Волгоградской области, динамично развиваясь, становится уже основой региональной экономики. Реализацию национальных и приоритетных проектов в регионе курирует лично Губернатор Волгоградской области, в области созданы специальные структуры по управлению проектной деятельностью.

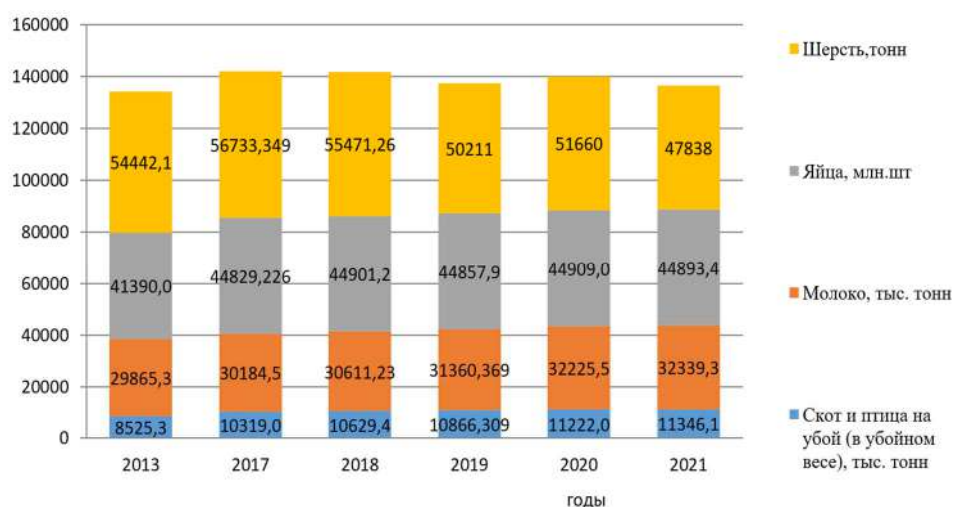


Рисунок 3 – Производство основных продуктов животноводства в хозяйствах всех категорий в Российской Федерации за 2013-2021 гг.

Figure 3 – Production of basic livestock products in farms of all categories in the Russian Federation in 2013-2021 years

На сегодня в регионе активно реализуются государственные программы поддержки АПК:

- «Программа деятельности центра компетенций в сфере сельскохозяйственной кооперации и поддержка фермеров Волгоградской области на 2019 - 2024 гг.».
- «Развитие сельского хозяйства и регулирование рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия».
- «Комплексное развитие сельских территорий».
- «Стратегия по комплексному развитию сельских территорий Волгоградской области и эффективному функционированию агропромышленного комплекса в условиях ВТО с учетом социально-экономических, природно-климатических особенностей» [1].

Эффективность реализации мероприятий Госпрограммы развития сельского хозяйства и рынка сельскохозяйственной продукции в Волгоградской области представлена на рисунке 4. Значительный рост с 2014 года по 2021 год достигнут за счет, как и предполагалось в целевых программах, сельскохозяйственных организаций и крестьянско-фермерских хозяйств как субъектов малого и среднего предпринимательства.

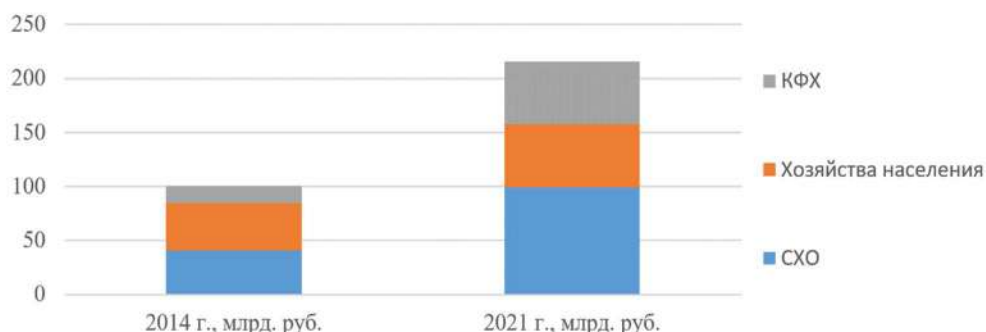


Рисунок 4 – Продукция сельского хозяйства по категориям хозяйств Волгоградской области за 2014-2021 гг., млрд руб.

Figure 4 – Gross agricultural production by category of farms in the Volgograd region in 2014-2021 years, billions of rubles

В Волгоградской области как перспективном аграрном регионе неуклонно сокращается площадь неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения. За период с 2014 года по 2021 года в оборот вовлечено 526,1 тыс. га пахотных земель. Наша область входит в пятерку регионов-лидеров по вводу в оборот неиспользуемой пашни (рисунок 5), что можно считать положительной тенденцией, так как задействование данной площади в сельскохозяйственной деятельности влияет на рост ВВП в регионе, создание рабочих мест, развитие сопутствующей инфраструктуры, а также активизацию оборота зерновых и других видов сельскохозяйственных культур [4].

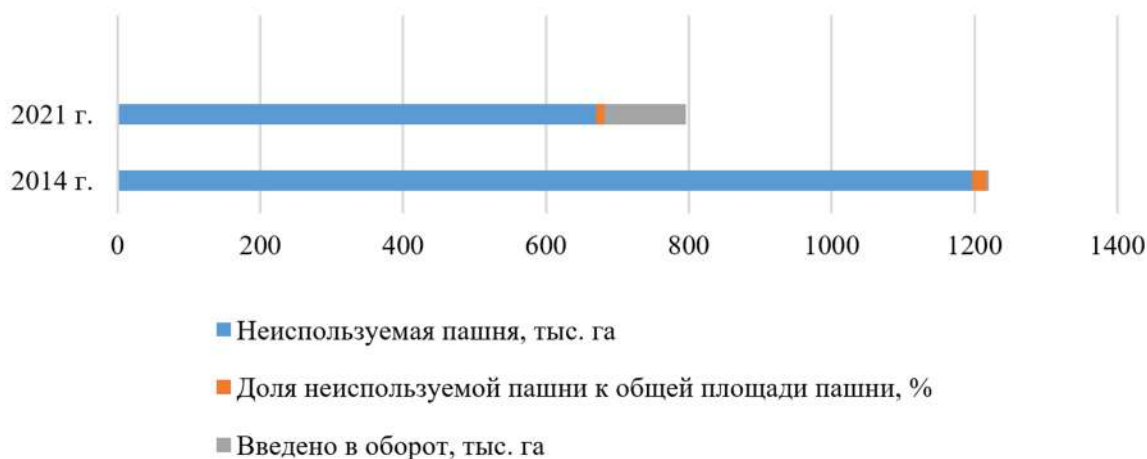


Рисунок 5 – Ввод в оборот неиспользуемых земель в Волгоградской области за 2014-2021 гг., тыс. Га

Figure 5 – Putting into circulation unused land in the Volgograd region in 2014-2021 years, thousands of hectares

Отметим, только за 2021 год площадь неиспользуемой пашни сократилась на 114 тыс. га и составила 670 тыс. га, из них пахотных земель – 42,3 тыс. га, остальные используются под пастбища.

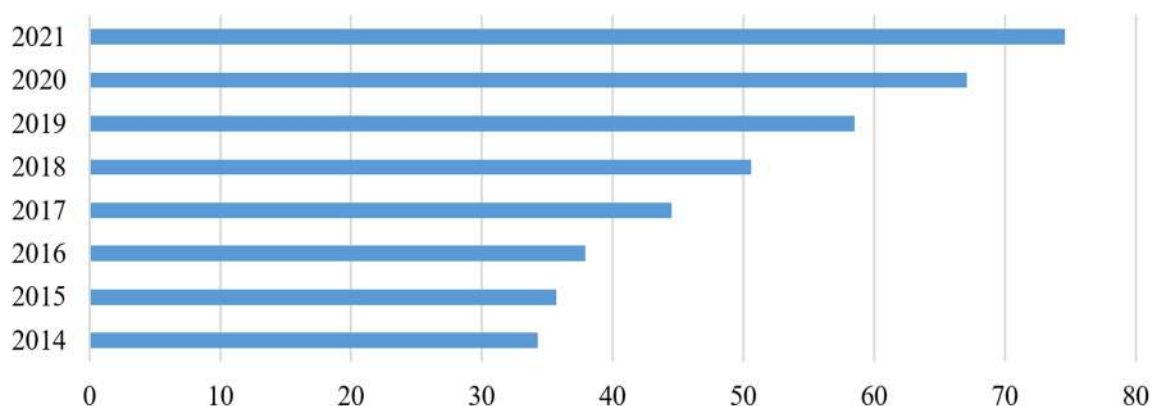


Рисунок 6 – Площадь орошаемых земель в Волгоградской области за 2014-2021 гг., тыс. Га

Figure 6 – The area of irrigated land in the Volgograd region in 2014-2021 years, thousands of hectares

В области активными темпами идет развитие мелиорации: по данным Комитета по сельскому хозяйству Волгоградской области, в регионе за 2014-2021 гг. площадь орошения увеличилась более, чем в 2 раза или на 40,3 тыс. га (рисунок 6). С 2019 года область участвует в федеральном проекте «Экспорт продукции АПК», мелиорация – главный инструмент для создания новой товарной массы (зерновые, технические, овощи, плоды, кормовые).

Увеличение орошаемых площадей к 2024 году до 95,6 тысяч гектаров, к 2030 году – более 100 тысяч гектаров, повышение урожайности сельскохозяйственных культур является важной задачей для областного АПК.

Выводы. Данное исследование тесную зависимость и эффективность мероприятий в рамках проектного управления в развитии АПК: растут объемы производства практически всех видов сельскохозяйственной продукции, впервые за многие годы в отношении продуктов питания решена такая проблема как импортозависимость, мало того – российские товаропроизводители успешно осваивают новые перспективные зарубежные рынки. Таким образом, проектное управление вкупе с солидной финансовой поддержкой послужило тем инструментом, с помощью которого в АПК страны удалось заложить фундамент роста, пусть и экстенсивного, но на базе которого теперь вполне реально достичь развития интенсивного – новых и высокотехнологичных производств, при этом «...решению этих вопросов может способствовать внедрение информационных технологий в рамках предложенного Минсельхозом Российской Федерации проекта «Цифровое сельское хозяйство»...» [16]. Преимущество должны получать проекты, задействующие и объединяющие местные ресурсы [8].

Результаты и выводы исследования позволяют выделить основные направления развития на региональном уровне в АПК с применением проектного управления. В основу данных рекомендаций взяты результаты исследований и разработки ученых Волгоградского государственного аграрного университета:

- для выработки приоритетных направлений и инструментов территориального развития в области растениеводства и животноводства учитывать ярко выраженное природно-зональное размещение производительных сил сельского хозяйства [6];
- для создания новой товарной массы в растениеводстве и овощеводстве и учета адаптационных возможностей гибридов в севооборотах использовать новейшие научные исследования ученых в области агрогенетических и химических свойств почв Нижнего Поволжья [17];
- активно продвигать сельский туризм усилиями субъектов малого и среднего предпринимательства с учетом результатов оценки районов Волгоградской области по факторам туристской привлекательности [7];
- для выбора регулирующих воздействий органов государственной власти на социально-экономическое развитие территорий со сходными параметрами применить методику пространственной дифференциации, позволяющую определить масштабы различий и выявить обуславливающие их факторы [12];
- при разработке и реализации государственной политики в рамках электронного предпринимательства воспользоваться инструментами правовой идентификации и аутентификации участников предпринимательских отношений [13];
- для активизации проектной деятельности необходимо отразить это направление в каждом значимом документе социально-экономического развития региона.

Предложенные в статье рекомендации позволят повысить эффективность реализации проектов и программ в агропромышленном комплексе. Статья окажется полезной представителям власти всех уровней управления в части совершенствования проектной деятельности.

Библиографический список

1. Администрация Волгоградской области: офиц. сайт. <https://www.volgograd.ru>.
2. Борисов Н. С. Применение методов проектного управления в агропромышленном комплексе РФ // Финансовые рынки и банки. 2020. № 5. С. 80-82.
3. Ворошилов Н. В., Задумкин К. А., Шулепов Е. Б. Программно-целевой метод в развитии сельских территорий регионов России // Регионоведение. 2022. Т. 30. № 3 (120). С. 555-585.
4. Зверева Г. Н., Попова С. А., Беркалиева В. В. Земли сельскохозяйственного назначения региона: состояние, тенденции, перспективы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 105-120.
5. Кизим А. А., Бекирова С. З., Черевань Т. В. Тенденции и проблемы развития проектов аутсорсинга предприятий сельского хозяйства и АПК России // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. 2022. № 1 (140). С. 13-19.
6. Корабельников И. С. Производственно-экономические особенности сельскохозяйственного районирования: региональный аспект // Аграрный вестник Урала. 2022. № 8 (223). С. 81-90.
7. Косильникова Т. Л., Сизенева Л. А., Шарапов Д. Ю. Выявление наиболее перспективных для развития сельского туризма районов Волгоградской области // Сервис в России и за рубежом. 2022. Т. 16. № 1 (98). С. 128-142.
8. Котов А. В. Проектное управление в реализации долгосрочных межрегиональных инициатив // Управленческое консультирование. 2020. № 8 (140). С. 132-144.
9. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации: офиц. сайт. <https://mcx.gov.ru/>
10. О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия (ред. от 07.12.2022): постановление правительства РФ 14.07.2012. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133795/.
11. О стратегическом планировании в Российской Федерации: ФЗ от 28.06.2014 № 172-ФЗ. https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_164841.
12. Попова С. А., Коробейников Д. А., Колпакова Е. А. Типология сельских территорий Российской Федерации на основе демографической дифференциации регионов // Казанский экономический вестник. 2020. № 2 (46). С. 42-47.
13. Попова Л. В., Лата М. С., Мелихов П. А. Экосистема цифровой экономики малого агробизнеса // Региональная экономика. Юг России. 2021. Т. 9. № 2. С. 141-151.
14. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Волгоградской области: офиц. сайт. <https://volgastat.gks.ru>.
15. Федеральная служба государственной статистики: офиц. сайт. <https://rosstat.gov.ru/>
16. Фомин А. А. Проект "Цифровое сельское хозяйство" - драйвер инновационного развития АПК // АПК: экономика, управление. 2019. № 11. С. 72-76.
17. Agrogenetic and chemical properties of soils in Lower Volga region in conditions of vegetable rotations / N. I. Matveeva, V. P. Zvolinsky, N. Y. Petrov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Zernograd, 2021. P. 012067.
18. Yesbergen R., Kusainov K., Yessengaziyeva S. Technologies for effective project management in agricultural industry // Problems of AgriMarket. 2021. No 3. P. 75-81.

Информация об авторах

Зверева Галина Николаевна, доцент кафедры «Менеджмент и логистика в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), кандидат экономических наук, тел. 8 (8442) 41-13-84, e-mail: gzvereva@list.ru.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7558-7078>

Гребнева Дарья Александровна, преподаватель кафедры «Менеджмент и логистика в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, д. 26), тел. 8 (8442) 41-13-84, e-mail: bulanova.34@yandex.ru.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3775-1169>

RESULTS OF EGGPLANT BREEDING IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

O. P. Kigashpaeva, A. S. Gulin, A. S. Karakadzhiev

VNIIOOB - branch of FGBNU "PAFNTS RAS"

Received 10.01.2023

Submitted 10.03.2023

The research was carried out within the framework of the state task on the topic No. FNMW-2022-0013 "To create lines, varieties, hybrids of vegetable, melon and industrial crops with a given set of economically valuable features and to improve the elements of zonal agrotechnologies of their cultivation in irrigated conditions of the Lower Volga region" (Reg. no. 1021060307591-3-4.1.1) budget financing programs for 2022-2024 Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation

Abstract

Introduction. Eggplant culture is widespread in the south of Russia. The areas under them tend to grow, and the directions of product use are also expanding. Significant volumes of fruits in fresh form and after industrial processing are exported to more northern regions. For each direction of use and method of cultivation, an appropriate assortment with a set of necessary signs and properties is required. This requires the expansion and updating of the assortment, which is the main task of the breeding program. **The purpose** of the research is to evaluate the eggplant breeding material for the presence of valuable traits, selection, study and creation of new varieties based on them. **The object** of study were promising eggplant breeding lines obtained both by hybridization and by selection for a complex of valuable traits. **The novelty** consists in qualitatively new features of the varieties being created, their specialized direction of use, the ability of import substitution of the selection and seed product. **Methodology.** The research was carried out at the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing in 2020-2022 in a greenhouse and open ground using technologies adopted in the region. The source material was studied according to standard methods. they were evaluated by the presence of valuable signs and properties, on their basis a linear material was created, which was studied according to morphobiological, biochemical and economically valuable signs demanded by production workers and the canning industry. **Results.** On the basis of the selected initial breeding material, new eggplant lines were created and passed a competitive test, characterized by an average ripening period, high growth, elongated cylindrical fruits 28 - 42 cm long, 5-7 cm in diameter, purple and dark purple color in technical and brown-brown in the biological degree of maturation, with white and creamy – green pulp, suitable for the preparation of canned food such as "sote", sliced fried circles filled with mashed tomato mass, which can also be used for cooking kebabs and other culinary dishes. When creating new varieties, breeding work was also carried out on the sign of the color of the pulp of the fruit, the absence of bitterness in them, the best samples were Astrakhan, SL – 47/21H, SL – 65/ 21. The Astrakhan variety passed an expert assessment for its entry into the State Register of the Russian Federation for 2023.

Key words: eggplant, source material, characteristics, selection, selection, directions of use, lines, varieties.

Citation. Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Karakadzhiev A. S. Results of eggplant breeding in the conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 201-208 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-21.

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

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

УДК 631.527:635.646 (40.44/.47)

**РЕЗУЛЬТАТЫ СЕЛЕКЦИИ БАКЛАЖАНА
В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ****О. П. Кигашпаева**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. В. Гулин**, кандидат сельскохозяйственных наук**А. С. Каракаджиев**, младший научный сотрудник

ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», г. Камызяк

Дата поступления в редакцию 10.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по теме № FNMW-2022-0013 «Создать линии, сорта, гибриды овощных, бахчевых и технических культур с заданным набором хозяйственно ценных признаков и усовершенствовать элементы зональных агротехнологий их возделывания в орошаемых условиях Нижнего Поволжья» (Рег. № 1021060307591-3-4.1.1) программы бюджетного финансирования на 2022-2024 гг. Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. Культура баклажана широко распространена на юге России. Площади под ней имеют тенденцию к росту, расширяются и направления использования продукции. Значительные объемы плодов в свежем виде и после промышленной переработки вывозят в более северные регионы. Для каждого направления использования и способа возделывания требуется соответствующий сортимент с комплексом нужных признаков и свойств. Это требует расширения и обновления сортимента, что и является основной задачей селекционной программы. **Цель** исследований - оценка селекционного материала баклажана на наличие ценных признаков, отбор, изучение и создание на их основе новых сортов. **Объектом** изучения были перспективные селекционные линии баклажана, полученные как методом гибридизации, так и методом отбора на комплекс ценных признаков. **Новизна** состоит в качественно новых признаках создаваемых сортов, их специализированном направлении использования, способности импортозамещения селекционно-семенного продукта. **Методика.** Исследования проводились во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства в 2020-2022 годах в теплице и открытом грунте по технологиям, принятым в регионе. Исходный материал изучали по стандартным методикам, оценивали по наличию ценных признаков и свойств, на их основе создавался линейный материал, который изучался по морфобиологическим, биохимическим и хозяйственно ценным признакам, востребованным производителями и консервной промышленностью. **Результаты.** На основе отобранного исходного селекционного материала созданы и прошли конкурсное испытание новые линии баклажанов, характеризующиеся среднеспелым сроком созревания, высоким ростом, плодами удлиненно-цилиндрической формы 28-42 см длиной, 5-7 см в диаметре, фиолетовой и темно-фиолетовой окраской в технической и бу-ро-коричневой в биологической степени созревания, с белой и кремово-зеленой мякотью, пригодные для приготовления консервов типа «сотэ», резаных жареных кружочков, залитых протертой томатной массой, которые также можно использовать для приготовления шашлыка и других кулинарных блюд. При создании новых сортов селекционная работа велась и на признак окраски мякоти плодов отсутствие в них горечи Лучшими были образцы Астраханец, СЛ – 47/21Ч, СЛ – 65/ 21. Сорт Астраханец прошел экспертную оценку для внесения его в Госреестр РФ на 2023 год.

Ключевые слова: селекция баклажана, исходный материал баклажана, направления использования баклажана, линии баклажана, сорта баклажана.

Цитирование. Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Каракаджиев А. С. Результаты селекции баклажана в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 201-208. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-21.

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. Баклажаны относятся к числу наиболее популярных овощных культур. Самые большие площади выращивания сосредоточены в Индии, Китае, Ближнем востоке. В Россию эта культура попала в начале 18 века с переселенцами с Балкан. В настоящее время баклажан имеет широкое распространение на юге России и площади под культурой имеют тенденцию к росту [1-5]. Изменения жизненного уклада, миграция населения привели к росту потребления и спросу на плоды баклажана в более северных регионах России. Стали расширяться направления использования плодов - от закусочных консервов до изготовления различных блюд домашней кулинарии и общественного питания, таких как шашлыки и овощи на гриле. Значительные объемы продукции как в свежем виде, так и после промышленной переработки на консервных предприятиях вывозят в более северные регионы [17]. Для каждого направления использования плодов и способа возделывания требуется соответствующий сортимент с комплексом нужных признаков и свойств. Это требует расширения и обновления сортимента, что возможно решить с помощью использования исходного материала с новыми признаками и свойствами, что и является основной задачей селекции [13-15]. Во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАНЦ РАН» за многие годы селекционной работы накоплен богатый банк ресурсов генетических признаков, на основе которого создаются новые сорта и линии баклажана [6, 8, 9].

Материалы и методы. Исследования проводили в 2020–2022 годах во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАНЦ РАН» в теплицах и открытом грунте. Почвы участка аллювиально-луговые, среднесуглинистые, средnezасоленные, залегание грунтовых вод от 120 до 200 см с содержанием гумуса в слое 0-20 см от 1,7 до 4,0 мг/кг, гидролизуемого азота 80-140 мг/кг, подвижного фосфора 250-400 мг/кг. Поливы – через систему капельного орошения с фертигацией. Применяемая технология выращивания баклажана – принятая для зоны Астраханской области согласно «Рекомендациям по возделыванию сельскохозяйственных культур при капельном орошении в Астраханской области», Коринец В. В. и др. Территория хозяйства расположена в полупустынной зоне с жарким и сухим летом и неустойчивой, относительно теплой зимой. К числу неблагоприятных факторов внешней среды относятся высокие температуры и недостаток увлажнения в период вегетации. За вегетационный период сумма активных температур свыше 10 °С превышает 3500 °С, сумма осадков достигает 280 мм. Погодные условия в период проведения опытов характеризовались как типичные для региона с летними температурами выше +30 °С и недостатком осадков. Периоды засух продолжались в течение 15–20 дней, когда относительная влажность воздуха снижалась до 19–20%. В работе использовали стандартные методики оценки [7, 11, 12]. Посев баклажана проводили в первой декаде апреля сухими семенами в пленочной теплице по схеме 5x3 см, без пикировки. Почвосмесь в стеллажах состояла из 3 частей грунтовой земли, 1 части песка и 1 части перегноя. Уход заключался в своевременных поливах, рыхлении и прополках сорняков, двух подкормок минеральными удобрениями из расчета $N_{10}P_{15}K_{20}$ г на 10 литров воды, внесенных на 5 м² площади стеллажа. В открытый грунт рассаду высаживали во второй декаде мая по схеме - 140 x 20 см. На полевом участке конкурсное испытание закладывали в 3-х кратной повторности согласно «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур», «Методике опытного дела», «Методике опытного дела в овощеводстве и бахчеводстве» и «Методике полевого опыта в овощеводстве» [10], «Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур» [16].

В качестве материала для исследований использовали перспективные селекционные линии баклажан, полученные как методом гибридизации, так и методом отбора на комплекс признаков: хозяйственных - высокую продуктивность, крупноплодность, высокую завязываемость, многоплодность, устойчивость к болезням увядания и абиотическим факторам среды; морфологических признаков плодов - форму, размер, диаметр, которые одновременно являются и технологическими, представляющими интерес для различных направлений использования плодов. Поиск высокоурожайных форм, нужных для конкретного направления селекции признаков, является необходимым условием получения качественного сорта с высоким генетически обусловленным потенциалом продуктивности, который в условиях производства мог бы реализоваться не меньше, чем на 70-80 % [17, 18]. Кроме того, как известно, плодам баклажана свойственно накапливать гликоалкалоид соланин М, придающий горький вкус мякоти и приготовленной продукции, которые способны вызвать отравления у людей. Эта особенность, согласно исследованиям многих авторов, связана с окраской мякоти: плоды с белой мякотью не содержат горечи [19, 20]. Астраханскими селекционерами ранее были создана линейка сортов баклажана с белой мякотью, без горечи. При создании новых сортов и линий селекционная работа продолжалась и на признак окраски мякоти плодов и отсутствие в них горечи.

Результаты и обсуждение. В 2020-2022 годах было изучено шесть образцов баклажан в конкурсном сортоиспытании. За стандарт взят сорт Черный цилиндр. Проводили описание морфобиологических признаков растений и плодов, их хозяйственно ценные качества. По результатам изучения высотой растений выделились образцы Черный цилиндр беломысый, сорт Астраханец и селекционная линия СЛ – 47/21Ч – от 0,78 до 0,85 м. Эти же образцы больше всех завязывали плодов на растениях. Все испытываемые образцы были средневетвистые, с количеством боковых побегов от 3,4 до 5,3 шт., характеризовались средним антоцианом на растении, слабым или отсутствием опушения, отсутствием шипов на чашечке и кисти, сиреневой окраской цветка (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика морфологических признаков растений образцов баклажана (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 1 – Characteristics of morphological features of plants of eggplant samples (average for 2020-2022)

Название образца	Высота главного стебля, м	Количество боковых побегов, шт.	Антоциан в растении	Окраска цветка	Опушение на растении	Шипы на чашечке	Шипы на кисти	Колич. плодов на раст., шт
Астраханец	0,79	4,0	средняя	сиреневая	нет	нет	нет	15,6
Черный цилиндр беломысый	0,85	3,8	средняя	сиреневая	нет	нет	нет	15,0
СЛ – 47/21Ч	0,78	4,8	средняя	сиреневая	нет	нет	нет	17,6
СЛ – 62/21	0,63	3,4	слабая	сиреневая	нет	нет	нет	11,8
СЛ – 65/ 21	0,75	5,2	средняя	сиреневая	очень слабое	нет	нет	14,2
СЛ – 69 /19 ИЗ	0,68	4,2	слабая	сиреневая	очень слабое	нет	очень редкие	9,8
Черный цилиндр, стандарт	0,73	5,3	средняя	сиреневая	нет	нет	нет	10, 4

Анализируя морфологические признаки плодов, можно сделать вывод, что вся группа изучаемых образцов имеет плоды удлинненно цилиндрической или цилиндрической формы, темно-фиолетовой или фиолетовой окраски поверхности кожицы. Мякоть белая или кремово-зеленоватая, только плоды у образца СЛ – 69 /19 ИЗ имеют зеленую окраску (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика морфобиологических признаков плодов образцов баклажана (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 2 – Characteristics of morphobiological features of eggplant fruit samples (average for 2020-2022)

Название образца	Форма плода	Длина плода, см	Диаметр плода, см	Индекс плода	Окраска в технической зрелости	Окраска в биологической зрелости	Окраска мякоти
Астраханец	удлинненно - цилиндрическая	34,7	6,8	5,8	темно-фиолетовая	темно - коричневая-	белая
Черный цилиндр беломясый	удлинненно - цилиндрическая	35,6	5,6	6,3	фиолетовая	коричневая	белая
СЛ – 47/21Ч	удлинненно - цилиндрическая	33.9	6,9	4,9	темно-фиолетовая	темно - коричневая-	кремово - зеленая
СЛ – 62/21	удлинненно - цилиндрическая	32,7	5,2	6,2	фиолетовая	темно - коричневая-	кремово - - зеленая
СЛ – 65/21	удлинненно - цилиндрическая	31.3	4,2	7,4	фиолетовая	коричневая	белая
СЛ – 69 /19 ИЗ	цилиндрическая	25,6	7.0	3,7	фиолетовая	коричневая	зеленая
Черный цилиндр, стандарт	удлинненно - цилиндрическая	31,2	7,2	4,3	темно-фиолетовая	темно - коричневая-	кремово - зеленая

Основным признаком является урожайность, которая и характеризует хозяйственную ценность сорта. Она состоит из таких компонентов, как продуктивность, масса плода, число плодов на растении. Самая высокая урожайность была у образцов СЛ – 47/21Ч и Астраханец, которые превысили стандарт на 73,1 - 55,8 ц/га соответственно. Товарность всех образцов хорошая, а самая высокая была у стандартного сорта Черный цилиндр и образцов СЛ – 47/21Ч и СЛ – 62/21. Массу плода изучаемые образцы, кроме СЛ – 69 /19 ИЗ, имели выше 200 г, что характерно для такого размера и формы плода. Все образцы, кроме СЛ – 69 /19 ИЗ, характеризуются среднеспелым сроком созревания (таблица 3).

При определении содержания биохимических веществ в плодах больше всех сухого вещества было в образцах Черный цилиндр беломясый, СЛ – 69 /19 ИЗ и СЛ – 47/21Ч; суммы сахаров – у линий СЛ – 62/21, СЛ – 65/21 и Астраханец; аскорбиновой кислоты - СЛ – 65/ 21 и стандартного сорта Черный цилиндр (таблица 4).

Таблица 3 – Характеристика хозяйственно биологических признаков образцов баклажана (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 3 – Characteristics of economic and biological characteristics of eggplant samples (average for 2020-2022)

Название образца	Количество суток от массовых всходов до начала созревания	Общая урожайность, ц/га	Стандартная урожайность, ц/га	Товарность, %	Средняя масса плода, г
Астраханец	123	638,4	582,9	91,3	234
Черный цилиндр беломясый	121	472,1	427,7	90,6	224
СЛ – 47/21Ч	122	694,2	642,8	92,6	248
СЛ – 62/21	124	561,9	517,5	92,1	226
СЛ – 65/ 21	117	617,7	553,4	89,6	205
СЛ – 69 /19 ИЗ	114	546,3	485,7	88,9	191
Черный цилиндр, стандарт	125	621,1	593,8	95,6	241

Таблица 4 – Содержание биохимических веществ в плодах образцов баклажана (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 4 – The content of biochemical substances in the fruits of eggplant samples (average for 2020-2022)

Название образца	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг%
	на сырое вещество		
Астраханец	7,80	2,20	5,18
Черный цилиндр беломясый	9,80	1,61	5,57
СЛ – 47/21Ч	8,84	2,11	4,80
СЛ – 62/21	7,68	2,74	5,38
СЛ – 65/ 21	8,00	2,60	6,74
СЛ – 69 /19 ИЗ	8,96	1,95	5,57
Черный цилиндр - стандарт	8,76	2,16	5,78

Плоды изучаемых образцов по своей форме соответствуют стандарту для приготовления консервов типа «сотэ», резаных жареных кружочков, залитых протертой томатной массой. Также некрупные, с диаметром 4-5 см можно использовать для приготовления шашлыка и других кулинарных блюд.



Рисунок 1 – Перспективная селекционная линия баклажан СЛ – 65/ 21

Figure 1 – Promising eggplant breeding line SL – 65/ 21

В Госкомиссии РФ по сортоиспытанию и охране селекционных достижений в 2022 году проходил экспертную оценку сорт баклажана Астраханец, представляющий хозяйственную ценность по продуктивности красивых удлинённо-цилиндрических плодов с темно-фиолетовой окраской кожицы и белой мякотью. Растения этого сорта характеризуются среднеспелым сроком созревания, высоким ростом, плодами 0,28-0,42 м длиной 5–7 см в диаметре, темно-фиолетовой окраски в технической, буро-коричневой в биологической степени созревания и белой мякотью.



Рисунок 2 – Сорт баклажана Астраханец / Figure 2 – The variety of eggplant Astrakhan

Выводы. Таким образом, на основе отобранного исходного селекционного материала созданы и прошли конкурсное испытание новые линии баклажан, характеризующиеся среднеспелым сроком созревания, высоким ростом, плодами удлинённо-цилиндрической формы 28-42 см длиной, 5–7 см в диаметре, фиолетовой и темно-фиолетовой окраской в технической и буро-коричневой в биологической степени созревания, с белой и кремово-зеленой мякотью, пригодные для приготовления консервов типа «сотэ», резаных жареных кружочков, залитых протертой томатной массой, которые также можно использовать для приготовления шашлыка и других кулинарных блюд. При создании новых сортов селекционная работа велась и на признак окраски мякоти плодов, отсутствие в них горечи. Лучшими были образцы Астраханец, СЛ – 47/21Ч, СЛ – 65/ 21. Сорт Астраханец прошел экспертную оценку для внесения его в Госреестр РФ на 2023 год.

Библиографический список

1. Авдеев Ю. И., Авдеев А. Ю., Кигашпаева О. П. Методические разработки, доноры и направления исследований в селекции овощных культур. Астрахань, 2014. 204 с.
2. Гераськина Н. В. Селекция баклажана для юга России // Картофель и овощи. 2016. № 7. С. 33-34.
3. Гераськина Н. В., Огнев В. В. Баклажан для новых направлений использования // Картофель и овощи. 2017. № 7. С. 33-34.
4. Гераськина Н. В., Огнев В. В. Особенности выращивания белоплодных форм баклажана // Картофель и овощи. 2018. № 7. С. 12-15.
5. Гераськина Н. В., Огнев В. В. Перспективная селекция баклажан для юга России // Картофель и овощи. 2019. № 6. С. 35-37.
6. Доноры сложной плодовой кисти баклажан как фактор повышения урожайности / О. П. Кигашпаева, А. Ю. Авдеев, В. Ю. Джабраилова, С. Т. Сисенгалиева // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 4 (40). С. 77-81.
7. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1989. 416 с.
8. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю. Новые сорта баклажана для консервирования // Картофель и овощи. 2016. № 7. С. 35-36.
9. Кигашпаева О. П., Авдеев А. Ю., Джабраилова В. Ю. Использование доноров ценных признаков при создании новых сортов баклажана // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. № 3. С. 150-153.

10. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
11. Мамедов М. И., Пышная О. Н., Джос Е. А. Баклажан (*Solanum ssp.*). М.: ВНИИС-СОК, 2015. 264 с.
12. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 2015. 61 с.
13. Огнев В. В., Гераскина Н. В. Исходный материал и перспективы селекции баклажан на Юге России // Картофель и овощи. 2020. № 1. С. 3-9.
14. Огнев В. В., Гераскина Н. В. Исходный материал и перспективы селекции баклажана на юге России // Картофель и овощи. 2020. № 1. С. 35-40.
15. Программа развития селекции и семеноводства овощных культур на 2024-2030 годы. М.: Минсельхоз РФ, 2022. 56 с.
16. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М., 2016. 344 с.
17. Создание исходного материала для селекции перца сладкого и баклажана / О. Н. Шабетя, Н. В. Коцарева, Н. М. Аль дений Муаяд, Д. А. Шеенко // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 3 (15). С. 126-137.
18. Шабетя О. Н., Коцарева Н. В. Основные направления селекции перца сладкого и баклажана в белгородском государственном аграрном университете имени В. Я. Горина // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 36-43.
19. Heterosis for yield and other yield contributing economic traits in eggplant (*S. melongena*) / V. Prasad, V. K. Dwivedi, A. A. Deshpande, B. K. Singh // 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. P. 697-700.
20. Morpho-phenological traits of parthenocarpic germplasm of *Solanum melongena* L. bred at the CRA Vegetable Research Center / N. Trotta, R. Pepe, G. Rofrano, F. Piro // 15 EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Capsicum and Eggplant. 2013. Pp. 655-660.

Информация об авторах

Кигапшаева Ольга Петровна, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0003-4578-6177 e-mail: vniiob@mail.ru

Гулин Александр Владимирович, ведущий научный сотрудник, директор ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID 0000-0001-6000-5311 e-mail: vniiob@mail.ru

Каракаджиев Алтынбек Сансызбаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), аспирант, ORCID 0000-0001-7572-3578 e-mail: vniiob@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-22

THE INFLUENCE OF VARIOUS AGRICULTURAL METHODS OF CULTIVATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF LEGUME-POA GRASS MIXTURES

N. I. Kudryashova, A. V. Kudryashov

*Federal State Budgetary Scientific Institution «Precaspian Agrarian Federal Scientific
Center of the Russian Academy of Sciences»*

Received 10.01.2023

Submitted 17.02.2023

Summary

The article presents the results of the influence of various levels of mineral nutrition, sowing methods and components of grass mixtures on the content of such mineral elements as nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium in the biomass of the studied grass mixtures. The research results show that the broadcast method of sowing increases the nitrogen content in the biomass of grass mixtures, and the separate-row method increases the amount of potassium; the sowing method has little effect on the content of phosphorus, calcium and magnesium; the maximum values of all chemical elements in all grass mixtures were noted in the variants of the experiment with the maximum mowing top dressing.

Abstract

Relevance. Due to the sharp change in recent decades of climate, frequent droughts, natural hayfields and pastures do not fully satisfy the needs of animal husbandry. This problem is currently being solved by increasing the area under irrigated seeded hayfields. Sown hayfields can also solve another urgent problem - to increase the amount of protein in the diet of animals. It is also very important to have such basic mineral elements as nitrogen, potassium, phosphorus, calcium and magnesium in the feed. Feeds enriched with these elements increase their digestibility and improve the quality of milk in cattle. You can get balanced feed when cultivating herbs as part of legume-bluegrass grass mixtures. On new, artificial hayfields, the biodiversity of perennial legumes and cereal grasses increases, so the correct selection of components and the improvement of agricultural practices for the cultivation of perennial fodder grass mixtures, which increase their productivity and nutritional value, have become relevant. **Materials and methods.** The tasks were solved by setting up a field experiment in 2017 ... 2020 in the fields of the FSBSI «PAFNC RAS». In a three-factor field experiment, various levels of mineral nutrition, sowing methods and their impact on the productivity of four perennial grass mixtures were studied. The laying of the experiment and accompanying observations were carried out according to the generally accepted methods of Dospekhov B.A. and VNIИ fodder. **The object** of the study was four-component perennial fodder legume-poa grass mixtures. **Results and conclusion** Broadcast method of sowing increases the content of nitrogen in the biomass of grass mixtures, and separate row method increases the amount of potassium. The sowing method has little effect on the content of phosphorus, calcium and magnesium; the maximum values of all elements in all grass mixtures were noted in the variants of the experiment with N50 mowing dressings; the highest nitrogen content was noted when using the broadcast sowing method in grass mixtures 1 and 4 in the variant of the experiment with N50 mowing top dressing and amounted to 3.07 and 3.09%, respectively; the maximum amount of phosphorus in the biomass was recorded in grass mixture 1 in the experimental plots with a separate-row sowing method in the variant with N50 mowing top dressing and amounted to 0.86%; the content of potassium was maximum in the biomass of grass mixtures 2 and 4 when using the separate-row sowing method in the variants of the experiment with N50 mowing top dressing and amounted to 3.50 and 3.53%, respectively; the calcium content was the highest in the variants of the experiment with N50 mowing dressings and amounted to 1.94 and 1.97% in grass mixtures 1 and 4 when using the separate-row sowing method, respectively, and 1.98 and 1.99% in the same grass mixtures in areas with scattered crops; in the experimental plots with a separate-row sowing method, the maximum content of magnesium was recorded in the variants with N50 mowing dressings in grass mixtures 1, 2 and 4 and amounted to 0.51, 0.49 and 0.49%, respectively.

Key words: grass mixtures, mineral nutrition level, nitrogen, phosphorus, potassium.

Citation. Kudryashova N. I., Kudryashov A. V. Influence of various agricultural methods of cultivation on the chemical composition of legume-poa grass mixtures. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 208-216 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-22.

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

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

УДК 633.2.031

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ АГРОПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БОБОВО-МЯТЛИКОВЫХ ТРАВΟΣМЕСЕЙ

Н. И. Кудряшова, кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. Кудряшов, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, с. Соленое Займище

Дата поступления в редакцию 10.01.2023

Дата принятия к печати 17.02.2023

Актуальность. В связи с резким изменением климата в последние десятилетия, частыми засухами, естественные сенокосы и пастбища не удовлетворяют в полной мере запросам животноводства. Эта проблема в настоящее время решается с помощью увеличения площадей под орошае-

мыми сеянными сенокосами. Сеяные сенокосы позволяют также решить еще одну актуальную проблему – увеличить в рационе животных количество белка. Также является очень важным наличие в кормах таких основных минеральных элементов, как азот, калий, фосфор, кальций и магний. Корма, обогащенные данными элементами, увеличивают их усвояемость, улучшают качество молока у КРС. Получить сбалансированные корма можно при возделывании трав в составе бобово-мятликовых травосмесей. На новых искусственных сенокосах увеличивается биоразнообразие многолетних бобовых и злаковых трав, поэтому актуальность приобрели правильный подбор компонентов и улучшение агроприемов возделывания многолетних кормовых травосмесей, повышающих их урожайность и питательную ценность. **Материалы и методы.** Поставленные задачи решались путем постановки в 2017...2020 гг. полевого опыта на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». В трехфакторном полевом опыте изучались различные уровни минерального питания, способы посева и их влияние на продуктивность четырех многолетних травосмесей. Закладка опыта и сопутствующие наблюдения проведены согласно общепринятым методикам Доспехова Б. А. и ВНИИ кормов. **Объектом исследования** являлись четырехкомпонентные многолетние кормовые бобово-мятликовые травосмеси. **Выводы.** Разбросной способ посева повышает содержание азота в биомассе травосмесей, а раздельно-рядовой увеличивает количество калия. На содержание фосфора, кальция и магния способ посева оказывает незначительное влияние; максимальные значения всех элементов у всех травосмесей отмечены на вариантах опыта с поукосными подкормками N50; самое высокое содержание азота было отмечено при использовании разбросного способа посева у травосмесей 1 и 4 на варианте опыта с поукосными подкормками N50 и составило 3,07 и 3,09 %, соответственно; максимальное количество фосфора в биомассе было зафиксировано у травосмеси 1 на участках опыта с раздельно-рядовым способом посева на варианте с поукосными подкормками N50 и составило 0,86 %; содержание калия было максимальным в биомассе травосмесей 2 и 4 при использовании раздельно-рядового способа посева на вариантах опыта с поукосными подкормками N50 и составило 3,50 и 3,53 %, соответственно; содержание кальция самым высоким было на вариантах опыта с поукосными подкормками N50 и составило 1,94 и 1,97 % у травосмесей 1 и 4 при использовании раздельно-рядового способа посева, соответственно, и 1,98 и 1,99 % у этих же травосмесей на участках с разбросным посевом; на участках опыта с раздельно-рядовым способом посева максимальное содержание магния было зафиксировано на вариантах с поукосными подкормками N50 у травосмесей 1, 2 и 4 и составило 0,51, 0,49 и 0,49 %, соответственно.

Ключевые слова: бобово-мятликовые травосмеси, минеральное питание травосмесей, агротехника травосмесей.

Цитирование. Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В. Влияние различных агроприемов возделывания на химический состав бобово-мятликовых травосмесей. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 208-216. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-22.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В нашей стране одним из главных источников кормов всегда были многолетние травы. В связи с резким изменением климата в последние десятилетия, частыми засухами, естественные сенокосы и пастбища не удовлетворяют в полной мере запросам животноводства. Эта проблема в настоящее время решается с помощью увеличения площадей под орошаемыми сеянными сенокосами. Сеяные сенокосы позволяют также решить еще одну актуальную проблему – увеличить в рационе животных количество белка. Основным поставщиком белка в травяных кормах являются бобовые травы – люцерна, клевер, козлятник восточный, эспарцет и др. Мятликовые травы содержат многие незаменимые аминокислоты. Также является очень важным наличие в кормах таких основных минеральных элементов, как азот, калий, фосфор, кальций и

магний. Корма, обогащенные данными элементами, увеличивают их усвояемость, улучшают качество молока у КРС. Получить сбалансированные корма можно при возделывании трав в составе бобово-мятликовых травосмесей [1-6, 10-12].

На новых искусственных сенокосах увеличивается биоразнообразие многолетних бобовых и злаковых трав, поэтому актуальность приобрели правильный подбор компонентов и улучшение агроприемов возделывания многолетних кормовых травосмесей, повышающих их урожайность и питательную ценность.

Целью наших исследований являлась разработка усовершенствованной технологии возделывания кормовых бобово-злаковых травосмесей в подзоне светло-каштановых почв Астраханской области при многоукосном использовании и определение ее влияния на урожайность и химический состав кормов.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели нами в 2017-2020 гг. был заложен трехфакторный полевой опыт в северной части Астраханской области. Повторность опыта – 4-х кратная. Общая площадь под опытом – 48 000 м² (4,8 га). Площадь опытной делянки – 2000,0 м², площадь учетной делянки – 1736 м². Режимы минерального питания: N₂₀₀P₁₅₀K₉₀ перед посевом, в первый год жизни травосмесей, в последующие годы использования травостоя внесение удобрений в начале весенней вегетации P₁₅₀K₉₀ + поукосные подкормки N₄₀ (NPK 1); N₂₅₀P₁₅₀K₉₀ перед посевом, в первый год жизни травосмесей, в последующие годы использования травостоя внесение удобрений в начале весенней вегетации P₁₅₀K₉₀ + поукосные подкормки N₅₀ (NPK 2). Опыт закладывался методом расщепленных делянок (рисунок 1).

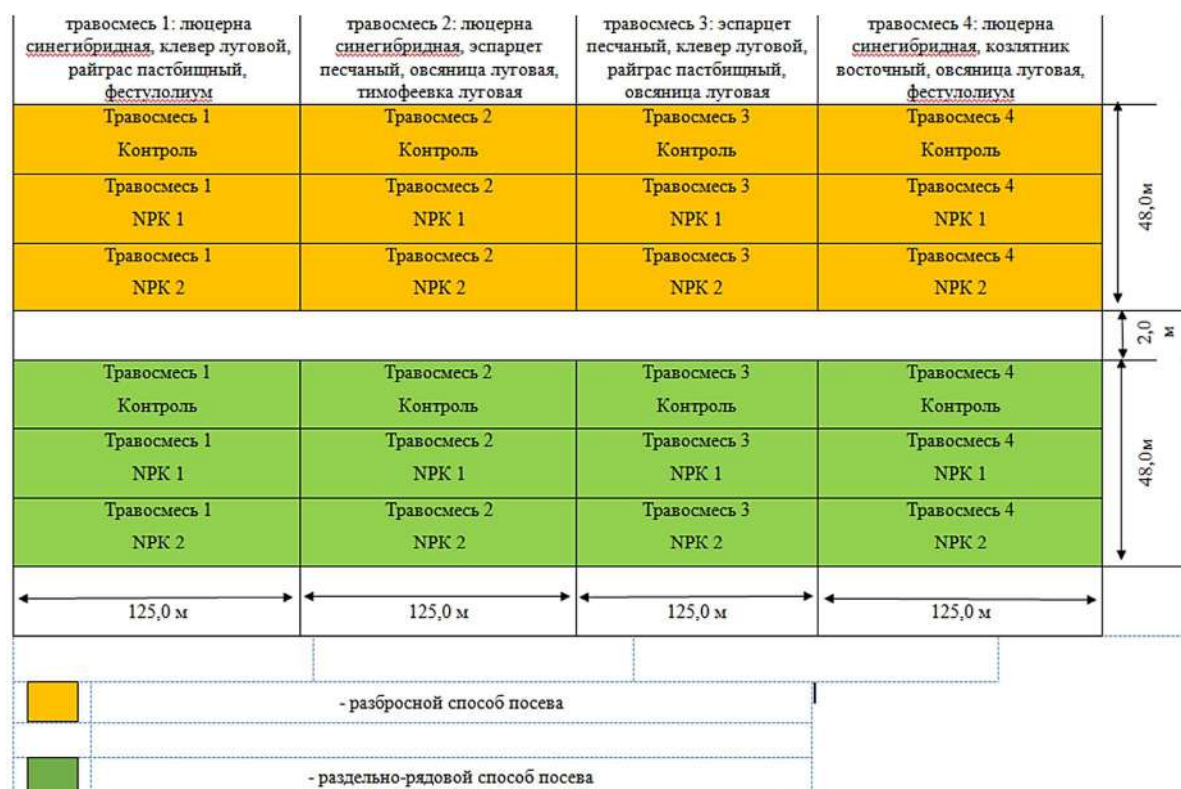


Рисунок 1 – Схема опыта / Figure 1 - Scheme of experience

Пробы для определения в биомассе растений азота, фосфора, калия, кальция и магния отбирались в фазу бутонизации, перед каждым укосом согласно ГОСТ Р58588-2019. Каждый год использования травосмесей проводилось по 5 укосов. Нами приведе-

ны средние ежегодные данные за 5 укосов. Определение химического состава травосмесей проводилось в ФГБУ «Государственный центр агрохимической службы «Астраханский»» согласно ГОСТ.

Объектом исследования являлись многолетние кормовые бобово-злаковые травосмеси.

Предметом изучения являлись элементы технологии возделывания многолетних кормовых травосмесей (различные способы посева и уровни минерального питания).

Результаты и обсуждение. Для кормовых травосмесей важную роль играет их сбалансированность. Продуктивность сельскохозяйственных животных напрямую зависит от сбалансированности кормов, в частности от количества в них минеральных элементов. Недостаток минеральных элементов в рационе животных снижает воспроизводительную функцию животных, а также ухудшает их здоровье в целом [9].

Основной функцией азота является образование пептидных связей и формирование таких белковых соединений, как аминокислоты, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты. Именно аминокислоты являются исходными соединениями при биосинтезе гормонов, витаминов, медиаторов, пигментов, пуриновых и пиримидиновых оснований и т.д. [7, 8]. На рисунке 2 представлены данные по количеству азота в биомассе изучаемых бобово-мятликовых травосмесей по вариантам опыта.

Трехлетние исследования показывают, что применение разбросного способа посева увеличивает содержание в биомассе изучаемых травосмесей азота в среднем по травосмеси на 0,49 %. На контрольном варианте увеличение азота превысило 0,50 % у травосмесей 1, 2 и 4 и составило 0,51, 0,50 и 0,55 %, соответственно. На вариантах опыта с поукосными подкормками N_{40} увеличение содержания азота в биомассе травосмесей свыше 0,50 % было отмечено у травосмесей 2 и 4 и составило 0,53 и 0,56 %, соответственно. На вариантах с поукосными подкормками в размере N_{50} увеличение азота больше, чем на 0,50 %, также было отмечено у травосмесей 2 и 4 – 0,52 и 0,58 %, соответственно. Максимальное количество азота в биомассе при применении разбросного способа посева было отмечено у травосмесей 1 и 4 и составило 3,07 и 3,09 %, соответственно.

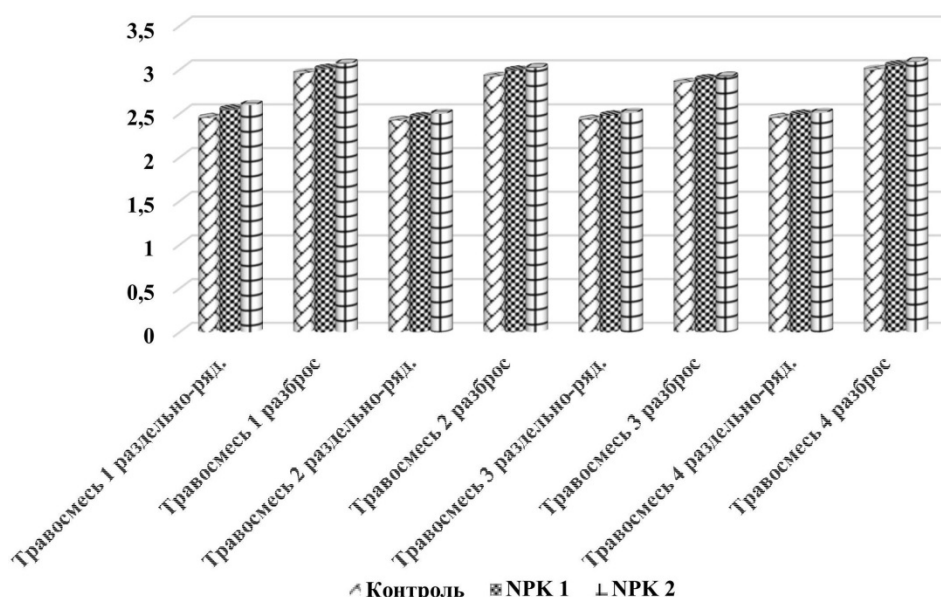


Рисунок 2 – Содержание азота в биомассе травосмесей по вариантам опыта, %, среднее 2018-2020 гг.

Figure 2 - Nitrogen content in the biomass of grass mixtures by experiment options, %, average 2018-2020.

Калий в кормосмесях нормализует у животных обмен веществ, оптимизирует рубцовое пищеварение, повышает молочную продуктивность и улучшает воспроизводительную способность [7, 8]. На рисунке 3 представлены данные по содержанию калия в биомассе изучаемых травосмесей по вариантам опыта.

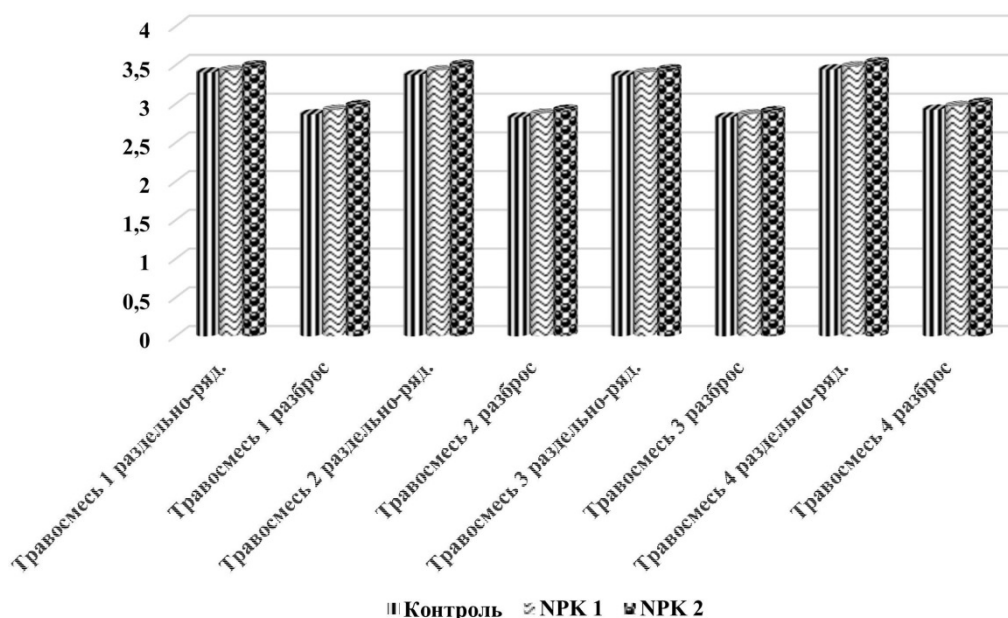


Рисунок 3 – Содержание калия в биомассе травосмесей по вариантам опыта, %, среднее 2018-2020 гг.

Figure 3 – The content of potassium in the biomass of grass mixtures according to the variants of the experiment, %, average 2018-2020

Данные рисунка 3 показывают, что раздельно-рядовой способ посева увеличивает содержание в биомассе травосмесей калия в среднем по травосмесям на 0,54 %. На участках опыта с применением данного способа посева, содержание калия на всех вариантах варьирует от 3,36 % у травосмеси 3 на контрольном варианте до 3,53 % у травосмеси 4 на варианте с поукосными подкормками N_{50} .

При использовании же разбросного способа посева содержание калия колеблется от 2,82 % у травосмесей 2 и 3 на контрольном варианте до 3,01 % у травосмеси 4 на варианте с поукосными подкормками в размере N_{50} .

Для полноценного роста и развития сельскохозяйственным животным необходимы в рационе такие элементы, как фосфор и магний. Фосфор отвечает за правильный обмен жиров, белков и углеводов в организме животных. Он также влияет на количество и качество получаемой от животных продукции. Магний оказывает большое влияние на нервно-мышечный аппарат животных и обеспечивает правильную терморегуляцию. Дефицит в организме этих элементов приводит к ухудшению состояния животных, появляются болезни, снижается аппетит [7, 8].

Недостаток кальция в кормах приводит к развитию у животных болезней, связанных с нарушением минерализации костных тканей – рахит, остеомалация и др. Эти заболевания приводят к тому, что у животных искривляются конечности, появляется хромота, они плохо передвигаются, а кости становятся мягкими и хрупкими [7, 8].

На рисунках 4...6 представлены данные по количеству фосфора, кальция и магния в биомассе изучаемых травосмесей.

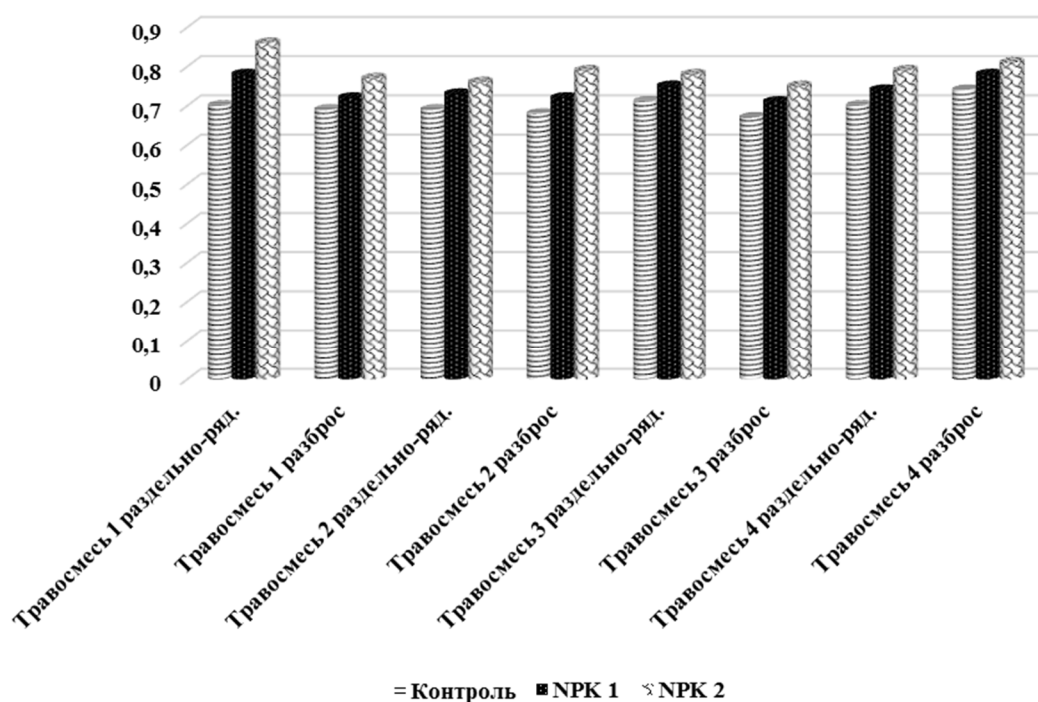


Рисунок 4 – Содержание фосфора в биомассе травосмесей по вариантам опыта, %, среднее 2018-2020 гг.

Figure 4 – The content of phosphorus in the biomass of grass mixtures according to the experimental options, %, average 2018-2020

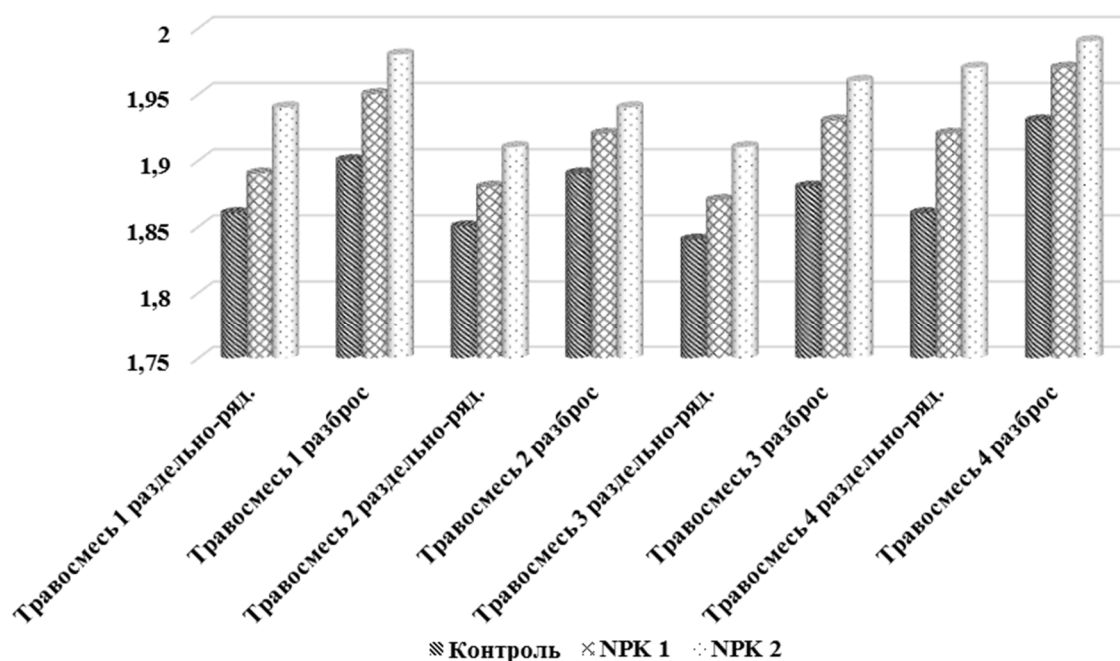


Рисунок 5 – Содержание кальция в биомассе травосмесей по вариантам опыта, %, среднее 2018-2020 гг.

Figure 5 – The content of calcium in the biomass of grass mixtures according to the variants of the experiment, %, average 2018-2020.

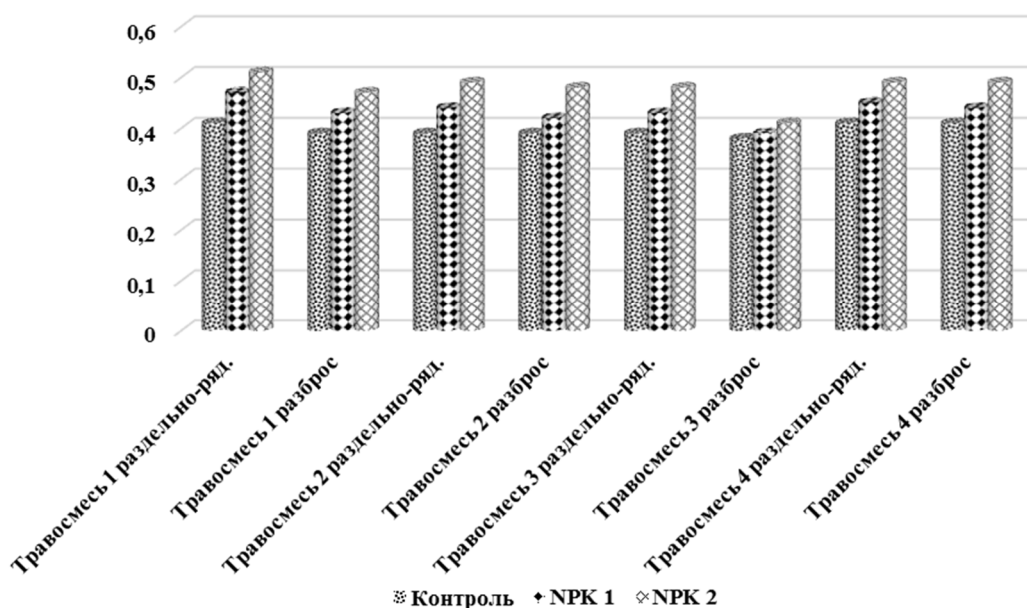


Рисунок 6 – Содержание магния в биомассе травосмесей по вариантам опыта, %, среднее 2018-2020 гг.

Figure 6 – The content of magnesium in the biomass of grass mixtures according to the experimental options, %, average 2018-2020

Анализ полученных трехлетних данных показывает, что количество фосфора, кальция и магния на участках раздельно-рядового и разбросного способов посева отличалось незначительно. Но было отмечено, что внесение удобрений на обоих способах посева увеличивало содержание всех химических элементов в биомассе изучаемых удобрений. Максимальное содержание всех элементов было зафиксировано на вариантах опыта с поукосными подкормками в размере N_{50} , минимальные же значения у всех элементов были отмечены на контрольных вариантах.

Выводы. Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

- разбросной способ посева повышает содержание азота в биомассе травосмесей, а раздельно-рядовой увеличивает количество калия. На содержание фосфора, кальция и магния способ посева оказывает незначительное влияние;
- максимальные значения всех химических элементов у всех травосмесей отмечены на вариантах опыта с поукосными подкормками N_{50} ;
- самое высокое содержание азота было отмечено при использовании разбросного способа посева у травосмесей 1 и 4 на варианте опыта с поукосными подкормками N_{50} и составило 3,07 и 3,09 %, соответственно;
- максимальное количество фосфора в биомассе было зафиксировано у травосмеси 1 на участках опыта с раздельно-рядовым способом посева на варианте с поукосными подкормками N_{50} и составило 0,86 %;
- содержание калия было максимальным в биомассе травосмесей 2 и 4 при использовании раздельно-рядового способа посева на вариантах опыта с поукосными подкормками N_{50} и составило 3,50 и 3,53 %, соответственно;
- содержание кальция самым высоким было на вариантах опыта с поукосными подкормками N_{50} и составило 1,94 и 1,97 % у травосмесей 1 и 4 при использовании раздельно-рядового способа посева, соответственно, и 1,98 и 1,99 % у этих же травосмесей на участках с разбросным посевом;

- на участках опыта с отдельно-рядовым способом посева максимальное содержание магния было зафиксировано на вариантах с поукосными подкормками N_{50} у травосмесей 1, 2 и 4 и составило 0,51, 0,49 и 0,49 %, соответственно. При использовании разбросного способа посева самое высокое содержание магния было отмечено на том же самом варианте минерального питания у травосмесей 2 и 4 и составило 0,47 и 0,49 %, соответственно;

- на всех вариантах опыта у всех изучаемых травосмесей соотношение кальция и фосфора, а также кальция и магния является оптимальным.

Библиографический список

1. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. К вопросу о роли многолетних трав в сохранении плодородия почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (42). С. 63-72.
2. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И. Эффективность многолетних бобовых трав в кормопроизводстве и их влияние на баланс питательных веществ в почве // Научно-агрономический журнал. 2016. № 2 (99). С. 17-22.
3. 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.
4. Желтопузов В. Н., Хонина О. В. Химический состав корма бобовых и бобово-злаковых травосмесей в условиях орошения // Вестник АПК Ставрополя. 2016. № 3 (23). С. 168-171.
5. Зарьянова З. А., Кирюхин С. В., Бобков С. В. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав // Зернобобовые и крупяные культуры. 2017. № 4 (24). С. 115-120.
6. Каракчиева Е. Ф., Лобанов А. Ю. Создание травосмесей для повышения продуктивности и питательной ценности в полевом кормопроизводстве в условиях Республики Коми // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 4 (59). С. 30-32.
7. Никитина М. А. Системный подход и структурно-параметрическая модель рациона кормления сельскохозяйственных животных // Все о мясе. 2016. № 3. С. 36-40.
8. Улитко В. Е. Инновационные подходы в решении проблемных вопросов в кормлении сельскохозяйственных животных // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 4 (28). С. 136-147.
9. Forage production and use in the dairy farming systems of Northern Italy / P. Mantovi, A. Dal Pra, M. T. Pacchioli [et al.] // Grassland Science in Europe. 2015. Vol. 20. P. 67-77.
10. Forage crop yield and nutritive value under climate change in Canada / M-N. Thivierge, G. Jago, G. Belanger [et al.] // Grassland Science in Europe. 2016. Vol. 21. P. 826-828.
11. Impacts of organic soil amendments on forage grass production under different soil conditions / T. Persson, W. Szulc, B. Rutkowska, M. Höglind, H. M. Hanslinand, A. Sæbø // Agricultural and food science. 2020. № 29. P. 482-493.
12. Reynolds S. G., Frame J. Grasslands: developments, opportunities, perspectives. Rome: FAO, 2005. 565 p.

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, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, stone79.79@list.ru, тел. 89275594770, ORCID-0000-0003-0195-3869, SPIN-код 2816-8178.

Кудряшов Александр Владимирович, младший научный сотрудник отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черныярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, дом 8), кандидат сельскохозяйственных наук, stone75@list.ru, тел. 89275652943, ORCID-0000-0002-0914-6239, SPIN-код 6898-4860.

INFLUENCE OF LIMITING FACTORS ON MILLET PRODUCTIVITY IN CROPPING ROTATIONS ON THE SOUTHERN CHERNOZEMS OF THE ORENBURG URALS

D.V. Mitrofanov¹, T.A. Tkacheva²

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences», Orenburg*

²*Orenburg State University, Orenburg*

Received 17.10.2022

Submitted 12.01.2023

*The research was carried out in accordance with the research work plan for 2023-2024.
Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences (FNWZ-2022-0014)*

Summary

The article presents the results of studying the influence of weather conditions, soil moisture, macro-nutrients, mineral fertilizers and precursors on the productivity of millet in crop rotations on the chernozems of the southern Orenburg Urals. Changes in the reserves of productive moisture, the content of mobile forms of nutrients in the soil, the yield of grain, feed, energy and feed protein units, depending on the studied variants of the experiment, have been established.

Abstract

Introduction. The positive effect of July precipitation, spring reserves of productive moisture in soil layers 0-30 and 0-100 cm, the content of macronutrients during the sowing period on increasing the yield of grain, feed, energy and feed protein units was revealed. For the first time, the best effect of nitrates in the arable soil layer of 0-30 cm on increasing the productivity of millet in the grain crop rotation with durum wheat in the steppe zone of the Southern Urals was established. The aim of the study is to establish the influence of agrometeorological conditions, reserves of productive moisture, macronutrients, mineral fertilizers and precursors on increasing the productivity of millet in arid conditions of the Orenburg region. The objectives of the work are to determine the amount of precipitation, temperature, dry weather, soil moisture, nutrients in the soil, grain, feed, energy, feed protein units and to identify the relationship. **Object.** The objects of research are chernozem, millet crops in crop rotations and monoculture. **Materials and methods.** The research is carried out from 2002 to 2021 using the following methods: *field, gravimetric (weight), ionometric, Machigin, Chirikov, dispersion and statistical*. The scheme of experience is two-factor: 2A x 6B; A – fertilizer (nitrophoska) and without fertilizers (control), B – the precursor of millet. Millet crops of the following varieties are being studied: Orenburg 9; 20; 24 and Danila. **Results and conclusion.** Significant results show that precipitation in July (42.2 mm) affects (27.91-28.05 %) to increase the productivity of millet fertilized and non-fertilized agrofon (0.47-1.21 t/ha) in grain crop rotation with durum wheat. The smallest spring reserves of productive moisture (32.7 and 112.6 mm) in the soil layers (0-30, 0-100 cm) affect the increase in productivity from 20.71 to 25.96 %. In the spring period, despite the low content of nitrates 39 mg, mobile phosphorus 24 and exchangeable potassium 168 mg/kg of soil, there is an effect on the growth of millet productivity. The nitrate content during the sowing period leads to the best effect from 71.55 to 71.80 %. The proportion of phosphorus and potassium influence is contained from 32.79 to 38.05 %. In the autumn period, the introduction of nitrophosky for plowing at a dose of N₄₀P₈₀K₄₀ kg/ha leads to an increase in millet grain by 0.34 t/ha in the grain crop rotation. The lowest productivity is observed with monoculture and after the application of mineral fertilizers is from 0.28 to 0.52 tons and without their use – 0.29-0.54 t/ha. The greatest productivity in the grain crop rotation is observed due to its biological characteristics (drought resistance, heat resistance, less demanding of moisture and nutrition), mineral fertilizers and the predecessor of durum wheat. The millet monoculture reacts negatively to the accumulation of nitrates in the soil on a fertilized agrophone, leading to a decrease in productivity. As a result of multiple regression analysis on other sowing options, it was revealed that the studied limiting factors do not increase the productivity of millet.

Key words: cultivation of millet, productive moisture, macronutrients, crop rotation, monoculture, millet productivity.

Citation. Mitrofanov D.V., Tkacheva T.A. Influence of limiting factors on millet productivity in crop rotations in the southern chernozems of the Orenburg Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 217-228 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-23.

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 631.524.84: 633.17 (470.56)

ВЛИЯНИЕ ЛИМИТИРУЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ПРОСА В СЕВООБОРОТАХ НА ЧЕРНОЗЁМАХ ЮЖНЫХ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Д. В. Митрофанов¹, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

Т. А. Ткачёва², кандидат химических наук, доцент

¹ ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук», г. Оренбург

² ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», г. Оренбург

Дата поступления в редакцию 17.10.2022

Дата принятия к печати 12.01.2023

**Исследования выполнены в соответствии с планом научно-исследовательской
работы на 2023–2024 гг. Федерального научного центра биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук (FNWZ-2022-0014)**

Аннотация. В статье представлены результаты изучения влияния погодных условий, влажности почвы, макроэлементов питания, минеральных удобрений и предшественников на продуктивность проса в севооборотах на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья. Установлены изменения запасов продуктивной влаги, содержания подвижных форм питательных веществ в почве, выхода зерна, кормовых, энергетических и кормопротеиновых единиц в зависимости от исследуемых вариантов опыта.

Актуальность. Выявлено положительное влияние июльских осадков, весенних запасов продуктивной влаги в слоях почвы 0-30 и 0-100 см, содержания питательных веществ макроэлементов в период посева на повышение выход зерна, кормовых, энергетических и кормопротеиновых единиц. Впервые установлено наилучшее воздействие нитратов в пахотном слое почвы 0-30 см на увеличение продуктивности проса в зерновом севообороте с твёрдой пшеницей на территории степной зоны Южного Урала. Цель исследования – установить влияние агрометеорологических условий, запасов продуктивной влаги, макроэлементов питания, минеральных удобрений и предшественников на повышение продуктивности проса в засушливых условиях Оренбургской области. Задачи работы – определить количество выпавших осадков, температуры, суховейных дней, почвенной влаги, питательных веществ в почве, зерна, кормовых, энергетических, кормопротеиновых единиц и выявить взаимосвязь. **Объект.** Объекты исследования – чернозём, посевы проса в севооборотах и монокультура. **Материалы и методы.** Исследования проведены с 2002 по 2021 гг. методами: полевой, гравиметрический (весовой), ионометрический, Мачигина, Чирикова, дисперсионный и статистический анализ. Схема опыта двухфакторная: 2А х 6В; А – удобрение (нитрофоска) и без удобрений (контроль), В – предшественник проса. Изучаются посевы проса следующих сортов: Оренбургское 9; 20; 24 и Данила. **Результаты и выводы.** Значительные результаты показывают, что выпавшие осадки в июле (42,2 мм) воздействуют (27,91-28,05 %) на повышение продуктивности проса удобренного и неудобренного агрофона (0,47-1,21 т/га) в зерновом севообороте с твёрдой пшеницей. Наименьшие ве-

сенные запасы продуктивной влаги (32,7 и 112,6 мм) в слоях почвы (0-30, 0-100 см) влияют на увеличение продуктивности от 20,71 до 25,96 %. В весенний период несмотря на низкое содержания нитратов 39 мг, подвижного фосфора 24 и обменного калия 168 мг/кг почвы происходит воздействие на повышение продуктивности проса. Содержание нитратов в период посева приводит к наилучшему влиянию от 71,55 до 71,80 %. Доля влияния фосфора и калия содержится от 32,79 до 38,05 %. В осенний период внесение нитрофоски под вспашку в дозе $N_{40}P_{80}K_{40}$ кг/га ведёт в зерновом севообороте к прибавке зерна проса на 0,34 т/га. Наименьшая продуктивность отмечается в монокультуре и после внесения минеральных удобрений составляет от 0,28 до 0,52 т и без их применения – 0,29-0,54 т/га. Наибольшая продуктивность в зерновом севообороте наблюдается за счёт своих биологических особенностей (засухоустойчивость, жаростойкость, менее требовательна к влаге и питанию), минеральных удобрений и предшественника твёрдая пшеница. Монокультура проса отрицательно реагирует на накопление нитратов в почве на удобренном агрофоне приводящие к снижению продуктивности. В результате множественного регрессионного анализа по другим вариантам посева выявлено, что изучаемые лимитирующие факторы не повышают продуктивность проса.

Ключевые слова: *возделывание просо, продуктивная влага, макроэлементы питания, севооборот, монокультура, продуктивность проса.*

Цитирование. Митрофанов Д. В., Ткачёва Т. А. Влияние лимитирующих факторов на продуктивность проса в севооборотах на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 217-228. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-23.

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. Увеличение рыночных цен на зерновую и кормовую продукцию проса в Российской Федерации происходит из-за введения санкций западных стран. Производство зерна, крупы (пшено) и муки проса в России является важнейшим продовольственным товаром для питания человека и животных. Просо – древнейшая полевая (крупяная) культура Восточной и Центральной Азии. Засушливые условия вегетационного периода Оренбургской области оказывают значительное воздействие на продуктивность проса. Несмотря на биологические особенности культуры (засухоустойчивость, жаростойкость) в результате проявления часто повторяющейся сильной засухи в периоде вегетации происходит ослабление роста, развития и формирования зерна проса.

В степной зоне Южного Урала погодные факторы (температура, осадки), минеральные удобрения и предшественники влияют на урожайность проса в севооборотах и бессменном посеве. Урожайность проса в сидеральном севообороте на неудобренном агрофоне зависит от температуры воздуха августа и осадков июля. В результате высоких температур воздуха и внесения минеральных удобрений под основную обработку почвы (вспашка) происходит снижение урожайности проса после предшественника мягкая пшеница в сидеральном севообороте. Осадки июля повышают урожайность проса на посевах без внесения минеральных удобрений [1]. В засушливые годы снижается урожайность проса от применения минеральных удобрений в севооборотах. В полевых опытах определяется равнозначное последствие различных видов пара (чёрный, почвозащитный, сидеральный) в севооборотах на урожайность проса. В засушливых условиях вегетационного периода на неудобренном фоне питания урожайность проса возрастает по сравнению с удобренным за счёт своих биологических особенностей [5]. В течении 24 лет возделывания проса в шестипольных зернопаровых, почво-

защитных и сидеральных севооборотах наблюдается тенденция снижения урожайности на основании сложившихся неблагоприятных агрометеорологических условий (высокие среднесуточные температуры воздуха, дефицит осадков) в вегетационном периоде и незначительного воздействия минеральных удобрений. Наилучшими предшественниками проса в действии являются твёрдая пшеница и в последствии – чёрный и сидеральный пар (В. М. Жданов и др., 2014). Рост урожайности проса на удобренном и неудобренном фоне питания зависит от влияния обильного выпадения осадков в июне и июле вегетационного периода. За 31 год урожайность проса без внесения минеральных удобрений превышает удобренный фон питания на 0,01 т во второй, четвёртой, пятой и на 0,09 т/га в третьей ротациях шестипольных севооборотов. Во влажные годы применение посева проса в сидеральном севообороте ведёт к повышению урожайности после применения минеральных удобрений до 3,20 т, без их внесения – 3,12 т/га. Снижается продуктивность проса в монокультуре по всем годам многолетнего исследования по сравнению с севооборотами [6]. Применение бессменного посева проса более 10 лет с внесением минеральных удобрений под осеннюю вспашку приводит к повышению плодородия почвы (содержания гумуса 4,98 %) и снижению урожайности до 0,66 т/га [7]. При бессменном возделывании проса значительно снижается урожайность на пятый год посева после применения минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{40}$ кг/га действующего вещества [3]. Для бессменного посева проса с целью увеличения урожая возможен поиск приёмов эффективного использования минеральных удобрений (В. Н. Жижин и др., 2012). Создание засухоустойчивых сортов является основой в получении урожая проса в засушливых условиях Оренбуржья [4, 8]. Многие зарубежные учёные изучают просо, как устойчивое растение к изменению климата [9-12].

В центральной зоне Оренбургского Предуралья для формирования высокого урожая проса после твёрдой пшеницы в севообороте необходимо учитывать состояние посева и особенности предшественника (В. И. Елисеев, А. Г. Крючков, 2008). В основном просо требовательно к влаге в месяцах июня и июля. Наибольшая урожайность проса (2,60-3,20 т/га) формируется при запасах продуктивной влаги от 95 мм и более совместно с выпавшими осадками в периоде вегетации до 197 мм (А. Г. Крючков, В. И. Елисеев, 2009). За вегетационный период просо расходует эффективно влагу, коэффициент водопотребления может доходить до $856 \text{ м}^3/\text{т}$ и обеспечить более высокую урожайность до 1,94 т/га [2]. Содержания запасов продуктивной влаги в слое почвы 0-100 см и количество выпавших осадков менее 70 мм ведёт к снижению продуктивности проса на удобренном фоне питания на 6-36 %. Для выращивания проса необходимо одностороннее внесение азота и фосфора в дозах 30-90 кг/га и при их сочетании – 60-150 кг/га (А. В. Ряховский, В. Н. Варавва, 2007). При совместном внесении азота и фосфора в норме $N_{40}P_{60}$ получена прибавка зерна проса на 0,48 т/га или на 36,4 %. Применение минеральных удобрений увеличивает урожайность проса от 2,0 до 3,0 т/га (В. И. Елисеев и др., 2015). Внесение минеральных удобрений с нормой $N_{60}P_{60}$ под вспашку обеспечивает повышение урожайности проса до 2,41 т/га. Улучшение питания проса приводит к увеличению урожая на 30,0-37,5 % (Р. Х. Абдрашитов, В. И. Елисеев, 2006). Наилучшую урожайность проса можно получить при норме высева 3,5 млн всхожих семян на 1 га (В. И. Титков, А. А. Резепкина, Я. А. Каравайцев, 2013).

Но вопросы совместного влияния погодных факторов, влажности почвы, подвижных почвенных форм макроэлементов питания, минеральных удобрений и предшественников на различный уровень продуктивности проса недостаточно разработаны. В связи с этим проведены исследования для решения этих вопросов. Целью научно-исследовательской работы является определение влияния агрометеорологических

условий, запасов продуктивной влаги, макроэлементов питания, минеральных удобрений и предшественников на повышение продуктивности проса в засушливых условиях Оренбургской области. В работе поставлены следующие задачи: установить количество выпавших осадков, температуры воздуха, суховейных дней, продуктивной влаги, питательных веществ в почве, зерна, кормовых, энергетических, кормопротеиновых единиц и выявить зависимость от исследуемых вариантов опыта.

Объект исследования. Объектом исследований являются чернозём, посевы проса в севооборотах и монокультура. Почва изучаемой территории характеризуется как чернозём южный карбонатный среднеслойный малогумусный на жёлто-бурых тяжелых суглинках. В пахотном слое почвы (0-30) см содержится гумуса 3,5 %, нитратов – 165 мг, подвижного фосфора – 20 мг, обменного калия – 350 мг/кг, pH водной вытяжки – 7,5. В полутораметровом слое почвы плотность его сложения составляет от 1100 до 1400 кг/м³. В нижних слоях почвы снижается влажность устойчивого завядания, максимальная гигроскопичность и влагоёмкость. В метровом и полутораметровом слоях почвы наименьшая полевая влагоёмкость содержится 290 и 390 мм.

Исследования проведены на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья длительного полевого опыта, заложенного 31 год назад. На многолетнем экспериментальном участке применены посевы проса (четвёртое поле) в шестипольных (зернопаровых, сидеральных) севооборотах с 1990 г., в двупольных (зерновых) – с 2014 г. и в монокультуре – с 1988 г. Посевы проса изучены по следующим вариантам: 1) Просо в зернопаровом севообороте (пар чёрный – озимая рожь – твёрдая пшеница – просо – мягкая пшеница – ячмень); 2) Просо в зернопаровом севообороте (пар чёрный – твёрдая пшеница – мягкая пшеница – просо – мягкая пшеница – ячмень); 3) Просо в зернопаровом севообороте (пар занятый посевом суданской травы – твёрдая пшеница – мягкая пшеница – просо – мягкая пшеница – ячмень); 4) Просо в сидеральном севообороте (пар занятый посевом овса с горохом – твёрдая пшеница – мягкая пшеница – просо – мягкая пшеница – ячмень); 5) Просо в зерновом (двупольном) севообороте (просо – твёрдая пшеница); 6) Монокультура (просо).

Материалы и методы. В 2002-2021 гг. проведено изучение влияния лимитирующих факторов на продуктивность проса в севооборотах и монокультуре. Стационарный опытный участок расположен возле с. Нежинка центральной зоны Оренбургской области по координатам (51°46'31.1"N, 55°18'42.6"E).

Изучаемая территория с резко континентальным климатом, в основном засушливая. По среднемноголетним данным Оренбургской Гидрометстанции за вегетационный период (май-август) количество выпавших осадков составляет 155,0 мм, температура воздуха – 19,1 °С, число суховейных дней – 56,0. Гидротермический коэффициент увлажнения (Г. Т. Селянинова) за май-август составляет 0,50 и период вегетации характеризуется как засушливый.

В эксперименте применены методы исследования: полевой (Б. А. Доспехова), гравиметрический или весовой (С. А. Воробьёва), ионометрический (МИКОН-2), Мачигина, Чирикова, дисперсионный и статистический анализ (Statistica 10.0).

Полевые опыты заложены на многолетнем экспериментальном участке. Схема двухфакторного опыта имеет вид: 2А х 6В; где А – удобрение (нитрофоска) и без удобрений (контроль), В – предшественник проса. Посевы проса расположены на четырёх повторениях опытного участка с площадью 10368 м² или 1,0 га. Делянки имеют размер в виде прямоугольной формы в шестипольных севооборотах – ширина 3,6 м и длина 90 м ($S^2 = 324 \text{ м}^2$), в двупольном и монокультуре – 7,2 × 90 м ($S^2 = 648 \text{ м}^2$). Повторность опыта проса находится в пространстве и во времени на двух уровнях агрофона. Первый

уровень агрофона – удобренный, второй – неудобренный. В осенний период под вспашку (основная обработка почвы) внесена с помощью сеялки (СЗ-3,6) нитрофоска (рекомендуемая агрохимиками для данной территории) с нормой 40 кг общего азота, 80 кг фосфора и 40 кг/га калия действующего вещества. Длина удобренного агрофона составляет тридцать метров, неудобренного – шестьдесят. В первой половине месяца мая высеяны сорта проса сеялкой СЗП-3,6 с рекомендуемой нормой три млн шт. всхожих семян на 1 га: Оренбургское 9; 20; 24 и Данила. В севооборотах и монокультуре против сорной растительности, болезней и вредителей не применены пестициды. Учётная площадь делянки проса составляет сто восемьдесят квадратных метров. В конце месяца августа проведена уборка проса специализированным комбайном «Tertion-Sampo 2010». Урожайность и продуктивность проса рассчитаны на основании 13,5 % влажности и 100 % чистоты зерна. Кормовые и кормопротеиновые единицы проса найдены по рекомендации А.П. Калашникова. Энергетические кормовые единицы вычислены методом оценки питательности кормов. Агротехнология возделывания проса и агротехника применена по рекомендациям для данной засушливой зоны Оренбуржья.

Наблюдения за агрометеорологическими условиями вегетационного периода проведены по данным Оренбургского Гидрометцентра и полевого дождемера, установленного на контрольной делянке опыта. Почвенные образцы для определения влажности отобраны в трёх точках каждого варианта посева проса на I и III повторности эксперимента в период посева (III декада мая) и уборки (I декада сентября) в метровом слое почвы. Влажность почвы определена гравиметрическим (весовым) методом. Продуктивная влага по слоям почвы рассчитана в отношении объёмной массы и мертвого запаса. Почвенные пробы для определения содержания подвижных форм питательных веществ отобраны также, но только на двух уровнях агрофона в пахотном слое почвы 0-30 см. Количество нитратов в почве определено ионометрическим методом, подвижного фосфора – по Мачигину, обменного калия – по Чирикову.

По полученным результатам исследования проведена математическая обработка с помощью дисперсионного и статистического анализа (множественная регрессия) в программе «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США). В полевых и лабораторных условиях проведённые наблюдения, учёты, анализы, расчёты соблюдены общим принятым рекомендациям и методикам для почвенно-климатических условий Южного Урала.

Результаты и обсуждение. В результате наблюдений по данным Оренбургского Гидрометцентра установлено, что в среднем за двадцать лет исследования количество выпавших осадков в мае составляет 31,0 (норма 41,0) мм, в июне – 29,6 (39,0), в июле – 42,2 (41,0), в августе – 22,8 (34,0) мм. В среднем за период вегетации (май-август) проса по данным метеослужбы количество осадков выпадает 125,6 мм при норме 155,0 мм и по показанию полевого дождемера – 116,3 мм. Средняя температура воздуха распределяется по месяцам: май – 16,4 (норма 15,0) °С, июнь – 20,8 (19,7), июль – 22,8 (21,9), август – 21,9 (20,0) °С. Атмосферная температура за вегетационный период составляет 20,5 °С относительно нормы 19,1 °С и число суховейных дней – 64 (56). Гидротермический коэффициент увлажнения (Г. Т. Селянинова) содержит 0,54 (ГТК <0,7 – средне засушливый) единиц, что говорит о засушливом периоде вегетации проса.

За период наблюдений из исследуемых вариантов отмечают основные показатели продуктивной влаги с учётом выпавших осадков, макроэлементов питания в почве и продуктивности проса в севооборотах и монокультуре. Наибольшее содержание продуктивной влаги наблюдается в периоде посева после мягкой пшеницы в последствии занятого пара суданской травой и озимой ржи зернопаровых севооборотов. Такая влажность в слое почвы 0-30 см составляет 43,8 мм и 0-100 см – 140,3 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Количество продуктивной влаги под посевом проса в зависимости от последействия предшественника и периода определения, мм (2002-2021 гг.)

Table 1 – The amount of productive moisture under millet sowing, depending on the aftereffect of the precursor and the period of determination, mm (2002-2021)

Почвенный слой, см / Soil layer, cm	Последействие предшественника / Aftereffect of the predecessor					
	озимая рожь / winter rye	чёрный пар / black steam	занятый пар / busy steam	сидеральный пар / sideral steam	твёрдая пшеница / durum wheat	просо / millet
От 0 до 30 / from 0 to 30	<u>42,2*</u> 9,3	<u>42,0</u> 9,3	<u>43,8</u> 8,4	<u>42,7</u> 10,2	<u>32,7</u> 2,5	<u>39,1</u> 11,6
НСР ₀₅ / NSR ₀₅	5,5	4,8	9,0	4,9	8,5	7,1
От 0 до 100 / from 0 to 100	<u>140,3</u> 44,9	<u>136,0</u> 43,9	<u>134,7</u> 42,5	<u>131,2</u> 45,0	<u>112,6</u> 16,9	<u>126,6</u> 44,7
НСР ₀₅ / NSR ₀₅	13,5	10,8	16,8	13,0	17,9	13,0

Примечание. * над чертой – в посев, под чертой – в уборку / above the line – in sowing, under the line – in cleaning

Максимальное количество почвенной влаги отмечается в период уборки монокультуры проса в пахотном слое почвы (0-30 см) и составляет 11,6 мм. Накопление остаточной влажности происходит после мягкой пшеницы в последействии пара сидерального севооборота в метровом слое почвы до 45,0 мм. Наименьшее содержание влаги просматривается в варианте после твёрдой пшеницы зернового севооборота в слоях почвы 0-30, 0-100 см и в периоде посева проса составляет 32,7; 112,6 мм и уборки – 2,5; 16,9 мм. По остальным вариантам в последействии предшественников влажность почвы под просом фиксируется в период посева на уровне от 39,1 до 136,0 мм и уборки – 8,4-44,9 мм. В этом варианте опыта в период посева и уборки проса фактическое различие содержания продуктивной влаги больше наименьшей существенной разности (НСР₀₅), что является значимой и в слое почвы 0-100 см составляет 17,9 мм.

Наибольшее содержание нитратов (NO₃⁻) в периоде посева и уборки наблюдается в монокультуре проса на удобренном агрофоне и в слое почвы 0-30 см составляет 86 и 74 мг выше неудобренного (контроль) на 21 и 22 мг/кг (таблица 2).

Наименьшее количество нитратов по периодам определения отмечается в двупольном севообороте с твёрдой пшеницей и составляет на двух уровнях агрофона 39 мг, что больше контроля на 11-12 мг/кг почвы. В результате последействия озимой ржи и паров (чёрный, занятый, сидеральный) уровень нитратов по периодам определения на удобренном агрофоне составляет от 43 до 83 мг, на неудобренном – 30-64 мг/кг почвы. Максимальное содержание подвижного фосфора в почве после внесения минеральных удобрений прослеживается в периоде посева в последействии озимой ржи 63 мг и уборки монокультуры 56 мг с положительным отклонением от контроля в 20 и 14 мг/кг. Минимальное количество оксида фосфора (P₂O₅) просматривается в периоде посева и уборки проса после твёрдой пшеницы зернового севооборота и составляет 24; 23 мг, что больше контрольного варианта опыта на 7 мг/кг почвы. На основании последствий паровых полей в периодах взятия почвенных проб (в посев, уборку) содержание питательного фосфорного вещества на двух агрофонах находится в следующем диапазоне от 30 до 62 мг/кг почвы. Наибольшее количество оксида калия (K₂O) в почве фиксируется в последействии озимой ржи по всем периодам и составляет 473; 441 мг выше контроля на 67; 61 мг/кг. Наименьшее содержание обменного калия выявляется на удобренном агрофоне в двупольном севообороте с твёрдой пшеницей и в периоде посева составляет 168 мг, уборки – 153 мг с положительным отклонением от контрольного варианта опыта в 26 и 23 мг/кг почвы. В результате по-

следствий чёрного, занятого, сидерального паров и монокультуры проса устанавливается определённый уровень содержания обменного калия в почве на удобренном от 371 до 467 мг и неудобренном – 324-429 мг/кг. Наиболее значимая наименьшая существенная разность ($НСР_{05}$) наблюдается по всем вариантам опыта питательного вещества (K_2O) по фактору А (удобрение) 6,7 мг и В (предшественник) 11,5 мг. Такое наблюдение объясняется высоким содержанием обменного калия в почве по сравнению с нитратами и подвижным фосфором за счёт способности накапливать его (характеристика почвы) чернозёмом.

Таблица 2 – Содержания подвижных форм питательных веществ под посевом проса в зависимости от последействия предшественника и уровня фона выращивания, мг/кг в слое почвы 0-30 см (2002-2021 гг.)

Table 2 – The content of mobile forms of nutrients under millet sowing, depending on the aftereffect of the precursor and the background level of cultivation, mg/kg in the soil layer 0-30 cm (2002-2021)

Подвижные вещества / Mobile substances	Период определения / Definition period	Последействие предшественника / Aftereffect of the predecessor					
		озимая рожь / winter rye	чёрный пар / black steam	занятый пар / busy steam	сидеральный пар / sideral steam	твёрдая пшеница / durum wheat	просо / millet
Нитраты / Nitrates	посев / sowing	$\frac{83^*}{60^{**}}$	$\frac{80}{64}$	$\frac{56}{45}$	$\frac{60}{62}$	$\frac{39}{28}$	$\frac{86}{65}$
	уборка / cleaning	$\frac{68}{61}$	$\frac{64}{50}$	$\frac{43}{30}$	$\frac{51}{48}$	$\frac{39}{27}$	$\frac{74}{52}$
$НСР_{05}$ фактор / NSR_{05} factor	А	3,8					
	В	6,5					
Подвижный фосфор / Mobile phosphorus	посев / sowing	$\frac{63}{43}$	$\frac{62}{46}$	$\frac{51}{37}$	$\frac{60}{51}$	$\frac{24}{17}$	$\frac{58}{42}$
	уборка / cleaning	$\frac{53}{40}$	$\frac{55}{43}$	$\frac{45}{30}$	$\frac{52}{43}$	$\frac{23}{16}$	$\frac{56}{42}$
$НСР_{05}$ фактор / NSR_{05} factor	А	2,0					
	В	3,5					
Обменный калий / Exchange potassium	посев / sowing	$\frac{473}{406}$	$\frac{467}{412}$	$\frac{419}{367}$	$\frac{452}{429}$	$\frac{168}{142}$	$\frac{444}{387}$
	уборка / cleaning	$\frac{441}{380}$	$\frac{431}{382}$	$\frac{371}{324}$	$\frac{414}{383}$	$\frac{153}{130}$	$\frac{413}{360}$
$НСР_{05}$ фактор / NSR_{05} factor	А	6,7					
	В	11,5					

Примечание. Здесь и далее: * над чертой – фон с удобрениями, ** под чертой – фон без удобрений (контроль); А – удобрение; В – предшественник / Here and further: * above the line – background with fertilizers, ** below the line – background without fertilizers (control);

А – fertilizer, В – predecessor

В результате исследования установлено, что максимальная урожайность зерна проса наблюдается в пятом варианте посева после твёрдой пшеницы в зерновом севообороте и на удобренном агрофоне составляет 1,21 т, на неудобренном – 0,87 т, тем самым прибавка от удобрений составляет 0,34 т/га (таблица 3).

В 2019 году складываются благоприятные погодные условия (выпадает наибольшее количество осадков в июле 105,0 мм) для проса в двупольном севообороте с твёрдой пшеницей, которые приводят к росту урожайности на удобренном агрофоне до 3,98 т, неудобренном – 2,29 т/га и получена прибавка на 1,69 т. Наименьший выход зерна проса отмечается в шестом варианте посева монокультуры после внесения минеральных удобрений (нитрофоска) составляет 0,52 т и без их применения – 0,54 т/га, что

ниже контроля на 0,02 т. По другим вариантам опыта удобренного и неудобренного агрофона выход зерна находится на уровне от 0,66 до 0,86 т/га. Удобренный фон меньше контроля на 0,19; 0,10; 0,06 т.

Таблица 3 – Продуктивность проса в севообороте и монокультуре в зависимости от исследуемых вариантов опыта и уровня фона выращивания (2002-2021 гг.)

Table 3 – The productivity of millet in crop rotation and monoculture, depending on the studied variants of experience and the level of background cultivation (2002-2021)

Вариант опыта / Experience option	Последствие предшественника / Aftereffect of the predecessor	Продуктивность с 1 га, т / Productivity from 1 ha, t			
		зерна / grains	КЕ* / KE	ЭКЕ** / EKE	КПЕ*** / KPE
Первый / First	Озимая рожь / Winter rye	<u>0,76</u> 0,82	<u>0,74</u> 0,80	<u>0,44</u> 0,47	<u>0,41</u> 0,44
Второй / Second	Чёрный пар / Black steam	<u>0,80</u> 0,86	<u>0,78</u> 0,84	<u>0,46</u> 0,50	<u>0,43</u> 0,46
Третий / Third	Занятый пар / Busy steam	<u>0,69</u> 0,79	<u>0,68</u> 0,77	<u>0,40</u> 0,45	<u>0,37</u> 0,43
Четвёртый / Fourth	Сидеральный пар / Sideral steam	<u>0,66</u> 0,85	<u>0,65</u> 0,83	<u>0,38</u> 0,49	<u>0,36</u> 0,46
Пятый / Fifth	Твёрдая пшеница / Solid Wheat	<u>1,21</u> 0,87	<u>1,18</u> 0,85	<u>0,70</u> 0,50	<u>0,65</u> 0,47
Шестой / Sixth	Просо / Millet	<u>0,52</u> 0,54	<u>0,51</u> 0,53	<u>0,30</u> 0,31	<u>0,28</u> 0,29
НСР ₀₅ фактор / NSR ₀₅ factor	А	0,11	0,10	0,06	0,05
	В	0,18	0,17	0,11	0,10

Примечание. *КЕ – кормовых единиц; **ЭКЕ – энергетических кормовых единиц; ***КПЕ – кормопротеиновых единиц / KE – feed unit; EKE – energy feed unit; KPE – feed protein unit

Понижение продуктивности проса по всем вариантам посева просматривается в связи с засушливыми погодными условиями вегетационного периода. Максимальный выход продуктивности с 1 га пашни наблюдается в пятом варианте опыта. Наибольший выход на удобренном и неудобренном агрофоне отмечается на варианте посева проса после твёрдой пшеницы в зерновом севообороте и кормовых единиц составляет 1,18 и 0,85 т, энергетических – 0,70 и 0,50, кормопротеиновых – 0,65 и 0,47 т/га. Низкая продуктивность отслеживается в шестом варианте эксперимента. Наименьший выход кормовых единиц на двух уровнях агрофона фиксируется после предшественника проса в монокультуре 0,51 и 0,53 т/га. Выход энергетических и кормопротеиновых единиц составляет на удобренном агрофоне 0,30 и 0,28, на неудобренном – 0,31 и 0,29 т/га соответственно. Уровень выхода продуктивности проса в последствии озимой ржи и паров (чёрный, занятый, сидеральный) составляет от 0,36 до 0,84 т/га. Более значимая наименьшая существенная разность (НСР₀₅) по всем посевам проса просматривается по выходу зерна после применения минеральных удобрений 0,11 т и предшественников – 0,18 т. Изменение существенной разницы выхода зерна связано с действием нитрофоски и последствий предшественников севооборотов и монокультуры.

В результате из погодных факторов установлено наилучшее влияние выпавших осадков в июле на повышение продуктивности проса на удобренном агрофоне в пятом варианте эксперимента и составляет от 27,91 до 28,05 % с уровнем значимости 0,02 (таблица 4). Влияние весенней влаги на повышение продуктивности проса наблюдается после предшественника твёрдая пшеница двупольного севооборота в слое почвы 0-30 см от 25,79 до 25,96 % с критерием уровня значимости 0,02 и 0-100 см – 20,71-20,86 % с 0,04 соответственно.

В весенний период самое наилучшее воздействие оказывают нитраты пахотного слоя почвы (0-30 см) на увеличение продуктивности в пятом варианте эксперимента и составляет по выходу зерна 71,80 %, кормовым 71,78 %, энергетическим 71,55 %, кормопротеиновым единицам 71,75 % при уровне значимости 0,000002. Доля влияния подвижного фосфора и обменного калия слоя почвы 0-30 см в период посева находится в пределах (P_2O_5) от 37,78 до 38,05 % и (K_2O) от 32,79 до 33,07 % с критерием уровня значимости от 0,0038 до 0,01 единиц. По остальным вариантам опыта не выявлено влияние изучаемых лимитирующих факторов на повышение продуктивности проса.

Увеличение продуктивности на удобренном агрофоне происходит за счёт выпавших осадков в июле, весенних запасов влаги, подвижных почвенных форм макроэлементов питания, засухоустойчивости проса и благоприятного предшественника твёрдая пшеница в двупольном севообороте.

На чернозёмах южных Оренбургского Предуралья для получения в сельскохозяйственном производстве продуктивности проса в пределах от 0,65 до 1,21 т/га необходимо применять посевы в зерновом (двупольном) севообороте с твёрдой пшеницей после внесения минеральных удобрений.

Таблица 4 – Воздействие лимитирующих факторов на повышение продуктивности проса в севообороте и монокультуре, 2002-2021 гг.

Table 4 – The effect of limiting factors on the increase of millet productivity in crop rotation and in monoculture, 2002-2021

Вариант опыта / Experience option	Последствие предшественника / Aftereffect of the predecessor	Лимитирующие факторы / Limiting factors					
		июльские осадки / july precipitation	весенняя продуктивная влага / productive moisture		питательные вещества в период посева / nutrients during the sowing period		
			0-30 см	0-100 см	NO_3^-	P_2O_5	K_2O
Пятый, удобренный агрофон / Fifth, fertilized agrophone	Твёрдая пшеница / Solid Wheat	выход зерна / grain yield					
		<u>27,91</u> 0,02	<u>25,96</u> 0,02	<u>20,86</u> 0,04	<u>71,80</u> 0,00	<u>38,05</u> 0,00	<u>33,07</u> 0,01
		кормовые единицы / feed units					
		<u>27,93</u> 0,02	<u>25,91</u> 0,02	<u>20,83</u> 0,04	<u>71,78</u> 0,00	<u>37,95</u> 0,00	<u>33,01</u> 0,01
		энергетические кормовые единицы / energy feed units					
		<u>27,96</u> 0,02	<u>25,79</u> 0,02	<u>20,71</u> 0,04	<u>71,55</u> 0,00	<u>37,84</u> 0,00	<u>32,79</u> 0,01
		кормопротеиновые единицы / feedprotein units					
		<u>28,05</u> 0,02	<u>25,80</u> 0,02	<u>20,73</u> 0,04	<u>71,75</u> 0,00	<u>37,78</u> 0,00	<u>32,93</u> 0,01

Примечание. над чертой – доля влияния фактора в %, под чертой – уровень значимости множественной регрессии ($p \leq 0,05$), единиц / above the line is the percentage of the factor's influence in %, below the line is the significance level of multiple regression ($p \leq 0,05$), units

Выводы. В результате исследования установлено, что из погодных факторов наибольшее количество выпавших осадков в июле (42,2 мм) оказывают воздействие (27,91-28,05 %) на повышение продуктивности проса на двух уровнях агрофона (0,47-1,21 т/га) в фазе выметывания метёлки и цветения после твёрдой пшеницы в зерновом севообороте (пятый вариант опыта) за счёт накопления атмосферной влаги в почве. Наименьшая весенняя влажность в слоях почвы 0-30 и 0-100 см (32,7 и 112,6 мм) приводит к благоприятному росту продуктивности из-за достаточного количества влаги для выращивания проса, и доля влияния составляет 20,71-25,96 %. Несмотря на наименьшее содержания по-

движных форм питательных веществ в почве наблюдается наилучшее воздействие нитратов (39 мг/кг) на увеличение продуктивности от 71,55 до 71,80 %. Влияние содержания фосфора и калия в почве на повышение продуктивности составляет от 32,79 до 38,05 %. После применения минеральных удобрений (нитрофоска) в дозе $N_{40}P_{80}K_{40}$ кг/га отмечается прибавка зерна проса на 0,34 т/га в двупольном севообороте с твёрдой пшеницей за счёт наилучшего усвоения содержания макроэлементов питания в почве. Из всех предшественников проса значительное влияние на увеличение продуктивности оказывает посев твёрдой пшеницы в зерновом севообороте. Таким образом, наибольший сбор зерна и кормовой продуктивности проса в двупольном севообороте происходит за счёт своих биологических особенностей (засухоустойчивость, жаростойкость, менее требовательна к влаге и питанию, подходящие условия чернозёма рН=7,5), минеральных удобрений и предшественника твёрдая пшеница.

Снижение продуктивности отмечается в монокультуре (шестой вариант эксперимента) проса и на удобренном агрофоне составляет от 0,28 до 0,52 т и неудобренном – 0,29-0,54 т/га за счёт избыточного накопления нитратов и действия минеральных удобрений. В засушливых условиях происходит накопление нитратов в почве под монокультурой после внесения нитрофоски, что приводит к дисбалансу почвенного раствора. В результате просо отрицательно реагирует на усвоения нитратов и уменьшается выход зерна, кормовых, энергетических и кормопротеиновых единиц.

На основании проведённого множественного регрессионного анализа данных по других вариантах опыта выявлено, что выпавшие осадки, температура воздуха, суховейные дни, содержания продуктивной влаги, подвижных форм питательных веществ в почве, минеральные удобрения и предшественники не влияют на увеличение продуктивности проса в засушливых условиях вегетационного периода.

Библиографический список

1. Влияние погодных факторов на урожайность проса при возделывании в севооборотах и бессменном посеве на чернозёмах южных Оренбургской области / В.Н. Жижин [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 217-225.
2. Влияние способов основной обработки почвы на условия развития и эффективность возделывания проса / Васильев И.В. [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 57-61.
3. Максютов Н.А., Жданов В.М. Влияние погодных условий, предшественников и фона питания на урожайность проса в степной зоне Южного Урала // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 42-45.
4. Мухитов Л.А., Зоров А.А. Современное состояние и перспективы семеноводства проса посевного в Оренбургской области // Зерновое хозяйство России. 2016. № 2. С. 16-19.
5. Скороходов В.Ю., Зоров А.А., Зенкова Н.А. Продуктивность короткоротационных севооборотов с просом на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (79). С. 82-86.
6. Скороходов В.Ю. Продуктивность проса в монокультуре и севооборотах на двух агрофонах при долголетнем исследовании в регионе с неустойчивым увлажнением // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 70-76.
7. Скороходов В.Ю. Изменение плодородия почвы и продуктивность монокультур при длительном применении удобрений // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 153-161.
8. Choosing of the basic material in the millet breeding based on the recombination ability assessment / R.D. Kamaleev [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 839. P. 52006-52011.
9. Comparative analysis of proso millet (*Panicum miliaceum* L.) leaf transcriptomes for insight into drought tolerance mechanisms / Y. Zhang [et al.] // BMC Plant Biology. 2019. Vol. 19. P. 397-414.

10. Drought-induced transcription of resistant and sensitive common millet varieties / R. Y. Wang [et al.] // The Journal of Animal and Plant Sciences. 2017. Vol. 27. No. 4. P. 1303-1314.

11. Khorami A., Tohidinejad E. Effects of drought stress on yield of three common millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes // Environmental Stresses in Crop Sciences. 2018. Vol. 11. No. 1 (24). P. 11-21.

12. Proso millet (*Panicum miliaceum* L.)-a climate resilient crop for food and nutritional security: A Review / S. Bhat [et al.] // Environment Conservation Journal. 2019. Vol. 20. No. 3. P. 113-124.

Информация об авторах

Митрофанов Дмитрий Владимирович, ведущий научный сотрудник отдела земледелия и ресурсосберегающих технологий, ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (Россия, 460000, г. Оренбург, ул. 9 Января, 29), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-7172-6904, тел. 8-987-855-98-95, e-mail: dvm.80@mail.ru

Ткачёва Татьяна Александровна, доцент кафедры химии, ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет» (Россия, 460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13), кандидат химических наук, тел. 8-922-872-04-24, e-mail: ttkacheva@inbox.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-24

TELECOMMUNICATIONS OF GLOBAL CLIMATE FACTORS WITH THE PRODUCTIVITY OF FIELD CROPS IN THE STEPPE ZONE OF THE ORENBURG REGION

A.A. Neverov

*Federal Scientific Center for Biological Systems and
Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg*

Received 15.12.2022

Submitted 10.02.2023

The research "Telecommunications of global climatic factors with the yield of field crops in the steppe zone of Orenburg region" was carried out in accordance with the research plan for 2021-2030 of the Federal State Budgetary Research Center of the BST RAS on the topic (FNWZ-2022-0014)

Abstract

Introduction. In agricultural regions with unstable and insufficient atmospheric humidification, while plants are exposed to extremely high temperatures, the advance forecast of yield and weather conditions plays a key role in improving the efficiency of crop production and timely management decisions to make adjustments to the technology of growing agriculture. **Object.** The object of the study is: multi-year series of observations of global planetary climatic factors and crop yields of the Orenburg district of the Orenburg region for the period 1979-2022. **Materials and methods.** For statistical analysis, information on climate on a planetary scale was used from the website of the National Climate Data Center of the USA and the All-Russian Research Institute of Hydrometeorological Information – the World Data Center in Obninsk, Russia. The yield of the green mass of corn and sunflower oil seeds was obtained from the statistical bulletins of the Territorial Body of the Federal State Statistics Service for the Orenburg region. To assess the strength of the relationship between the predictors, the Pearson correlation coefficient was used in cross-correlation and graphical analysis tasks in statistics programs: Statistica 6.1. Rus and NCSS and PASS 2000 USA. **Results and conclusions.** For the first time, significant teleconnection links (tele-links) between planetary climatic factors and the yield of corn, sunflower in the steppe zone of Orenburg region with a time delay of 8 months to 10 years before the start of field work were discovered with the help of which it may be possible to make long-term forecasts of the productivity of field crops. The temperature anomalies of the lower troposphere layers in the Northern Hemisphere, the dynamics of the sea ice area, as well as the processes in the Atlantic Main Development Region (MDR) have the greatest impact on the passage of atmospheric processes and the yield of agricultural crops in the Orenburg region.

Key words: *telecommunication, climate factor, yield, forecast, cross correlation, shift.*

Citation. Neverov A. A. Telecommunications of global climatic factors with the yield of field crops in the steppe zone of Orenburg region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 228-238 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-24.

Author's contribution. The author of the article provided was directly involved in the research. The obtained results were subjected to a comprehensive analysis.

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

УДК 631.153:633.15:633.85:57.045

ТЕЛЕСВЯЗИ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ С УРОЖАЙНОСТЬЮ ПОЛЕВЫХ КУЛЬТУР В СТЕПНОЙ ЗОНЕ ОРЕНБУРЖЬЯ

А. А. Неверов, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН
г. Оренбург, Россия

Дата поступления в редакцию 15.12.2022

Дата принятия к печати 10.02.2023

Исследования «Телесвязи глобальных климатических факторов с урожайностью полевых культур в степной зоне Оренбуржья» выполнены в соответствии с планом НИР на 2021-2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН по теме (FNWZ-2022-0014)

Актуальность. В аграрных регионах с неустойчивым и недостаточным атмосферным увлажнением при одновременном воздействии на растения экстремально высоких температур заблаговременность прогноза урожайности и погодных условий играет ключевую роль в повышении эффективности производства продукции растениеводства и своевременном принятии управленческих решений по внесению корректировок в технологию выращивания агрокультуры. **Объект.** Объектом исследования являются: многолетние ряды наблюдений глобальных планетарных климатических факторов и урожайности сельскохозяйственных культур Оренбургского района Оренбургской области за период 1979-2022 гг. **Материалы и методы.** Для статистического анализа использована информация по климату в планетарном масштабе с сайта Национального центра климатических данных США и Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового Центра Данных в г. Обнинске РФ. Урожайность зелёной массы кукурузы и семян подсолнечника получена из статистических бюллетеней Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области. Для оценки силы связи между предикторами использовали коэффициент корреляции Пирсона в задачах кросскорреляционного и графического анализа в программах статистики: Statistica 6.1. Rus и NCSS and PASS 2000 USA. **Результаты и выводы.** Впервые обнаружены существенные телеконнекционные связи (телесвязи) между планетарными климатическими факторами и урожайностью кукурузы, подсолнечника в степной зоне Оренбуржья с временной задержкой от 8-ми месяцев до 10-ти лет до начала проведения полевых работ, с помощью которых может появиться возможность долгосрочного прогнозирования продуктивности полевых культур. Наибольшее влияние на прохождение атмосферных процессов и урожайность сельскохозяйственных культур в Оренбургском регионе оказывают температурные аномалии нижних слоёв тропосферы в Северном полушарии, динамика площади морского льда, а также процессы в регионе развития тропических циклонов Атлантического бассейна (Atlantic Main Development Region - MDR).

Ключевые слова: *телесвязи, климатические факторы, урожайность полевых культур, кросскорреляция.*

Цитирование. Неверов А. А. Телесвязи глобальных климатических факторов с урожайностью полевых культур в степной зоне Оренбуржья. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 228-238. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-24.

Авторский вклад. Автор предоставленной статьи принимал непосредственное участие в проведении исследований. Полученные результаты подвергались всестороннему анализу.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее десятилетие значительно вырос интерес к проблеме изменения климата на нашей планете. Это происходит прежде всего из-за катастрофических последствий климатических перемен: засух, наводнений, оползней, селевых потоков, тающей когда-то вечной мерзлоты, приносящих большие материальные убытки и невосполнимые потери человеческой цивилизации. Для Оренбургской области и сходных по климату регионов глобальное потепление климата особенно актуально. Если на планете за последние 100 лет среднегодовая температура приземного слоя воздуха выросла на 0,75-0,8 °C, то в Оренбуржье за то же время – на 3,9 °C, что превышает общемировые темпы роста более, чем в 4 раза [2].

Негативный результат глобального потепления в Оренбуржье – дефицит атмосферной влаги, который не может быть восполнен за счёт скудных водных ресурсов степной территории. Если до 2008 года начальные запасы продуктивной влаги в почве центральной зоны Оренбуржья находились на уровне 130-150 мм в метровом слое почвы, то в последнее десятилетие они понизились до 80-100 мм. Дневная температура воздуха в июле по норме уже находится на уровне экстремальной для растений – 30 °C и выше, температура августа приблизилась к июльской, чего не отмечалось за всю историю метеонаблюдений. В таких условиях значение долгосрочного прогнозирования метеоусловий и урожайности возрастает многократно.

В условиях континентального климата только заблаговременность прогноза минимально за 2-3 месяца до начала проведения полевых работ позволяет земледельцу своевременно внести корректировки в технологию возделывания сельскохозяйственных культур для минимизации ущерба от недобора урожая и для повышения экономической эффективности производства продукции растениеводства [3, 4].

В настоящее время основными популярными методами прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур являются методы, основанные на статистическом моделировании [6, 8, 9, 13].

В задачах прогнозирования условно можно выделить два этапа. На первом этапе происходят поиск и подбор глобальных климатических факторов, влияющих на процессы изменения погодных условий и урожайности в определённой географической точке планеты с лаговым эффектом запаздывания на несколько месяцев или лет и обладающих достаточно высокой телеконнекционной силой связи с результативным признаком. На втором этапе задача решается путём выбора способа количественного определения регрессионной связи: множественная линейная или нелинейная регрессия, искусственная нейронная сеть (ИНС), машинное обучение и т.д.

На первом этапе исследователи используют различные климатические индексы, аномалии давления и температуры в различных слоях атмосферы, океана и суши, цикличность и периодичность на примере широко распространённого явления Эль-Ниньо и Ла-Ниньо и т.д. [5, 7, 10, 14-18].

Климатическая циркуляция оказывает неоднородное влияние на сухие / влажные условия в разных регионах мира. Во многих исследованиях изучалось влияние ENSO на засухи как на глобальном, так и на региональном уровне [7, 10, 17].

Среди множества типов климатических индексов телесвязи Nino 3.4, Тихоокеанское десятилетнее колебание (PDO), индексы Южного колебания (SOI) и Атлантическое много-декадное колебание (AMO) являются значимыми индикаторами взаимодействия между океаном и атмосферой во всем мире [5, 14, 18]. Поэтому изучение влияния индексов связи на геоклиматические системы в условиях изменения климата имеет решающее значение.

Лаудьен и др. [15] использовали данные о погоде и температуре поверхности моря для разработки статистического внутрисезонного прогноза урожайности кукурузы на суб-национальном уровне для всей Танзании с периодом опережения 6 недель. Швальберт и др. [16] разработали сезонные прогнозы урожайности сои в масштабе муниципалитета в Бразилии с использованием индексов вегетации, данных о температуре и осадках.

Телеконнекции между крупномасштабными климатическими факторами и условиями выпадения осадков в Австралии являются одними из самых сильных в мире. Предыдущие исследования показали, что экстремальные гидроклиматические явления в Австралии за последние два десятилетия в значительной степени были результатом аномалий этих климатических факторов и их взаимодействий [11]. Например, «засуха тысячелетия» 2002-2009 годов была вызвана сочетанием долгосрочной тенденции к росту SAM и длительного отсутствия отрицательной фазы IOD. Засуха 2015 года была вызвана сильным явлением Эль-Ниньо, но была дополнительно усилена изменчивостью SAM и IOD [12]. Таким образом, многие исследования были сосредоточены на эмпирических взаимосвязях между осадками и крупномасштабными климатическими факторами, чтобы обеспечить своевременные и надежные климатические прогнозы и смягчить последствия засухи.

Наша работа нацелена на поиск существенных телесвязей между средней урожайностью сельскохозяйственных культур административного района степной зоны Оренбуржья и глобальными климатическими факторами Земной системы с учётом запаздывания последствий этих факторов во времени. Выявление таких связей позволит определить потенциальные предикторы для решения задачи долгосрочного прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур региона.

Материалы и методы. Для статистического анализа использована информация по климату в планетарном масштабе с сайта Национального центра климатических данных США [1] и Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации – Мирового Центра Данных в г. Обнинске РФ за период (1979-2022 гг.):

- аномалии температуры воздуха нижней тропосферы в Северном (НТСП) и Южном полушариях (НТЮП) над сушей (Суша) и океаном (Ок), Арктического региона (НТ Арк Рег), Океании (Океания), °С. Океания – собирательное название обширного скопления островов и атоллов в центральной и западной частях Тихого океана. Границы Океании условны. Западной границей принято считать остров Новая Гвинея, восточной – остров Пасхи;

- аномалии температуры приповерхностного слоя воздуха над океанами и сушей Северного (СП) и Южного полушарий (ЮП), °С;

- аномалии температуры основного региона развития тропических циклонов Атлантического бассейна (Atlantic Main Development Region – MDR), расположенного между 10-20° северной широты и 20-85° западной долготы, °С;

- аномалии площади морского льда в Северном (Лёд СП) и Южном полушариях (Лёд ЮП), млн км²;

- индексы североатлантического колебания – North Atlantic Oscillation (NAO). Индекс NAO является суммарным измерением состояния циркуляции в средних широтах Северной Атлантики. NAO отражает колебание атмосферной массы между севером

и югом Северной Атлантики с центрами в районе Исландии (минимум) и в районе Азорских островов (максимум). NAO – естественный феномен перераспределения атмосферных масс между Арктикой и субтропической Атлантикой. Это ключевой фактор зимней погоды в Северном полушарии: положительная фаза колебания приносит в Европу мягкие и влажные зимы, а отрицательная – снежные и холодные;

– индекс Южного колебания (The Southern Oscillation Index – SOI) – это временной ряд, используемый для характеристики крупномасштабных моделей давления на уровне моря (SLP) в тропической части Тихого океана. Индекс SOI представляет стандартизированную разность нормализованных среднемесячных аномалий давления на станциях Таити и Дарвин, в котором отражается сущность явления Эль-Ниньо – Южное колебание (ENSO), отражает межгодовую климатическую изменчивость в системе «океан – атмосфера», наблюдается регулярно, каждые 2-7 лет.

Урожайность зелёной массы кукурузы и семян подсолнечника за тот же период получена из статистических бюллетеней Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Оренбургской области.

Для оценки силы связи между урожайностью и климатическими факторами использовали коэффициент корреляции Пирсона в задачах кросскорреляционного и графического анализов в программах статистики: Statistica 6.1. Rus и NCSS and PASS 2000 USA. С помощью кросскорреляционного анализа оценивали силу асинхронной связи между временными рядами методом фазового сдвига одного временного ряда относительно другого. В данном случае климатические ряды сдвигались вперёд относительно ряда урожайности с шагом (лагом) от одного года до 15 лет.

Результаты и обсуждение. Для выявления телеконнекционных связей (телесвязей) проведён кросскорреляционный анализ между 17 планетарными климатическими факторами и урожайностью кукурузы и подсолнечника в Оренбургском районе Оренбургской области (таблицы 1-2).

В таблице 1 показаны значимые коэффициенты корреляции (R) от 0,36 до 0,70 телесвязи урожайности кукурузы с некоторыми климатическими факторами. Из 17-ти факторов существенное влияние на продуктивность растений оказали 10 факторов. В наибольшей степени – аномалии температуры нижней тропосферы Северного полушария в ноябре и декабре года, предшествующего урожаю, $R = -0,70$ и $-0,65$ (рисунок 1).

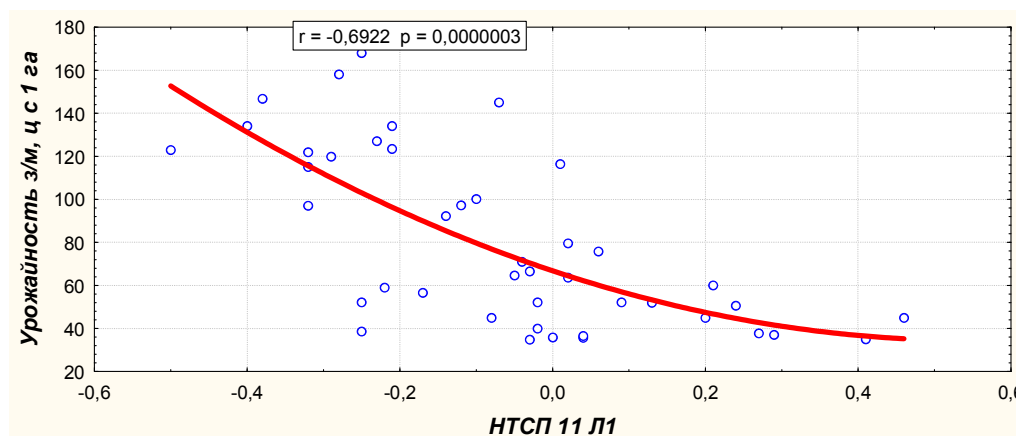


Рисунок 1 – Влияние аномалии температуры воздуха нижней тропосферы Северного полушария в ноябре на урожайность кукурузы со сдвигом вперёд на 1 год (Л1)

Figure 1 – The effect of the anomaly of the air temperature of the lower troposphere of the Northern hemisphere in November on the yield of corn with a forward shift of 1 year (L1)

Таблица 1 – Результаты кросс-корреляционного анализа связи урожайности кукурузы с глобальными климатическими факторами

Table 1 – Results of cross-correlation analysis of the relationship of corn yield with global climatic factors

Фактор климата	Порядковый номер ме-сяца	Сдвиг, лет (Л)	Коэффициент корреляции (R)	Фактор климата	Порядковый номер ме-сяца	Сдвиг, лет (Л)	Коэффициент корреляции (R)
НТСП	9	1	-0,58	Лёд СП	7	3	0,52
	10	1	-0,61		8	3	0,56
	11	1	-0,70		9	3	0,48
	12	1	-0,65		10	3	0,50
	1	0	-0,57		1	0	0,57
	2	0	-0,61		2	0	0,56
	3	0	-0,56		3	0	0,56
НТСП Ок	9	1	-0,63	Лёд ЮП	4	6	-0,40
	10	1	-0,61		5	6	-0,47
	11	1	-0,68		6	6	-0,39
	12	1	-0,65	НТ Арк Рег	4	2	-0,55
	1	0	-0,50		3	1	-0,56
	2	0	-0,58		8	1	-0,50
	3	0	-0,56		6	1	-0,58
MDR	9	1	-0,54	Суша ЮП	7	1	-0,68
	10	1	-0,60		8	1	-0,53
	11	1	-0,58		10	1	-0,50
	12	1	-0,52		11	1	-0,56
	1	0	-0,55		12	1	-0,51
	2	0	-0,47		1	0	-0,49
	3	0	-0,33		7	1	-0,52
Ок СП	8	1	-0,65	Океания	9	3	-0,36
	9	1	-0,62		10	3	-0,39
	10	1	-0,63		1	1	-0,40
	11	1	-0,63		1	3	-0,37
	12	1	-0,63	Ок ЮП	5	1	-0,62
	1	0	-0,67		6	1	-0,61
	2	0	-0,67		7	1	-0,64
	3	0	-0,62		8	1	-0,62
	4	0	-0,63		9	1	-0,53

Влияние состояния тропосферы в Северном полушарии над океаном и сушей, а также температуры приповерхностного слоя воздуха над океаном на продуктивность кукурузы весьма существенно ($R > 0,6$). Оно не ослабевает продолжительное время: по времени от сентября года, предшествующего урожаю до марта и апреля. Если учесть, что полевые работы в центральной степной зоне Оренбуржья начинаются, как правило, в 3-й декаде апреля – в начале мая, то заблаговременность прогноза может достигать 8-ми месяцев, а до уборки урожая почти один год.

Связь температуры тропосферы с урожайностью отрицательная: чем выше температура, тем ниже продуктивность растений. К сожалению, данная тенденция прогрессирует, что приводит к повышению температуры воздуха, дефициту доступной влаги растениям и соответственно снижению урожая.

Аналогичная тенденция наблюдается между температурой приповерхностного слоя воздуха над океанами Северного полушария и урожайностью кукурузы (рисунок 2).

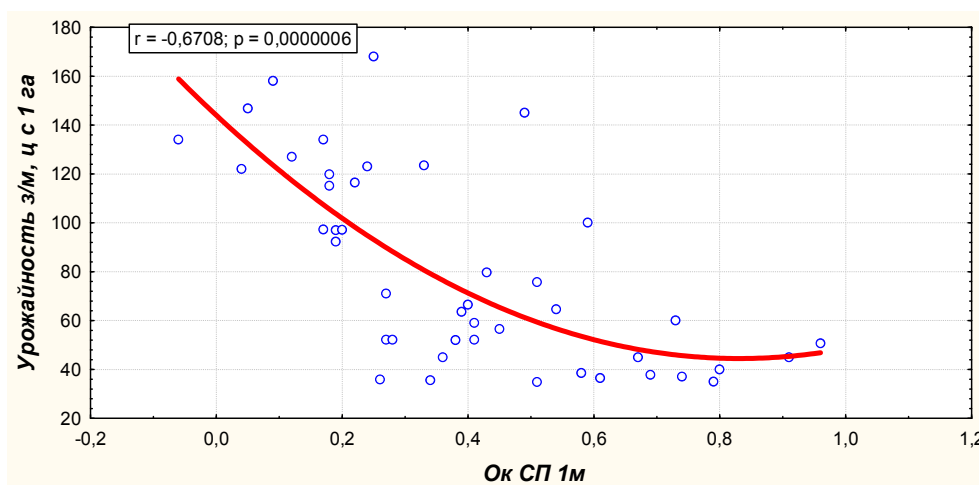


Рисунок 2 – Влияние аномалии температуры воздуха в январе приповерхностного слоя воздуха над океанами Северного полушария на урожайность кукурузы

Figure 2 – The effect of the air temperature anomaly in January of the near-surface layer of air over the oceans of the Northern hemisphere on corn yield

Оказывают воздействие на урожай кукурузы процессы, происходящие в основном регионе развития тропических циклонов Атлантического бассейна (Atlantic Main Development Region – MDR), расположенного между 10-20° северной широты и 20-85° западной долготы, °С.

В данном регионе температурные аномалии в Атлантике имеют отклик на погоду и продуктивность растений в Оренбуржье ещё на месяц раньше в сравнении с температурой нижней тропосферы Северного полушария, что увеличивает заблаговременность прогноза на то же время.

Из всех факторов обнаружена положительная связь урожая кукурузы только с площадью морского льда Северного полушария. Рост площади морского льда возможен только при похолодании в Северном полушарии. Однако наблюдается рост температуры, в результате площадь морского льда сокращается.

Динамика площади морского льда в Океане имеет большую инертность, поэтому заблаговременность прогноза значительно возрастает до 3-4 лет при условии использования данного фактора в качестве предиктора в регрессии.

Хорошие корреляционные связи с урожаем кукурузы обнаружены не только в Северном, но и в Южном полушарии. Например, связь с аномалией температуры приповерхностного слоя атмосферы над Южным океаном (Ок ЮП) достигает R-0,61-0,64 с мая (5) по август (8) года, предшествующего урожая. Заблаговременность прогноза возможна от 8-ми до 12 месяцев до начала проведения полевых работ.

Аномалия температуры воздуха над Океанией в Тихом океане в средней степени связана с урожаем кукурузы в Оренбуржье (R = -0,36- 0,40). Однако заблаговременность прогноза может достигать 3-4 лет, т.е. процессы трансформации энергии над Океанией находят отклик в Евро-Азии спустя несколько лет.

Иначе выглядит телесвязь климатических планетарных факторов с урожайностью семян подсолнечника в Оренбуржье (таблица 2).

Изменения климата, вызванные, прежде всего потеплением океанов и таянием ледников, в последние два десятилетия положительно отразились на продуктивности подсолнечника. Существенные корреляционные связи (R = 0,35-0,64) обнаружены с 13-ю глобальными климатическими факторами.

Таблица 2 – Результаты кросскорреляционного анализа связи урожайности
подсолнечника с глобальными климатическими факторами

Table 2 – Results of cross-correlation analysis of sunflower yield relationship with global climatic factors

Фактор климата	Порядковый номер месяца	Сдвиг, лет (Л)	Коэффициент корреляции (R)	Фактор климата	Порядковый номер месяца	Сдвиг, лет (Л)	Коэффициент корреляции (R)
НТСП	8	2	0,48	Лёд СП	1	2	-0,62
	9	2	0,50		2	2	-0,61
	10	2	0,55		3	2	-0,61
	11	2	0,38		4	2	-0,55
	12	2	0,38		7	2	-0,59
	2	3	0,47		8	2	-0,58
	3	3	0,54		9	1	-0,60
НТСП ОК	6	2	0,46	Лёд ЮП	9	9	0,43
	7	2	0,45		10	9	0,44
	8	2	0,50		11	9	0,34
	9	2	0,45	НТ Арк Рег	5	3	0,49
	10	2	0,52		6	1	0,58
	11	2	0,33		7	1	0,37
	12	3	0,41		1	2	0,52
MDR	8	2	0,53	Суша ЮП	7	2	0,53
	9	2	0,57		8	2	0,41
	10	2	0,59		9	2	0,49
	11	2	0,55		10	2	0,55
	12	2	0,48		11	2	0,44
	1	9	0,42		12	0	0,59
	2	9	0,64		10	2	0,52
Ок СП	1	2	0,50	Океания	11	3	0,38
	2	2	0,50		2	4	0,40
	3	2	0,51		3	0	0,48
	4	2	0,51		1	2	0,55
	5	2	0,54	Ок ЮП	2	2	0,59
	6	2	0,51		3	2	0,54
	7	2	0,55		4	2	0,58
	8	2	0,53		5	2	0,56
	9	2	0,53		6	2	0,52
	10	2	0,44		7	2	0,51
	11	2	0,43		8	2	0,52
	12	2	0,53		9	2	0,53
SOI	1	8	0,37	SOI	10	9	0,35
	2	8	0,36		11	9	0,41
	3	8	0,37		12	9	0,49
	4	8	0,44	NAO	3	6	-0,33
	8	8	0,38		8	5	-0,46
NAO	10	10	-0,34		-	-	-

В сравнении с кукурузой влияние глобальных факторов климата на подсолнечник менее значительно и характер этих связей иной.

Потепление климата позволило внедрить в Оренбургской области более позднеспелые и урожайные гибриды подсолнечника. В отличие от кукурузы телесвязь урожайности подсолнечника с планетарными климатическими факторами, обусловленная температурой воздуха, положительная (рисунок 3) и, наоборот, с площадью морского льда – отрицательная (рисунок 4).

Фазовый сдвиг временного ряда климатических факторов относительно урожайности подсолнечника варьирует от 2 до 10 лет, что является положительным моментом для долгосрочного прогнозирования результативного параметра на тот же интервал времени.

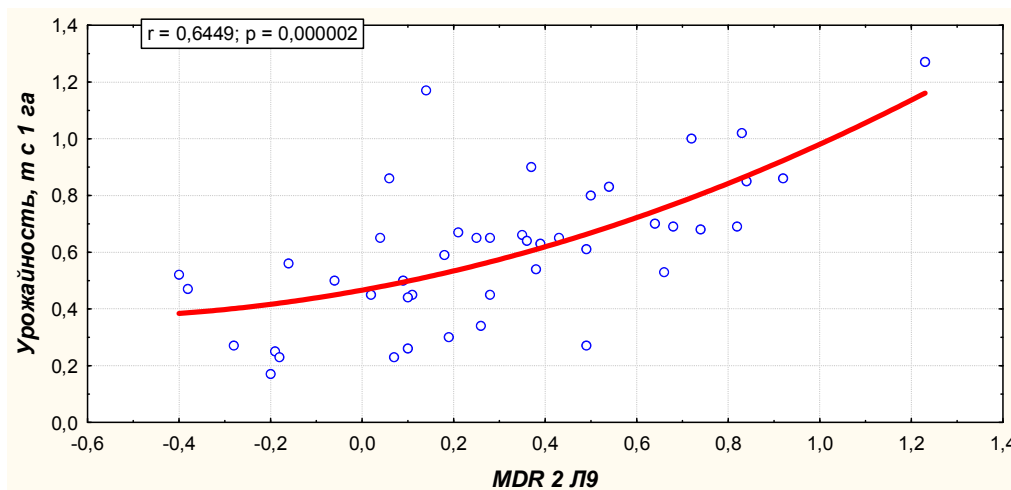


Рисунок 3 – Влияние аномалии температуры февраля (2) в Южной Атлантике (MDR) на урожайность подсолнечника со сдвигом вперед на 9 лет (Л9)

Figure 3 – The effect of the February temperature anomaly (2) in the South Atlantic (MDR) on sunflower yield with a forward shift of 9 years (L9)

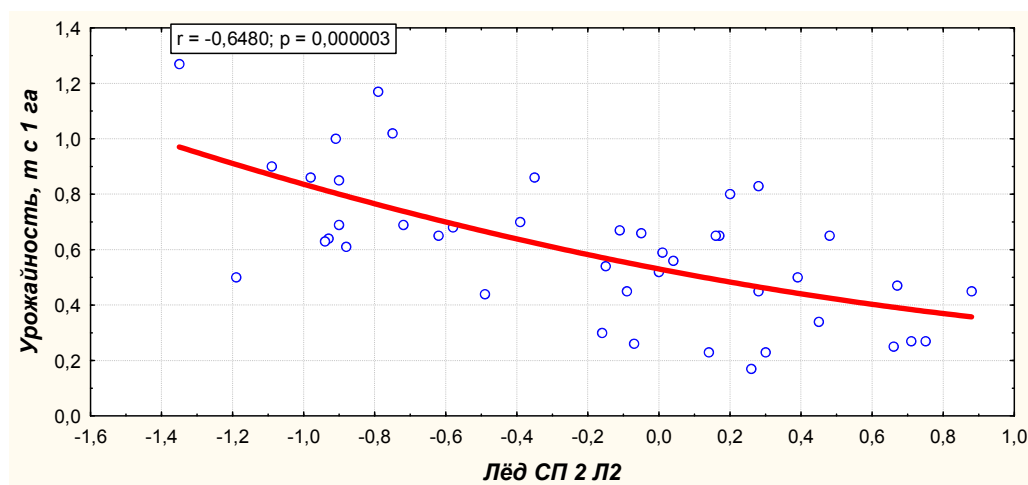


Рисунок 4 – Телесвязь аномалии площади морского льда (Лёд) Северного полушария (СП) в феврале (2) и урожайности подсолнечника со сдвигом вперед на 2 года (Л2)

Figure 4 – Telecommunication anomalies of the sea ice area (Ice) Northern Hemisphere (SP) in February (2) and sunflower yields with a forward shift of 2 years (L2)

В отличие от кукурузы появились новые факторы SOI и NAO, существенное влияние которых в Оренбуржье проявляется через длительное время от 5 до 10 лет.

Индекс SOI представляет стандартизированную разность нормализованных среднемесячных аномалий давления на станциях Таити и Дарвин, в котором отражается сущность явления Эль-Ниньо – Южное колебание (ENSO), отражает межгодовую климатическую изменчивость в системе «океан – атмосфера», наблюдается регулярно, каждые 2-7 лет.

При анализе телесвязей продуктивности сельскохозяйственных культур с глобальными климатическими факторами учёт лагового сдвига очень важен, поскольку многие климатические процессы обладают большой инерцией и не могут мгновенно осуществлять трансформацию своей энергии в отдалённые географические точки Земли. Такое запаздывание на месяцы или годы позволяет осуществлять прогноз с высокой заблаговременностью для своевременного принятия управленческих решений по минимизации ущерба в растениеводстве от неблагоприятных условий.

Выводы. Для успешного долгосрочного прогнозирования продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо наличие одного условия: события в прошлом должны влиять на результативный признак в будущем. Наши исследования показали наличие существенных телеконнекционных связей (телесвязей) между планетарными климатическими факторами и урожайностью кукурузы, подсолнечника в степной зоне Оренбуржья с временной задержкой от 8-ми месяцев до 10-ти лет до начала проведения полевых работ. Обнаружены достоверные телесвязи, с помощью которых может появиться возможность долгосрочного прогнозирования продуктивности полевых культур. Связь между факторами (R) варьирует в интервале 0,35-0,70. Наибольшее влияние на прохождение атмосферных процессов и урожайность сельскохозяйственных культур в Оренбургском регионе оказывают температурные аномалии нижних слоёв тропосферы в Северном полушарии, динамика площади морского льда, а также процессы в регионе развития тропических циклонов Атлантического бассейна (Atlantic Main Development Region – MDR).

Библиографический список

1. Национальный центр климатических данных США. <https://www.ncdc.noaa.gov/cag/global/time-series/nhem/ocean/1/9/1880-2018>. <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/products//>
2. Неверов А. А. Влияние глобальных изменений в климатической системе планеты на погодно-климатические условия Оренбуржья и продуктивность растений // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 19-25.
3. Неверов А. А. Прогноз урожайности сельхозкультур для центральной зоны Оренбургской области альтернативными методами на 2020 год // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 14-18.
4. Неверов А. А. Прогноз урожайности полевых культур и погодных условий вегетационного периода для степного Оренбуржья в 2021 году // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (90). С. 9-14.
5. Dutta Riya, Rajib Maity Temporal evolution of hydroclimatic teleconnection and a time-varying model for long-lead prediction of Indian summer monsoon rainfall // Scientific reports. 2018. No 8.1. P. 1-10.
6. Estimating the potential yield and ETc of winter wheat across Huang-Huai-Hai Plain in the future with the modified DSSAT model / Tang Xiaopei [et al.] // Scientific Reports. 2018. No 8.1. P. 1-12.
7. Evolutionary drought patterns over the Sahel and their teleconnections with low frequency climate oscillations / Ch. E. Ndehedehe [et al.] // Atmospheric Research. 2020. No 233. 104700.
8. Exploring the superiority of solar-induced chlorophyll fluorescence data in predicting wheat yield using machine learning and deep learning methods / Liu Yuanyuan [et al.] // Computers and Electronics in Agriculture. 2022. No 192. 106612.
9. Jordane M. A., Aires F. Assessment of the agro-climatic indices to improve crop yield forecasting // Agricultural and forest meteorology. 2018. No 253. P. 15-30.
10. Modelling the impacts of global multi-scale climatic drivers on hydro-climatic extremes (1901–2014) over the Congo basin / Ch. E. Ndehedehe [et al.] // Science of The Total Environment. 2019. No 651. P. 1569-1587.

11. Multi-climate mode interactions drive hydrological and vegetation responses to hydroclimatic extremes in Australia / Xie Zunyi [et al.] // Remote sensing of Environment. 2019. No 231. 111270.
12. Power S. B., François P. D. El Niño-Southern Oscillation and associated climatic conditions around the world during the latter half of the twenty-first century // Journal of Climate. 2018. No 31.15. P. 6189-6207.
13. Quantifying extreme climatic conditions for maize production using RZWQM in Siping, Northeast China / Liu Haijun [et al.] // International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 2019. No 12.2. P. 111-122.
14. Quantifying the impacts of ENSO and IOD on rain gauge and remotely sensed precipitation products over Australia / Forootan Ehsan [et al.] // Remote sensing of Environment. 2016. No 172. P. 50-66.
15. Robustly forecasting maize yields in Tanzania based on climatic predictors / Laudien Rachel [et al.] // Scientific reports. 2020. No 10.1. P. 1-12.
16. Satellite-based soybean yield forecast: Integrating machine learning and weather data for improving crop yield prediction in southern Brazil / A. Schwalbert Raí [et al.] // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. No 284. 107886.
17. Teleconnections between ENSO and rainfall and drought in Puerto Rico / Torres Valcárcel, R. Angel // International Journal of Climatology. 2018. No 38. e1190-e1204.
18. Xiao Mingzhong, Qiang Zhang, Vijay P. Singh Influences of ENSO, NAO, IOD and PDO on seasonal precipitation regimes in the Yangtze River basin, China // International Journal of Climatology. 2015. No 35.12. P. 3556-3567.

Информация об авторах

Неверов Александр Алексеевич, ведущий научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID - 0000-0001-5467-2476, тел.: 8-922-621-72-36, e-mail: nevaalex2008@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-25

INNOVATION FUNGICIDES FOR WHITE LUPIN CROPS' PROTECTION AGAINST FUNGI DISEASES' COMPLEX

**L. I. Pimokhova, G. L. Yagovenko, N. V. Misnikova,
Zh. V. Tsarapneva, N. I. Kharaborkina**

The All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, p/o Mitchurinsky, Bryansk region, Russia

Received 10.01.2023

Submitted 17.02.2023

The studies were carried out within the framework of the Program for Fundamental Research of the Russian Academy of Sciences (AAAA-A19-119122490145-3) of the Ministry of Science and high Education on the topic "To develop the adaptive, resource saving, ecological friendly and economical effective technologies for cultivation of fodder crops based on the rational use of ways for complex management of production process, environment improving potential of agro-systems and protected chemicals of new generation to increase production and quality of forage and seeds"

Abstract

Introduction. The white lupin (*Lupinus albus* L.) takes the leading position of supply the animal husbandry of Russia with plant high protein feeds. The protein content in seeds and green mass of the modern lupin varieties makes 37 - 42% and 18 - 22% respectively. Herewith the potential white lupin yield is twice lower at its cultivation in commercial crops. При этом потенциальная урожайность люпина белого более, чем в два раза ниже при его возделывании в производственных условиях. The fungal diseases - anthracnose (*Colletotrichum lupini* var. *Lupini*), *Fusarium* plant wilt (*Fusarium oxysporum* Schl), white (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.) and gray (*Botrytis cinerea* Per.) rot – are one of the main reasons for this. Modern fungicides with high protective and curative characters against diseases complex are necessary to decrease seed yield losses. **An object.** The objects of research are

seedlings and crops of white lupin variety Michurinsky. **Materials and methods.** The studies were conducted in the laboratory and at field experimental site of the All-Russian Research Institute of Lupin – branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology in 201-2021. The protective and curative fungicides' action was estimated on the seedlings grown in paper-polyethylene rolls. The field experiment and estimation of fungicides effectiveness against diseases have been done according to the "Method guidance for registration fungicides tests in agriculture". **Results and conclusion.** The high effectiveness (95%) of the fungicides Abacus Ultra (2.0 l/ha) and Optimo (1.5 l/ha) against anthracnose has been revealed. It's by 3% higher compared to the reference fungicide Kolossal Pro. Plant infection by *Fusarium* decreased from 23.0% in the standard variant to 11.9 and 10.4%. To the bright pod stage the number of infected pods made 4.6 and 4.3% compared to the 62.0% in the standard variant. Pods' infestation with gray and white rot decreased in 6.0 and 2.2 times respectively. Significant true ($HCP_{05} = 0.24$) seed yield rise made 1.69 and 2.06 t/ha, cost recovery made 5.56 and 4.32 rubles for each invested ruble.

Key words: white lupin, fungi diseases, effective fungicides, seed yield.

Citation. Pimokhova L. I., Yagovenko G. L., Misnikova N. V., Tsarapneva Zh. V., Kharaborkina N. I. Innovation fungicides for white lupin crops' protection against fungi diseases' complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 238-248 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-25.

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

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

УДК 633.367:632.4:632.934

ИННОВАЦИОННЫЕ ФУНГИЦИДЫ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПОСЕВОВ ЛЮПИНА БЕЛОГО ОТ КОМПЛЕКСА ГРИБНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Л. И. Пимохова, кандидат сельскохозяйственных наук

Г. Л. Яговенко, доктор сельскохозяйственных наук

Н. В. Мисникова, кандидат сельскохозяйственных наук

Ж. В. Царапнева, старший научный сотрудник

Н. И. Хараборкина, научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ
«ВИК им. В.Р. Вильямса», п. Мичуринский, Брянская область

Дата поступления в редакцию 10.01.2023

Дата принятия к печати 17.02.2023

Исследования проведены в рамках Программы фундаментальных научных исследований РАН (АААА-А19-119122490145-3) Миннауки и высшего образования РФ по теме «Разработать адаптивные ресурсосберегающие, экологически безопасные и экономически эффективные технологии возделывания кормовых культур на основе рационального использования способов комплексного управления производственным процессом, средоулучшающего потенциала агроэкосистем и защитных средств нового поколения, обеспечивающих повышение производства и качества кормов и семян».

Актуальность. Люпин белый (*Lupinus albus* L.) занимает ведущее место в обеспечении животноводства России растительными кормами с высоким содержанием белка. Содержание сырого протеина в семенах и в зеленой массе современных сортов люпина составляет 37-42 % и 18-22 %, соответственно. При этом потенциальная урожайность люпина белого более чем в два раза ниже при его возделывании в производственных условиях. Одной из причин этого являются грибные болезни – антракноз (*Colletotrichum lupini* var. *Lupini*), фузариозное увядание растений (*Fusarium oxysporum* Schl), белая (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib.) и серая (*Botrytis cinerea* Per.) гнили. Для снижения потерь урожая семян необходимы современные фунгициды, обладающие высокими защитными и лечебными свойствами против комплекса заболеваний. **Объект.** Объектом ис-

следований являются проростки и посевы люпина белого сорт Мичуринский. **Материалы и методы.** Исследования выполнялись в 2019-2021 гг. в лабораторных и полевых условиях ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». Защитное и лечебное действие фунгицидов определяли на проростках, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах. Проведение полевого опыта и эффективность фунгицидов против болезней определяли по методике, изложенной в «Методических рекомендациях по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве». **Результаты и выводы.** В лабораторных и полевых условиях выявлена высокая эффективность (95 %) фунгицидов Абакус Ультра (2,0 л/га) и Оптим (1,5 л/га) против антракноза. Это на 3,0 % больше, чем эффективность эталонного фунгицида Колосаль Про. Поражение растений фузариозом снизилось с 23,0 % в контроле до 11,9 и 10,4 %. К фазе блестящего боба количество пораженных бобов составляло 4,6 и 4,3%, при 62,0 % в контроле. Распространение на бобах серой и белой гнили сократилось соответственно в 6,0 и 2,2 раза. Достоверная ($HCp_{05} = 0,24$) прибавка урожая семян составила 1,69 и 2,06 т/га, окупаемость затрат – 5,56 и 4,32 рубля на каждый дополнительно вложенный рубль.

Ключевые слова: люпин белый, грибные болезни, эффективные фунгициды, урожайность семян люпина.

Цитирование. Пимохова Л. И., Яговенко Г. Л., Мисникова Н. В., Царапнева Ж. В., Хараборкина Н. И. Инновационные фунгициды для защиты посевов люпина белого от комплекса грибных заболеваний. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 238-248. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-25.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современное промышленное животноводство РФ испытывает недостаток в растительных кормах и концентратах с высоким содержанием протеина. В этом аспекте определённый интерес представляет люпин белый (*Lupinus albus* L.), современные сорта которого обладают высоким потенциалом семенной продуктивности – от 3 до 5 т/га, зеленой массы – от 70 до 100 т/га. В его семенах содержится 37-42 % белка и 8-12 % жира, 9,5-10,5 % клетчатки. По содержанию алкалоидов современные сорта относятся к группе малоалкалоидных. В отличие от сои семена люпина белого почти не содержат ингибиторов трипсина, что позволяет использовать его на корм животным без термической обработки [4, 5, 9]. Внедрение в производство новых сортов селекции ВНИИ люпина позволило увеличить посевную площадь в России под эту культуру на зерно с 14,5 до 122,5 тыс. га по сравнению с 2011 годом. Большая часть посевных площадей (97,4 тыс. га) находится в Центральном Федеральном округе РФ (Орловской, Курской, Тульской, Брянской, Липецкой областях) [4]. Высокий агробиологический потенциал этой культуры до настоящего времени полностью не используется. Одной из причин является поражение болезнями. Наиболее распространенными и вредоносными являются антракноз, фузариоз, серая и белая гниль. Степень их вредоносности меняется по годам в зависимости от климатических условий [10, 12, 14]. В течение последних двух десятилетий самым вредоносным заболеванием люпина в нашей стране и за рубежом остается антракноз (*Colletotrichum lupini* Bon.) [8, 12, 14]. Развитию болезни благоприятствуют теплые и влажные условия вегетации, когда гидротермический коэффициент (ГТК) поднимается до 1,6-3,0 единиц. В благоприятные для развития антракноза годы болезнь приводит к значительному снижению урожая или его полной потере. Рекомендованные производству сорта люпина белого Дега, Мичуринский и Алы парус не являются абсолютно устойчивыми к антракнозу. Для ежегодного получения стабильных и высоких урожаев зерна необходимы высокоэффективные химические средства защиты посевов от антракноза и других заболеваний [5, 8, 12].

В настоящее время для обработки посевов люпина белого в РФ разрешено ограниченное количество фунгицидов, которые имеют низкую эффективность против возбудителя антракноза и многих других возбудителей заболеваний [8, 11, 12]. В связи с этим целью данных исследований стало изучение эффективности фунгицидов нового поколения против антракноза и других опасных болезней для защиты посевов люпина белого.

Материалы и методы. Исследования выполнялись в 2019-2021 гг. в лабораторных и полевых условиях ВНИИ люпина. Объект исследований – проростки и посевы люпина белого сорт Мичуринский. В лабораторных условиях эффективность фунгицидов против антракноза Абакус Ультра (пираклостробин – 62,5 + эпоксиконазол- 62,5 г/л) и Оптимом КС (пираклостробин – 200 г/л) изучали при нормах 1,25; 1,5; 2,0 л/т и 0,5; 1,0; 1,5 л/га соответственно. Эталон служил зарегистрированный в РФ на люпине фунгицид Колосаль Про при норме расхода 0,4 л/га. Защитное и лечебное действие фунгицидов определяли на проростках, выращенных в бумажно-полиэтиленовых рулонах. Объем выборки проростков 180 штук: 6 рулонов по 30 проростков в варианте [9, 10]. Закладку, проведение полевого опыта и статистическую обработку полученных данных проводили по методике Б. А. Доспехова [1]. Площадь делянки – 32 м², повторность – 4-х кратная. Норма высева – 1 млн всхожих семян/га. Почва участка – серая лесная, содержание гумуса – 2,6 %, рН почвенного раствора 5,0. Эффективность фунгицидов против болезней и токсическое их действие на растения определяли по методике, изложенной в «Методических рекомендациях по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве» [6].

Результаты и обсуждение. В результате проведенных лабораторных исследований установлено, что фунгициды Абакус Ультра и Оптимом обладают высокими защитными и лечебными свойствами против возбудителя антракноза. В зависимости от норм эффективность лечебных свойств составила 70,8-94,2 %, защитных – 75,3-98,4 % (таблица 1). Наибольшую эффективность против антракноза показали максимально взятые нормы расхода фунгицидов. Эффективность защитного действия против возбудителя антракноза препарата Абакус ультра при норме расхода 2,0 л/га составила 98,4 % и лечебного – 94,2 %. Эффективность защитных и лечебных свойств Оптимом при норме расхода 1,5 л/га против антракноза составила соответственно 96,7 и 94,1 %.

Таблица 1 – Токсичность и эффективность фунгицидов против антракноза на проростках люпина белого в лабораторных условиях

Table 1 – Fungicides toxicity and effectiveness against anthracnose for white lupin seedlings under laboratory conditions

Вариант	Норма, л/га	Действие			
		защитное		лечебное	
		длина гипокотилля, мм	эффективность, %	длина гипокотилля, мм	эффективность, %
Контроль	–	45,3	-	42,1	-
Колосаль Про эталон	0,4	28,6	98,3	27,5	96,1
Абакус ультра, кэ	1,25	32,8	81,3	25,9	75,3
Абакус ультра, кэ	1,50	36,2	92,7	28,7	87,2
Абакус ультра, кэ	2,00	37,5	98,4	30,3	94,2
НСР ₀₅	-	0,71	-	0,65	-
Контроль	-	43,2	-	40,6	-
Колосаль Про эталон	0,4	29,1	97,3	26,1	95,7
Оптимом, кс	0,5	46,1	75,3	45,3	70,8
Оптимом, кс	1,0	47,3	89,6	46,6	83,6
Оптимом, кс	1,5	48,7	96,7	47,8	94,1
НСР ₀₅	–	0,55	-	0,57	-

Наибольшую эффективность против антракноза показали максимально взятые нормы расхода фунгицидов. Эффективность защитного действия против возбудителя антракноза препарата Абакус Ультра при норме расхода 2,0 л/га составила 98,4 % и лечебного – 94,2 %. Эффективность защитных и лечебных свойств Оптимом против антракноза при норме расхода 1,5 л/га составила соответственно 96,7 и 94,1 %.

На рост проростков люпина белого изучаемые фунгициды оказывали различное влияние. Так, Оптимом оказывает стимулирующее действие на рост проростков. По сравнению с контролем наибольшее увеличение длины hypocotyle проростков наблюдалось в варианте с максимально взятой нормой (1,5 л/га). Она достоверно ($НСР_{05} = 0,55$; $НСР_{05} = 0,57$) увеличила длину hypocotyle проростков при защитном и лечебном действии на 5,5 и 7,2 мм (рисунок 1).



Рисунок 1 – Длина hypocotyle и корней проростков люпина белого при лечебном действии фунгицида Оптимом против антракноза: 1 – контроль (без обработки фунгицидом); 3, 4 и 5 – нормы расхода фунгицида Оптимом – 0,5; 1,0 и 1,5 л/га

Figure 1 – The hypocotyl and root length of white lupin seedlings under curative action of the fungicide Optimo against anthracnose: 1 – the standard (fungicides free); 3, 4, 5 – the used doses of the fungicide Optimo – 0.5; 1.0 and 1.5 l/ha

Фунгицид Абакус Ультра ингибирует рост проростков. При этом с увеличением нормы фунгицида его ингибирующее действие на проростки достоверно ($НСР_{05} = 0,65$; $НСР_{05} = 0,71$) уменьшалось. Поэтому наибольшая длина hypocotyle проростков была меньше, чем в контроле соответственно на 11,8 (лечебное действие) и на 7,8 мм (защитное действие) в варианте с максимально взятой нормой фунгицида (2 л/га). Ингибирующее действие препарата на проростки люпина оказывает содержащееся в его составе действующее вещество тебуконазол. При этом Абакус Ультра не обжигал проростки, на вид они выглядели здоровыми с темно-зеленой окраской семядольных и настоящих листьев. Эталонный фунгицид Колосаль Про при норме применения 0,4 л/га оказывал на проростки наибольшее ингибирующее действие. В этом варианте длина hypocotyle по сравнению с контролем уменьшилась на 14,1-16,7 мм (рисунок 2).



Рисунок 2 – Длина гипокотыля и корней проростков люпина белого при лечебном действии против антракноза эталонного фунгицида Колосаль Про: 1 – контроль (без обработки фунгицидом); 2 – норма расхода Колосаль Про – 0,4 л/га

Figure 2 – The hypocotyl and root length of white lupin seedlings under curative action of the reference fungicide Kolosal Pro against anthracnose: 1 – the standard (fungicides free); 2 – the used dose of the Kolosal Pro – 0.4 l/ha

Полученные лабораторные результаты показывают, что наиболее приемлемой нормой расхода, обладающей высокой эффективностью против антракноза, для фунгицида Абакус Ультра является 2,0 л/га и для Оптимом – 1,5 л/га.

Погодные условия 2019-2021 гг. во время проведения полевых испытаний фунгицидов были благоприятными для развития и распространения многих болезней в посевах люпина, в том числе и возбудителя антракноза, что позволило оценить препараты по их активности против комплекса болезней. Метеорологические условия вегетации люпина в большей степени различались по сумме осадков. Наибольшим количеством осадков отличалась первая половина вегетации (май – июнь). Так, в мае и июне 2020 и 2021 годов выпало осадков соответственно в 1,6-1,7 и 4,7-3,2 раза больше, чем в 2019 г. (таблица 2). При этом температура воздуха в мае 2020 и 2021 годов была ниже на 3,8 и 1,6 °С, чем в 2019 году. Наибольшей температурой воздуха в этот период отличался июнь. По сравнению со среднемноголетними значениями температура воздуха в июне за годы исследований (2019-2021) была выше на 3,3 – 4,3 °С и находилась на уровне 19,9-20,9 °С.

Таблица 2 – Погодные условия (Брянск, поселок Мичуринский; 2019, 2020, 2021)

Table 2 – Weather conditions (Bryansk, p/o Mitchurinskiy; 2019, 2020, 2021)

Годы изучения	Параметры	Метеорологические условия			
		май	июнь	июль	август
2021	Температура, °С	13,3	19,9	22,1	19,5
	Сумма осадков, мм	143,3	153,7	41,8	55,3
2020	Температура, °С	11,1	20,3	18,8	17,5
	Сумма осадков, мм	136,7	104,7	75,9	46,0
2019	Температура, °С	14,9	20,9	17,0	16,7
	Сумма осадков, мм	85,1	32,6	49,7	67,9
Средние многолетние	Температура, °С	13,5	16,6	17,7	16,6
	Сумма осадков, мм	53,0	79,0	86,0	69,0

Вторая половина вегетации (июль, август) отличалась теплой и засушливой погодой. Температура воздуха в июле и августе 2020 и 2021 года превышала среднемноголетние значения на 0,8-4,4 °С, в 2019 году была ниже на 0,7 °С. Во все годы исследований количество осадков в июле и августе было меньше среднемноголетних значений. Анализ метеорологических параметров показывает, что наиболее благоприятные условия для развития и распространения антракноза в посевах люпина белого складывались в первую половину вегетации, особенно в июне. Поэтому количество пораженных антракнозом растений было больше, чем бобов в фазу блестящего боба.

Протравливание семян защищает растения люпина непродолжительное время, что в последующем может негативно отразиться на фитопатологическом состоянии посевов. При установлении в ранние фазы развития растений люпина теплой погоды с частым выпадением осадков необходима профилактическая обработка фунгицидом в фазе стеблевания – начала бутонизации [2, 12].

Обработки посевов фунгицидами проводились через 12-14 дней в фазы стеблевания, бутонизации, конец цветения – начало образования бобов на главном стебле. Применение фунгицидов Абакус Ультра при норме расхода в 2,0 л/га и Оптимом 1,5 л/га на люпине белом значительно сократило инфекционную нагрузку различных патогенов в посевах. При этом количество пораженных антракнозом растений в период конец цветения – начало образования бобов в этих вариантах уменьшилось с 90,3 % в контроле до 4,8 и 4,7 % в опыте соответственно (таблица 3).

Таблица 3 – Токсичность и эффективность фунгицидов против антракноза для защиты люпина белого в вегетацию (полевой опыт 2019-2021 гг.)

Table 3 – Fungicides toxicity and effectiveness against anthracnose for white lupin protection during vegetation (the field test 2019-2021)

Вариант	Норма расхода, л/га	Высота растений, см	Поражение болезнями, %					Эффективность, %	Урожай семян т/га	Прибавка урожая к кон- тролю т/га	Окупаемость затрат, руб- лей
			растений		бобов						
			антракнозом	фузариозом	антракнозом	гнилью					
						серой	белой				
Контроль	-	53,0	90,3	23,0	62,0	0,6	4,2	-	0,58	-	-
Колосаль Про (эталон)	0,4	49,8	7,6	13,9	7,4	0,1	1,9	91,6	1,87	1,29	7,29
Абакус Ультра	2,0	53,0	4,8	11,5	4,6	0,1	1,9	94,7	2,27	1,69	5,56
Оптимом	1,5	55,4	4,7	10,4	4,3	0,1	1,9	94,8	2,64	2,06	4,32
НСР ₀₅	-	1,06	-	-	-	-	-	-	0,24	-	-

В среднем за годы исследований эффективность Абакус Ультра и Оптимом против антракноза составила соответственно 94,7 и 94,8 %. Эффективность эталонного фунгицида была ниже и составила 91,6 %. К фазе блестящего боба количество пораженных этим заболеванием бобов сократилось с 62,0 % в контроле до 4,6 и 4,3 % в опыте. Это на 2,6 и 2,7 % меньше, чем в варианте с эталонным фунгицидом Колосаль Про (рисунки 3; 4; 5; 6). В вариантах с фунгицидами наблюдалось меньшее количество больных фузариозом растений и бобов серой и белой гнилью.

В условиях Беларуси фузариозное увядание люпина узколистного снижает урожай зерна на 17-50 %, а недобор урожая зерна от поражения серой гнилью составляет 20-30 % [2].



Рисунок 3 – Контроль (без обработок фунгицидами); фаза блестящий боб

Figure 3 – The standard (fungicides free); brilliant pod's stage



Рисунок 4 – Колосаль Про – 0,4 л/га (эталон); фаза блестящий боб

Figure 4 – The fungicide Kolosal Pro – 0.4 l/ha (reference); brilliant pod's stage



Рисунок 5 – Абакус Ультра – 2,0 л/га; фаза блестящий боб

Figure 5 – The fungicide Abakus Ultra – 2.0 l/ha; brilliant pod's stage



Рисунок 6 – ОптимО – 1,5 л/га; фаза блестящий боб

Figure 6 – The fungicide Optimo – 1.5 l/ha; brilliant pod's stage

По сравнению с контролем фунгициды Абакус Ультра и ОптимО сократили поражение растений фузариозным увяданием соответственно на 11,5 и 12,6 %. Тогда как в эталонном варианте фузариозное увядание растений сократилось на 9,1 %. Пораже-

ние бобов серой и белой гнилями в вариантах со всеми фунгицидами уменьшилось соответственно в 6,0 и 2,2 раза. На рост растений фунгициды не оказали отрицательного действия. В среднем за годы исследований высота растений перед уборкой в варианте, где применялся Абакус Ультра, была на уровне контроля. В варианте с фунгицидом Оптимом высота растений достоверно ($HCP_{05} = 1,06$) превышала контроль на 2,0 см. При этом эталонный фунгицид снизил высоту растений на 3,2 см.

По литературным данным, в зависимости от уровня защиты посевов сортов яровой пшеницы, дополнительный сбор зерна в среднем составлял 0,09 – 0,84 т/га [13].

Применение фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом для защиты посевов люпина белого позволило получить достоверную ($HCP_{05} = 0,24$) прибавку урожая семян 1,69 и 2,06 т/га соответственно. Прибавка урожая в эталонном варианте составила 1,29 т/га. Окупаемость затрат на применение фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом составила соответственно 5,56 и 4,32 рубля на каждый дополнительно вложенный рубль.

Выводы. Использование фунгицидов для защиты посевов люпина белого является одним из главных звеньев в технологии возделывания, позволяющее значительно снизить поражение растений и бобов люпина антракнозом и другими болезнями грибной этиологии и получить высокую прибавку урожая семян, существенно окупающей затраты на их покупку и применение.

Проведенные лабораторные и полевые исследования фунгицидов Абакус Ультра и Оптимом выявили их высокие лечебные и защитные свойства против возбудителя антракноза и многих других опасных болезней люпина. Наибольшую эффективность против антракноза и отсутствие отрицательного действия на защищаемые растения люпина белого фунгициды Абакус Ультра и Оптимом проявили при нормах их расхода 2,0 и 1,5 л/га соответственно. Обработка посевов этими фунгицидами в фазы стеблевания, бутонизации и конец цветения – начало бобообразования сократила поражение растений и бобов антракнозом на 94 %, поражение растений фузариозом сократилось в 2 раза, распространение на бобах серой и белой гнили – в 6,0 и 2,2 раза. Это позволило получить высокие прибавки урожая семян (1,69 и 2,64 т/га), которые в полной мере окупали затраты на их приобретение и применение и принесли значительную прибыль от реализации семян.

Библиографический список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
2. Защита посевов кормовых бобов и люпина узколистного от болезней в период вегетации / А. А. Запрудский, А. М. Яковенко, Г. И. Гаджиева, Е. С. Белова, Н. С. Гутковская, Е. В. Пенязь // Наше сельское хозяйство. 2020. № 9. С. 98-103.
3. Кунгурцева О. В. Методы мониторинга антракноза люпина. ВНИИ защиты растений. СПб., 2002. 11 с.
4. Люпин: селекция, возделывание, использование / В. М. Косолапов, Г. Л. Яковенко, М. И. Лукашевич, П. А. Агеева, Н. В. Новик, Н. В. Мисникова, Т. Н. Слесарева, Е. И. Исаева, И. П. Таунов, Л. И. Пимохова, Т. В. Яковенко. Брянск: ГУП «БОПО», 2020. 304 с.
5. Люпин белый – ценная маслично-белковая культура / Н. С. Купцов, А. П. Пашкевич, В. Ч. Шор, М. Н. Крицкий, А. В. Лапытько // Земледелие и защита растений. 2020. № 1. С. 23-27.
6. Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве. СПб., 2009. 378 с.
7. Методы определения болезней и вредителей сельскохозяйственных растений / пер. Попкова К. В., Шмыгля В. А. Москва: «Агропромиздат», 1987. 224 с.
8. Пимохова Л. И., Яковенко Г. Л. Болезни и вредители люпина: система и средства защиты. Брянск: «Читай-город», 2020. 88 с.
9. Подобедов А. В. Люпин – путь к спасению // Комбикорма. 2013. № 3. С. 63-65.

10. Развитие белой гнили на люпине узколистом и белом в одновидовом и смешанном посевах при разных погодных условиях Брянской области / Л. И. Пимохова, Г. Л. Яговенко, Ж. В. Царапнева, Н. В. Мисникова // Сельскохозяйственная биология. 2020. № 55 (6). С. 1257-1267.
11. Резвякова С. В., Архангельская А. С. Защита люпина белого от антракноза // Вестник аграрной науки. 2018. № 3. С. 83-86.
12. Слесарева Т. Н., Лукашевич М. И. Люпин и некоторые вопросы технологии его возделывания // Защита и карантин растений. 2018. № 7. С. 12-16.
13. Слободчиков А. А. Влияние средств защиты растений на продуктивность сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 34 (2). С. 10-14.
14. Overcoming the barriers of combining early flowering and anthracnose resistance in white lupin (*Lupinus albus* L.) for the Northern Agricultural Region of Western Australia / K. Adhikari, G. Thomas, D. Diepeveen, R. Trethowan // Crop and Pasture Science. 2013. No 64 (9). P. 914-921.

Информация об авторах

Пимохова Людмила Ивановна, руководитель группы фитопатологии люпина ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» (Россия, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник. ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9565-8176>. E-mail: lupin.fitopat@mail.ru

Яговенко Герман Леонидович, директор ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», (Россия, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), доктор сельскохозяйственных наук. ORCID: <https://orcid.org/org/0000-0003-3202-230X> E-mail: lupin_mail@mail.ru

Мисникова Надежда Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ «ФНЦ кормопроизводства и агроэкологии им. В.Р. Вильямса» (Россия, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2). ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5746-6539>. E-mail: lupin_nvsmisnikova@mail.ru

Царапнева Жанна Владимировна, старший научный сотрудник научного направления фитопатологии люпина ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», (Россия, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0311>

Хараборкина Нина Ивановна, научный сотрудник научного направления фитопатологии люпина ВНИИ люпина – филиала ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», (Россия, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5213-4017>

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-26

COMPARATIVE EVALUATION OF CORN HYBRIDS DURING SPRINKLING IN THE CONDITIONS OF THE LOWER VOLGA REGION

K. A. Rodin, E. S. Vorontsova, G. A. Voronin

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 17.12.2022

Submitted 10.03.2023

Abstract

Introduction. In Russia, the acreage of corn in 2021 amounted to 2.06 million hectares. However, a significant part of the crops, up to 60 % of the total sown area, is located in areas with unstable and insufficient moisture, with extremely uneven distribution of precipitation and it is possible to realize the productivity potential of grain corn in these conditions only with irrigation. Many scientists were engaged in the cultivation of corn for grain. As a result of the research, they found that the yield and quality of this crop are significantly influenced by soil-climatic and agrotechnical conditions, as well as genotypic features of plants. However, in their research, they used corn hybrids that were bred at the end of the 20th century. Currently, new high-yielding and resistant to abiotic stressors hybrids of various directions and economic use have been developed. In this regard, the problem of theoretical and experimental substantiation of varietal technologies of corn cultivation, providing stable yields of

corn grain in the acutely arid conditions of the Lower Volga region, was actualized. **Object.** Water and nutrient regimes of the soil, corn hybrids. Materials and methods. Experimental studies were conducted at the experimental field of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture in a three-factor field experiment. The scheme of the experiment included three options for the water regime of the soil: option A₁ is reducing the moisture content of the active layer (0.5 m) of the soil to 70% of the lowest moisture capacity; A₂ is reducing the moisture content of the active layer (0.5 m) of the soil to 80% of the lowest moisture capacity. The second factor included two medium-ripened hybrids: B₁ – Hoper 255 MV (FAO 250) of the selection of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture; B₂ - Rodna of the selection «New Genetics Plus Doo», Serbia. The third factor included the doses of fertilizers in variants C₁ to obtain a yield of 10 t/ha (N₂₀₀P₁₁₅K₁₃₂); C₂ - 12 t/ha (N₂₄₀P₁₃₈K₁₆₀) of grain. **Results and conclusions.** During the research, it was found that the maintenance of the pre-irrigation threshold of soil moisture not lower than 80% of the lowest moisture capacity in the 0.5 m moisture layer was ensured by 12 watering in 2020, 14 watering in 2021, each with a norm of 300 m³/ha. The irrigation norm at the same time was 3600 and 4200 m³/ha, respectively, by year. Maintaining pre-irrigation soil moisture not lower than 70% of the lowest moisture capacity in the same moisture layer contributed to reducing the number of irrigations to 7 and 8 units, each with a norm of 450 m³/ha, and irrigation norms to 3150 and 3600 m³/ha, respectively, by year. The maximum yield was formed in a variant of the water regime of the soil not lower than 80% of the All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture in combination with a dose of fertilizers N₂₄₀P₁₃₈K₁₆₀ calculated to produce 12 t/ha of grain in crops of the hybrid Hoper 255 MV and varied over the years from 12.55 to 12.67 t/ha with an average value of 12.61 t/ha, and on the hybrid Rodna from 12.21 to 12.06 t/ha with an average value of 12.14 t/ha of grain. The minimum yield was obtained in a variant with a pre-watering soil moisture threshold of at least 70% of the lowest moisture capacity in combination with the application of mineral fertilizers N₂₀₀P₁₁₅K₁₃₂ for a planned yield of 10 t/ha and varied over the years of research in crops of Hoper 255 MV from 10.36 to 10.62 t/ha with an average value of 10.49 t/ha, and in crops Rodna from 9.45 to 9.41 t/ha with an average of 9.43 t/ha of grain.

Key words: corn hybrids, irrigation regime, fertilizer doses, yield.

Citation. Rodin K. A., Vorontsova E. S., Voronin G. A. Comparative evaluation of corn hybrids during sprinkling in the conditions of the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 248-254 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-26.

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

Conflict of interests. The authors have declared no conflicts of interest.

УДК 633.18:631.67.5

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ ПРИ ДОЖДЕВАНИИ В УСЛОВИЯХ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

К. А. Родин, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

Г. А. Воронин, старший лаборант-исследователь

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

Дата поступления в редакцию 17.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. В России посевные площади кукурузы в 2021 г. составили 2,06 млн га. Однако значительная часть посевов, до 60% от общей посевной площади, расположена в зонах с неустойчивым и недостаточным увлажнением, с крайне неравномерным распределением осадков и реализовать потенциал продуктивности зерновой кукурузы в этих условиях возможно только при орошении. Вопросами возделывания кукурузы на зерно занимались многие ученые. В результате исследований они установили, что на урожайность и качество этой культуры существенное влияние оказывают почвенно-климатические и агротехнические условия, а также генотипические осо-

бенности растений. Но в своих исследованиях ими использовались гибриды кукурузы, которые были выведены в конце 20 столетия. В настоящее время выведены новые высокоурожайные и устойчивые к абиотическим стрессорам гибриды различного направления и хозяйственного использования. В связи с этим актуализировалась проблема теоретического и экспериментального обоснования сортовых технологий возделывания кукурузы, обеспечивающих в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья получение стабильных урожаев зерна кукурузы. **Объект.** Водные и питательные режимы почвы, гибриды кукурузы. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования проводились на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ в трёхфакторном полевом опыте. Схема опыта включала 3 варианта по водному режиму почвы: вариант A_1 – снижение влажности активного слоя (0,5 м) почвы до 70 % НВ; A_2 – снижение влажности активного слоя (0,5 м) почвы до 80 % НВ. Второй фактор включал 2 среднеспелых гибрида: B_1 – Хопёр 255 МВ (ФАО 250) селекции ФГБНУ ВНИИОЗ; B_2 – Родна селекции «New Genetics Plus Doo», Сербия. Третий фактор включал дозы внесения удобрений в вариантах C_1 на получение урожайности 10 т/га ($N_{200}P_{115}K_{132}$); C_2 – 12 т/га ($N_{240}P_{138}K_{160}$) зерна. **Результаты и выводы.** В ходе исследований установлено, что поддержание предполивного порога влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое увлажнения 0,5 м обеспечивалось проведением в 2020 году 12 поливов, в 2021 году – 14 поливов, каждый нормой 300 м³/га. Оросительная норма при этом составляла 3600 и 4200 м³/га, соответственно по годам. Поддержание предполивной влажности почвы не ниже 70 % НВ в этом же слое увлажнения способствовало уменьшению количества поливов до 7 и 8 шт., каждый нормой 450 м³/га, а оросительной нормы – до 3150 и 3600 м³/га, соответственно по годам. Максимальная урожайность сформировалась в варианте водного режима почвы не ниже 80 % НВ в сочетании с дозой удобрений $N_{240}P_{138}K_{160}$, рассчитанной на получение 12 т/га зерна в посевах гибрида Хопер 255 МВ, изменялась по годам от 12,55 до 12,67 т/га при среднем значении 12,61 т/га, а на гибриде Родна – от 12,21 до 12,06 т/га при осреднённом значении 12,14 т/га зерна. Минимальная урожайность была получена в варианте с предполивным порогом увлажнения почвы не ниже 70 % НВ в сочетании с внесением минеральных удобрений $N_{200}P_{115}K_{132}$ на планируемую урожайность 10 т/га и изменялась за годы изысканий в посевах Хопер 255 МВ от 10,36 до 10,62 т/га при среднем значении 10,49 т/га, а в посевах Родна от 9,45 до 9,41 т/га с усредненным показателем 9,43 т/га зерна.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, режимы орошения кукурузы, дождевание кукурузы, урожайность кукурузы.

Цитирование. Родин К. А., Воронцова Е. С., Воронин Г. А. Сравнительная оценка гибридов кукурузы при дождевании в условиях Нижнего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 248-254. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-26.

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. Кукуруза в мировом земледелии, наряду с пшеницей и рисом, по объёму производства зерна входит в тройку ведущих культур сельскохозяйственного назначения [1, 2, 5, 7].

В России посевные площади кукурузы в 2021 г. составили 2,06 млн га [6]. Однако значительная часть посевов до 60 % от общей посевной площади расположена в зонах с неустойчивым и недостаточным увлажнением, с крайне неравномерным распределением осадков и реализовать потенциал продуктивности зерновой кукурузы в этих условиях возможно только при орошении. [6, 11-15].

Анализ литературных источников показал, что вопросами возделывания кукурузы на зерно и зелёную массу занимались многие ученые. В процессе исследований ими было установлено, что на урожайность, качество и питательную ценность этой культуры существенное влияние оказывают почвенно-климатические и агротехнические условия, а также

генотипические особенности растений [3, 5, 10]. Но в своих исследованиях они использовали гибриды кукурузы, которые были выведены в конце 20 столетия. В настоящее время выведены новые высокоурожайные и устойчивые к абиотическим стрессорам гибриды различного направления и хозяйственного использования [4, 6, 8, 9]. В связи с этим актуализировалась проблема теоретического и экспериментального обоснования сортовых технологий возделывания кукурузы, обеспечивающих в острозасушливых условиях Нижнего Поволжья получение стабильных урожаев зерна кукурузы.

Цель исследований сводилась к обоснованию водных режимов почвы и регламента полива, обеспечивающих в сочетании с разными дозами удобрений получение планируемой урожайности на уровне 10 и 12 т/га зерна.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились в 2020-2021 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ в трёхфакторном полевом опыте и включали следующие факторы:

Фактор А – режим орошения:

Вариант 1. В течение всего периода вегетации кукурузы влажность почвы в слое 0,5 м поддерживалась поливами не ниже 70 % НВ;

Вариант 2. В течение всего периода вегетации кукурузы влажность почвы в слое 0,5 м поддерживалась поливами не ниже 80 % НВ.

Фактор В – среднеспелые гибриды:

Вариант 1. Хопер 255 МВ (ФАО 255) селекции ФГБНУ ВНИИОЗ;

Вариант 2. Родна (ФАО 250) селекции «New Genetics Plus Doo» Сербия.

Фактор С – дозы внесения удобрений:

Вариант 1. Доза удобрений, рассчитанная на получение планируемой урожайности 10 ($N_{200}P_{115}K_{132}$) т/га;

Вариант 2. Доза удобрений, рассчитанная на получение планируемой урожайности 12 ($N_{240}P_{138}K_{160}$) т/га.

Дозы удобрений рассчитывали по методике В. И. Филина (1994).

Опыт закладывался при систематическом расположении вариантов. Повторность опыта трехкратная, учетная площадь делянки по водному режиму – 627,2 м², по дозам удобрений – 313,6 м² и гибридам – 78,4 м².

Сумма выпавших осадков за период май-сентябрь в 2020 г. составляла 45,8 мм, в 2021 г. – 15,3 мм. Это характеризует как очень засушливые годы.

После уборки предшественника сои проводилась зяблевая вспашка опытного поля на глубину 0,25-0,27 м. Весной при поспевании почвы проводилось боронование в два следа. Предпосевная культивация проводилась на глубину заделки семян (0,06-0,08 м) в 2-х направлениях по диагонали поля. Норма посева семян рассчитывалась на обеспечение густоты стояния растений перед уборкой 80 тыс./га. Посев осуществлялся восьмирядной сеялкой СУПН-8 в агрегате с трактором согласно схеме опыта. Уход за посевами кукурузы в период вегетации складывался из проведения внекорневых подкормок расчетными дозами согласно схеме опыта перед культивациями. Последняя (третья) культивация проводилась с окучиванием. Уборку кукурузы проводили в фазу полной спелости зерна.

Исследования сопровождалось наблюдениями, учётами и измерениями, выполненными в соответствии с требованиями общепринятой методики экспериментальных работ.

Результаты и обсуждение. В результате проведённого эксперимента было определено (таблица 1), что поддержание предполивного порога влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое увлажнения 0,5 м обеспечивалось проведением в 2020 году 12 поливами, в 2021 году – 14, каждый – нормой 300 м³/га. Оросительная норма при этом составляла 3600 и 4200 м³/га, соответственно по годам. Межполивной период изменялся от 3 до 14 суток.

Таблица 1 – Режим орошения кукурузы на зерно

Table 1 – Corn irrigation regime for grain

Предполивной порог влажности, % НВ	Количество поливов, шт.	Поливная норма, м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га
2020 год			
70	7	450	3150
80	12	300	3600
2021 год			
70	8	450	3600
80	14	300	4200

Снижение предполивной влажности почвы до 70 % НВ в этом же слое увлажнения способствовало уменьшению количества поливов до 7 и 8 шт., каждый – нормой 450 м³/га, а оросительной нормы – до 3150 и 3600 м³/га, соответственно по годам. Количество суток между поливами изменялось от 6 до 18.

Формирование урожайности кукурузы в значительной степени зависит от развития растений, роста и образования надземной массы. Известно, что на высокорослых растениях с большим количеством листьев, как правило, образуются более крупные початки с хорошо выполненным зерном (таблица 2).

В 2020 году в фазу 7-го листа растения гибрида Хопер 255 МВ достигали высоты 0,91-0,98 (70 % НВ) и 0,94-1,06 м (80 % НВ), гибрида Родна – 1,02-1,14 (70 % НВ) и 1,04-1,16 м (80 % НВ), соответственно по вариантам планируемой урожайности. В 2021 году этот показатель не был достигнут метрового уровня. Так, в посадках гибрида Хопер 255 МВ он составил 0,78-0,83 (70 % НВ) и 0,86-0,93 м (80 % НВ), гибриде Родна – 0,79-0,84 (70 % НВ) и 0,87-0,94 м (80 % НВ).

Таблица 2 – Динамика линейного роста гибридов кукурузы, м

Table 2 – Dynamics of linear growth of corn hybrids, m

Варианты опыта			7-й лист		Выметывание		Выход нитей початка		Молочно-восковая спелость	
			2020	2021	2020	2021	2020	2021	2020	2021
70 % НВ	Хопер 255 МВ	N ₂₀₀ P ₁₁₅ K ₁₃₂ (10 т/га)	0,91	0,78	1,70	1,85	1,97	2,05	2,11	2,15
		N ₂₄₀ P ₁₃₈ K ₁₆₀ (12 т/га)	0,98	0,83	1,71	1,90	2,00	2,10	2,21	2,19
	Родна	N ₂₀₀ P ₁₁₅ K ₁₃₂ (10 т/га)	1,02	0,79	1,72	1,912	1,99	2,12	2,23	2,26
		N ₂₄₀ P ₁₃₈ K ₁₆₀ (12 т/га)	1,14	0,84	1,76	2,08	2,06	2,14	2,28	2,28
80% НВ	Хопер 255 МВ	N ₂₀₀ P ₁₁₅ K ₁₃₂ (10 т/га)	0,94	0,86	1,70	1,97	2,03	2,13	2,23	2,25
		N ₂₄₀ P ₁₃₈ K ₁₆₀ (12 т/га)	1,06	0,93	1,73	2,10	2,11	2,19	2,23	2,30
	Родна	N ₂₀₀ P ₁₁₅ K ₁₃₂ (10 т/га)	1,04	0,87	1,81	1,98	2,10	2,21	2,26	2,30
		N ₂₄₀ P ₁₃₈ K ₁₆₀ (12 т/га)	1,16	0,94	1,87	2,12	2,17	2,29	2,31	2,32

В фазу выметывания высота растений кукурузы варьировала по вариантам от 1,70 до 1,87 м в 2020 году и от 1,85 до 2,12 м в 2021 году. Такие же темпы роста сохранились и в фазу выхода нитей початка – от 1,97 до 2,17 м и от 2,05 до 2,29 м, соответственно по годам. Видно, что темпы роста в фазу появления 7-го листа и в фазу выметывания на всех изучаемых вариантах находились практически на одном уровне.

В ходе исследований было установлено, что максимальная урожайность сформировалась в варианте водного режима почвы не ниже 80 % НВ в сочетании с дозой удобрений $N_{240}P_{138}K_{160}$, рассчитанной на получение 12 т/га зерна в посевах гибрида Хопер 255 МВ, изменялась по годам от 12,55 до 12,67 т/га при среднем значении 12,61 т/га, а на гибриде Родна – от 12,21 до 12,06 т/га при осреднённом значении 12,14 т/га зерна (таблица 3).

Таблица 3 – Урожайность гибридов кукурузы, т/га

Table 3 – Yield of corn hybrids, t/ha

Вариант опыта			2020 год	2021 год	Среднее значение за 2020-2021 гг.
70% НВ	Хопер 255 МВ	$N_{200}P_{115}K_{132}$ (10 т/га)	10,36	10,62	10,49
		$N_{240}P_{138}K_{160}$ (12 т/га)	11,17	11,98	11,58
	Родна	$N_{200}P_{115}K_{132}$ (10 т/га)	9,45	9,41	9,43
		$N_{240}P_{138}K_{160}$ (12 т/га)	10,82	10,85	10,84
80% НВ	Хопер 255 МВ	$N_{200}P_{115}K_{132}$ (10 т/га)	10,74	10,89	10,82
		$N_{240}P_{138}K_{160}$ (12 т/га)	12,55	12,67	12,61
	Родна	$N_{200}P_{115}K_{132}$ (10 т/га)	10,88	10,65	10,77
		$N_{240}P_{138}K_{160}$ (12 т/га)	12,21	12,06	12,14
	НСР ₀₅ по взаимодействию АВС		1,49	1,68	

Минимальная урожайность была получена в вариантах с предполивным порогом увлажнения почвы не ниже 70 % НВ в сочетании с внесением минеральных удобрений $N_{200}P_{115}K_{132}$ на планируемую урожайность 10 т/га и менялась по годам в посевах Хопра 255 МВ от 10,36 до 10,62 т/га со средним значением 10,49 т/га, а в посевах Родна – от 9,45 до 9,41 т/га при усредненном значении 9,43 т/га.

Выводы. В ходе исследований установлено, что поддержание предполивого порога влажности почвы не ниже 80 % НВ в слое увлажнения 0,5 м обеспечивалось проведением в 2020 году 16 поливами, в 2021 году – 14, каждый – нормой 280 м³/га. Оросительная норма при этом составляла 4480 и 3920 м³/га, соответственно по годам. Поддержание предполивной влажности почвы не ниже 70 % НВ в этом же слое увлажнения способствовало уменьшению количества поливов до 9 и 7 шт., каждый – нормой 420 м³/га, а оросительной нормы – до 3780 и 2940 м³/га, соответственно по годам.

Максимальная урожайность сформировалась в варианте водного режима почвы не ниже 80 % НВ в сочетании с дозой удобрений $N_{240}P_{138}K_{160}$, рассчитанной на получение 12 т/га зерна в посевах гибрида Хопер 255 МВ, изменялось по годам от 12,55 до 12,67 т/га при среднем значении 12,61 т/га, а на гибриде Родна – от 12,21 до 12,06 т/га при осреднённом значении 12,14 т/га зерна. Минимальная урожайность была получена в вариантах с предполивным порогом увлажнения почвы не ниже 70 % НВ в сочетании с внесением минеральных удобрений $N_{200}P_{115}K_{132}$ на планируемую урожайность 10 т/га и менялась по годам в посевах Хопра 255 МВ от 10,36 до 10,62 т/га со средним значением 10,49 т/га, а в посевах Родна – от 9,45 до 9,41 т/га при усредненном значении 9,43 т/га.

Библиографический список

1. Влияние норм полива на продуктивность сахарной кукурузы в условиях экологически чистой горной зоны Кабардино-Балкарии / З. Г. С. Шибзухов, А. Ю. Кишев, З. С. Шибзухова, М. И. Езиев // Аграрная Россия. 2021. № 8. С. 28-31.

2. Давыдов А. С., Ермакова К. С. Режим орошения кукурузы на зерно // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 5 (175). С. 55-59.
3. Зерновые и универсальные гибриды кукурузы для выращивания на богаре и при орошении / В. В. Мелихов, О. Н. Панфилова, Е. В. Чугунова, С. Н. Дерунова // Орошаемое земледелие. 2020. № 3. С. 18-21.
4. Кагермазов А. М., Хачидогов А. В. Влияние внекорневых подкормок на урожайные качества зерна кукурузы // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 13-16.
5. Кириллов Н. А., Соколова Е. А. Урожайность зеленой массы и зерна гибридов кукурузы отечественной селекции // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 29-33.
6. Кривошеев Г. Я., Шевченко Н. А., Игнатъев А. С. Результаты и перспективы селекции кукурузы в Аграрном Научном Центре "Донской" // Зерновое хозяйство России. 2020. № 6 (72). С. 32-38.
7. Кружилин И. П., Кузнецова Н. В. Экологические ограничения при выращивании кукурузы на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2007. № 2 (6). С. 135-139.
8. Мамсиров Н. И., Мнатсаканян А. А., Малич И. Ю. Оценка эффективности возделывания высокоурожайных и перспективных гибридов кукурузы в Адыгее // Новые технологии. 2020. № 3. С. 134-141.
9. Основные итоги сельскохозяйственной микропереписи 2021 года. Статистический сборник О752 Федеральная служба государственной статистики. М.: ИЦЦ «Статистика России», 2021. 420 с.
10. Продуктивность гибридов кукурузы на зерно в зависимости от приемов возделывания в условиях лесостепной зоны Поволжья / А. Л. Тойгильдин, М. И. Подсевалов, Д. Э. Аюпов, А. В. Тюрин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 4 (52). С. 56-64.
11. Способы полива и режим орошения кукурузы в условиях предгорной зоны республики Ингушетия / Л. Ю. Костоева, М. А. Базгиев, З. М. Цицкиев, Х. М. Куркиева // Горное сельское хозяйство. 2019. № 4. С. 45-54.
12. Corn production under restricted irrigation in the Texas High Plains / S. Thapa, Q. Xue, T. H. Marek, D. Porter, K. E. Jessup // Agronomy Journal. 2020. № 112 (2). P. 1190-1200.
13. Gurina I. V., Mikheev N. V., Shcherenko A. I. Science-based regimes of corn irrigation for grain in the reclaimed lands of Rostov region // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341 (1). P. 012108.
14. Liu Y., Song W. Modelling crop yield, water consumption, and water use efficiency for sustainable agroecosystem management // Journal of Cleaner Production. 2020. № 253. P. 119940.
15. Modeling corn growth and root zone salinity dynamics to improve irrigation and fertigation management under semi-arid conditions / J. N. Chauhdary, A. Bakhsh, R. Ragab, M. A. Shahid, Q. Nawaz // Agricultural Water Management. 2020. No 230. P. 105952.

Информация об авторах:

Родин Константин Анатольевич, старший научный сотрудник федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8(8442) 60-23-22, e-mail: rodin.ka@yandex.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru.

Воронин Герман Александрович, старший лаборант-исследователь, отдел оросительных мелиораций, сектор моделирования технологий орошения, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Российская Федерация, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9); ORCID: 0000-0002-2355-1003, e-mail: germ.voronin@yandex.ru.

COTTON YIELD STRUCTURE WITH SPRINKLING IRRIGATION IN THE LOWER VOLGA REGION

**K. V. Bondarenko, E. A. Khodiakov,
N. V. Kuznetsova, S. G. Milovanov**

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

Received 10.12.2022

Submitted 31.01.2023

Summary

Based on studies conducted in the period from 2019 to 2020 at the Educational Research and Production Center «Gornaya Polyana» of the Volgograd State Agrarian University, the article presents an analysis of the cotton yield structure when irrigated by sprinkling at the different water regimes of the soil and the level of mineral nutrition. The most effective variants of the experiment for obtaining the highest yield, the mass of raw cotton the number of cotton bolls from 1 plant and the mass of raw cotton from 1 boll were determined.

Abstract

Introduction. Today, the Russian Federation urgently needs to revive and develop its cotton industry, as the supply of cotton fiber from the Central Asia countries is declining every year. **Object.** Cotton variety «AGCSB-1» («Applied Genetics of Cotton Seed Breeding -1»). **Materials and methods.** One of the main tasks of our field experiments conducted in 2019-2020. on the experimental fields of the Volgograd State Agrarian University, the structure of the cotton crop was determined during sprinkler irrigation in comparison with furrow irrigation. **Results and conclusions.** The results of field experiments showed that maintaining moisture content in the active soil layer of at least 75-75-70% HB created optimal conditions for obtaining the highest productivity of cotton, since in this variant the biological yield is 2.33 ... 5.29 t / ha compared to other options was more by 41.6...60.1%, the mass of raw cotton from 1 plant increased by 41.2...60.6%, the number of bolls per bush - by 26.5...47.1%, and the amount of production from 1 box - by 10.0 ... 10.9%. Among the variants of soil fertilization, the most effective was the variant with doses of fertilizers $N_{175}P_{75}K_{56}$ kg.a.w./ha, where the resulting yield of 3.68...5.29 t/ha was higher by 127.0...224.3% compared to other options, the mass of raw cotton from 1 plant increased by 127.8 ... 160.7%, the number of fruit elements per 1 plant - by 104.0 ... 132.4% and the mass of raw cotton from the box - by 11.2 ... 13, 3%. As a result, the maximum productivity of plants was achieved with a combination of a water supply level of 75-75-70% HB and the application of fertilizers at doses of $N_{175}P_{75}K_{56}$ kg.a.w./ha, where the increase in yield was 8.6 ... plants increased by 8.5 ... 266.0%, the number of bolls per bush - 5.2 ... 200.0%, and the amount of raw cotton from 1 bolus by 3.7 ... 23.8%. Also, our studies have shown that when irrigating along the furrows, in comparison with sprinkling, the biological yield of cotton decreased by 38.0%, the productivity of one bush - by 38.2%, the mass of raw cotton from 1 fruit element - by 7.2%, and the number of bolls per plant by 22.1%.

Key words: *irrigation of cotton by sprinkling, irrigation regime, fertilizer doses, the structure of the raw cotton yield, cotton productivity.*

Citation. Bondarenko K. V., Khodiakov E. A., Kuznetsova N. V., Milovanov S. G. Cotton yield structure with sprinkling irrigation in the Lower Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 255-261 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-27.

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

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

УДК 631.674.5:633.511

СТРУКТУРА УРОЖАЯ ХЛОПЧАТНИКА ПРИ ПОЛИВЕ ДОЖДЕВАНИЕМ В НИЖНЕМ ПОВОЛЖЬЕ

К. В. Бондаренко, аспирант, младший научный сотрудник

Е. А. Ходяков, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. В. Кузнецова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. Г. Милованов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.12.2022

Дата принятия к печати 31.01.2023

Актуальность. Сегодня Российская Федерация остро нуждается в возрождении собственной хлопководческой отрасли, так как поставки хлопкового волокна из стран Средней Азии с каждым годом снижаются. **Объект.** Сорт хлопчатника «ПГССХ-1». **Материалы и методы.** Одной из основных задач наших полевых опытов, проведённых в 2019-2020 гг. на опытных полях Волгоградского ГАУ, было определение структуры урожая хлопчатника при поливе дождеванием в сравнении с поливом по бороздам. **Результаты и выводы.** Результаты полевых опытов показали, что поддержание влажности в активном слое почвы не ниже 75-75-70 % НВ создавало оптимальные условия для получения наибольшей продуктивности хлопчатника, так как на этом варианте биологическая урожайность 2,33...5,29 т/га в сравнении с другими вариантами была больше на 41,6...60,1 %, масса хлопка-сырца с 1 растения увеличилась на 41,2...60,6 %, количество коробочек на кусте – на 26,5...47,1 %, а количество продукции с 1 коробочки – на 10,0...10,9 %. Среди вариантов удобренности почвы наиболее эффективным был вариант с дозами удобрений $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га, где полученная урожайность 3,68...5,29 т/га по сравнению с другими вариантами была больше на 127,0...224,3 %, масса хлопка-сырца с 1 растения здесь увеличилась на 127,8...160,7 %, количество плодозлементов на 1 растении – на 104,0...132,4 % и масса хлопка-сырца с коробочки – на 11,2...13,3 %. В результате максимальная продуктивность растений была достигнута при сочетании уровня водообеспеченности 75-75-70 % НВ и внесении удобрений дозами $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га, где прибавка к урожайности составляла 8,6...264,8 %, масса продукции с 1 растения увеличилась на 8,5...266,0 %, количество коробочек на кусте – 5,2...200,0 %, а количество хлопка-сырца с 1 коробочки на 3,7...23,8 %. Также наши исследования показали, что при поливе по бороздам в сравнении с дождеванием биологическая урожайность хлопчатника снизилась на 38,0 %, продуктивность одного куста – на 38,2 %, масса хлопка-сырца с 1 плодозлемента – на 7,2 %, а количество коробочек на растении на 22,1 %.

Ключевые слова: полив хлопчатника дождеванием, режимы орошения хлопчатника, дозы удобрений, структура урожая хлопка-сырца, продуктивность хлопчатника.

Цитирование. Бондаренко К. В., Ходяков Е. А., Кузнецова Н. В., Милованов С. Г. Структура урожая хлопчатника при поливе дождеванием в Нижнем Поволжье. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 255-261. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выращиванием хлопчатника занимаются в более чем 70 странах. Общемировое производство хлопка составляет около 26 млн тонн. В основном производство этого стратегически важного сырья находится в Индии, Китае, США, Пакистане и Узбекистане. Эта пятёрка стран-лидеров по производству хлопка выращивает на своей территории около 60 % от общемирового объёма хлопкового волокна. По этой причине именно в этих странах развёрнуты наиболее масштабные научные исследования по изучению особенностей роста и развития хлопчатника при использовании различных способов полива, таких как дождевание, капельное и внутрипочвенное орошение, а также поверхностный полив [4-12].

Российская Федерация на сегодняшний день не входит в число стран, выращивающих хлопок, из-за чего, имея значительные хлопкоперерабатывающие мощности, вынуждена закупать всё хлопковое волокно из-за рубежа. Однако в последние годы страны-экспортёры этого сырья из Средней Азии снижают объёмы поставок хлопкового волокна, наращивая переработку собранного урожая внутри страны и экспорт уже готовой продукции. Таким образом, в сложившейся ситуации наша страна остро нуждается в возрождении собственного хлопководства [1].

Полевые исследования были проведены в период 2019-2020 гг. на территории опытного поля Волгоградского ГАУ. Цель опыта заключалась в разработке оптимального режима орошения хлопчатника при поливе дождеванием в сочетании с внесением минеральных удобрений различными дозами для получения урожайности на уровне 2...5 т/га хлопка-сырца.

В рамках проведения данных полевых исследований, помимо прочих, перед нами стояла задача, заключающаяся в изучении структуры полученного урожая хлопка-сырца в зависимости от уровня водообеспеченности и удобренности почвы, а также в определении наиболее эффективных вариантов опыта для получения наибольших значений биологической урожайности массы хлопка-сырца с 1 растения, количества коробочек на кусте и массы хлопка-сырца с 1 коробочки.

Материалы и методы. Полевые исследования были проведены на светло-каштановых среднесуглинистых почвах недалеко от города Волгограда Волгоградской области. Этот регион является типичным для Нижнего Поволжья и входит в зону рискованного земледелия, так как здесь величина испарения в несколько раз превышает сумму осадков [2].

В наших опытах мы использовали хлопчатник сорта «ПГССХ-1», который был выведен специально для почвенно-климатических условий нашей области учёными из Волгоградского ГАУ совместно с коллегами из Узбекистана [3].

Способ полива - дождевание (Д).

Схема опыта включала 2 фактора:

1) Водный режим почвы, который изучали с помощью 4 вариантов режима орошения с различной предполивной влажностью почвы в следующие периоды роста и развития: «посев – цветение», «цветение – плодообразование», а также «окончание плодообразования – созревание»: 65-65-60 (РО-1), 70-70-65 (РО-2), 75-75-70 (РО-3) и 80-80-75 (РО-4) % НВ.

2) Дозы внесения минеральных удобрений представлены также 4 вариантами: $N_{70}P_{30}K_{23}$ (ДУ-1), $N_{105}P_{45}K_{34}$ (ДУ-2), $N_{140}P_{60}K_{45}$ (ДУ-3) и $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг д. в./га (ДУ-4).

Для сравнения способов полива был выбран вариант с традиционным для Средней Азии поливом по бороздам (ПБ), на котором были внесены минеральные удобрения дозами $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг д. в./га, так же, как на варианте ДУ-3, а также соблюдался дифференцированный режим орошения как на варианте опыта РО-3 с предполивным порогом влажности 75-75-70 % НВ.

Результаты и обсуждение. Основными показателями при определении структуры урожая хлопка-сырца являются масса хлопка-сырца с 1 растения, количество коробочек на кусте и масса хлопка-сырца с 1 коробочки.

Структура урожая хлопка-сырца при поливе дождеванием в среднем за 2019-2020 гг. показана в таблице 1.

Среди вариантов водного режима почвы при поливе дождеванием наименьшая урожайность хлопка-сырца 1,45...3,68 т/га была получена при уровне водообеспеченности посевов не ниже 65-65-60 % НВ (Д-РО1), с увеличением этой влажности до 70-70-65 % НВ (Д-РО2) продуктивность посевов возрастала до 1,84...4,80 т/га. Наибольшие значения этого показателя (2,33...5,29 т/га) были получены на варианте Д-РО3 с

уровнем водообеспеченности 75-75-70 % НВ. Дальнейшее увеличение интенсивности поливного режима до 80-80-75 % НВ (Д-РО4) приводило к снижению урожайности хлопка-сырца до 2,02...4,87 т/га.

Таким образом, поддержание влажности в активном слое почвы не ниже 75-75-70 % НВ создавало оптимальные условия для получения максимальной урожайности и в сопоставлении с остальными вариантами позволило получить прибавку к урожайности хлопка-сырца 0,88...1,61 т/га или 41,6...60,1 %.

Сравнение продуктивности хлопчатника по вариантам уровня минерального питания при дождевании показало, что самые низкие значения (1,45...2,33 т/га) были получены при внесении удобрений дозами N₇₀P₃₀K₂₃ кг.д.в./га на варианте Д-ДУ1. Увеличение удобренности почвы от уровня N₁₀₅P₄₅K₃₄ (Д-ДУ2) до N₁₄₀P₆₀K₄₅ (Д-ДУ3) и далее до N₁₇₅P₇₅K₅₆ кг.д.в./га (Д-ДУ4) способствовало увеличению биологической урожайности хлопка-сырца соответственно от 2,12...3,23 до 3,05...4,32 и далее до 3,68...5,29 т/га, на основании чего можно говорить, что вариант уровня минерального питания Д-ДУ4 был наиболее эффективным, позволил в сравнении с другими вариантами опыта получить прибавку к урожайности 2,23...3,32 т/га или 127,0...224,3 %.

Таблица 1 – Структура урожая хлопка-сырца при дождевании и поливе по бороздам в среднем за 2019-2020 гг.

Table 1 – The structure of the raw cotton yield with sprinkling and furrow irrigation on average for 2019-2020.

Варианты опыта		Биологическая урожайность хлопка-сырца, т/га	Масса хлопка- сырца с 1 растения, г	Количество коробочек на кусте, шт.	Масса хлопка- сырца с 1 коробочки, г
Дозы внесения минеральных удобрений , кг. д. в. / га	Нижний порог влажности активно- го слоя почвы перед поливом , % НВ				
Дождевание					
Д-ДУ1 (N70P30K23)	Д-РО1 (65-65-60)	1,45	13,2	3,4	3,83
	Д-РО2 (70-70-65)	1,84	16,8	4,2	4,00
	Д-РО3 (75-75-70)	2,33	21,2	5,0	4,24
	Д-РО4 (80-80-75)	2,02	18,4	4,7	3,93
Д-ДУ2 (N105P45K34)	Д-РО1 (65-65-60)	2,12	19,3	4,8	3,99
	Д-РО2 (70-70-65)	2,75	25,1	6,0	4,19
	Д-РО3 (75-75-70)	3,23	29,5	6,7	4,39
	Д-РО4 (80-80-75)	2,95	26,9	6,6	4,08
Д-ДУ3 (N140P60K45)	Д-РО1 (65-65-60)	3,05	27,9	6,8	4,12
	Д-РО2 (70-70-65)	3,77	34,4	7,9	4,35
	Д-РО3 (75-75-70)	4,32	39,4	8,6	4,57
	Д-РО4 (80-80-75)	4,05	37,0	8,7	4,24
Д-ДУ4 (N175P75K56)	Д-РО1 (65-65-60)	3,68	33,6	7,9	4,28
	Д-РО2 (70-70-65)	4,80	43,8	9,7	4,53
	Д-РО3 (75-75-70)	5,29	48,3	10,2	4,74
	Д-РО4 (80-80-75)	4,87	44,5	10,2	4,37
Полив по бороздам					
ПБ-ДУ3 (N140P60K45)	ПБ-РО3 (75-75-70)	3,13	28,5	6,7	4,24

При поливе по бороздам, где поддерживался такой же предполивной порог влажности почвы (75-75-70 % НВ) и уровень минерального питания (N₁₄₀P₆₀K₄₅ кг.д.в./га) как на варианте, сочетающем «Д-РО3» и «ДУ-3», урожайность хлопка-сырца 3,13 т/га по сравнению с дождеванием снизилась на 1,19 т/га или 38,0 %.

При определении массы хлопка-сырца с 1 растения наблюдались аналогичные закономерности. Так, при дождевании, на вариантах с внесением наименьшей дозы удобрений ($N_{70}P_{30}K_{23}$ кг.д.в./га) при увеличении уровня водообеспеченности посевов от 65-65-60 до 70-70-65 % НВ этот показатель увеличивался от 13,2 г до 16,8 г. Дальнейшее увеличение этой влажности до 75-75-70 % НВ способствовало получению наибольшего количества хлопка-сырца с куста – 21,2 г. Ещё большее повышение уровня водообеспеченности (до 80-80-75 % НВ) не давало положительных результатов, а наоборот приводило к снижению полученной массы хлопка-сырца с растения до 18,4 г. На других вариантах удобрённости почвы наблюдались аналогичные закономерности, из чего следует, что третий вариант режима орошения Д-РОЗ создавал оптимальные условия в посевах хлопчатника и способствовал повышению продуктивности куста на 8,0...14,7 г или 41,2...60,6 %.

Анализ закономерностей изменения массы урожая с одного куста в зависимости от доз минеральных удобрений также показал, что на вариантах с поддержанием в течение вегетации влажности почвы не ниже 65-65-60 % НВ при увеличении удобрённости почвы от $N_{70}P_{30}K_{23}$ до $N_{105}P_{45}K_{34}$ и далее до $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг.д.в./га количество хлопка-сырца с растения увеличивалось соответственно от 13,2 до 19,3 и далее до 27,9 г. Дальнейшее увеличение доз внесения минеральных удобрений до $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га способствовало ещё большему увеличению этой массы до 33,6 г. Аналогичная динамика наблюдалась и на других вариантах водного режима почвы. Таким образом, внесение наибольшего в наших опытах количества удобрений ($N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га) повышало продуктивность 1 растения в сравнении с другими вариантами на 20,4...27,1 г или 127,8...160,7 %.

Сравнение с контролем показало, что при поливе по бороздам масса хлопка-сырца с 1 куста снизилась на 10,9 г или 38,2 %.

Количество коробочек и находящегося в них хлопка-сырца тоже зависело от уровня водообеспеченности и удобрённости посевов. Так, при дождевании среди вариантов водного режима почвы наименьшее количество коробочек на 1 кусте 3,4...7,9 шт. и масса хлопка-сырца с 1 коробочки 3,83...4,28 г было получено на вариантах с нижним порогом влажности активного слоя почвы 65-65-60 % НВ. При увеличении уровня водообеспеченности до 70-70-65 значения этих показателей возрастали соответственно до 4,2...9,7 шт. и 4,00...4,53 г и достигали максимума при влажности почвы перед поливом не ниже 75-75-70 % НВ – 5,0...10,2 и 4,23...4,74 г. Дальнейшее увеличение интенсивности поливного режима до 80-80-75 % НВ не приводило к увеличению количества плодоземелентов и содержащегося в них хлопка-сырца, так как здесь эти показатели снизились соответственно до 4,7...10,2 шт. и 3,93...4,37 г. Следовательно, режим орошения на варианте Д-РОЗ, создавая оптимальные условия, способствовал увеличению количества коробочек на кусте на 1,6...2,3 шт. или 26,5...47,1 %, а массы хлопка-сырца с коробочки – на 0,40...0,46 г или 10,0...10,9 %.

Среди вариантов доз внесения удобрений минимальное количество плодоземелентов на растении 3,4...5,0 шт. и масса хлопка-сырца с 1 коробочки 3,83...4,24 г наблюдалось при внесении удобрений дозами $N_{70}P_{30}K_{23}$ кг.д.в./га. Дальнейшее постепенное увеличение удобрённости почвы до $N_{105}P_{45}K_{34}$ и далее до $N_{140}P_{60}K_{45}$ кг.д.в./га приводило к увеличению этих показателей соответственно до 4,8...6,7 шт. и 3,99...4,39 г и далее до 6,8...8,7 шт. и 4,12...4,57 г. Больше всего коробочек на 1 растении (7,9...10,2 шт.) и хлопка-сырца с 1 коробочки (4,28...4,74 г) было получено на вариантах, где дозы минеральных удобрений были наибольшими в наших опытах – $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га. Такой уровень минерального питания в сравнении с другими вариантами опыта способствовал увеличению количества плодоземелентов на кусте на 4,5...5,5 шт. (или 104,0...132,4 %), а массы хлопка-сырца с коробочки на 0,44...0,53 г (или 11,2...13,3 %).

При поливе по бороздам в среднем за 2019-2020 гг. на кусте хлопчатника наблюдалось на 1,9 (или 22,1 %) коробочки меньше, а масса хлопка-сырца с 1 плодоземелента была на 0,33 г или 7,2 % меньше, чем при дождевании.

Выводы. Таким образом, проведённые в 2019-2020 гг. полевые исследования при поливе хлопчатника дождеванием показали, что уровень водообеспеченности посевов не ниже 75-75-70 % НВ создавал оптимальные условия для получения наибольшей продуктивности хлопчатника, так как на этом варианте были получены наибольшие значения биологической урожайности – 2,33...5,29 т/га (что на 0,88...1,61 т/га или 41,6...60,1 % больше чем на других вариантах опыта), массы хлопка-сырца с 1 растения – 21,2...48,3 г (увеличение на 8,0...14,7 г или 41,2...60,6 %), количества коробочек на кусте – 5,0...10,2 шт. (увеличение на 1,6...2,3 шт. или 26,5...47,1 %) и количества продукции с 1 коробочки – 4,24...4,74 г, где прибавка составляла 0,40...0,46 г или 10,0...10,9 %.

Среди вариантов удобренности почвы наиболее эффективным был вариант с дозами удобрений $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га, где биологическая урожайность достигала наибольших значений 3,68...5,29 т/га, а прибавка к урожайности хлопка-сырца по сравнению с другими вариантами составляла 2,23...3,32 т/га или 127,0...224,3 %. Масса хлопка-сырца с 1 растения здесь увеличилась на 20,4...27,1 г или 127,8...160,7 % и составляла 33,6...48,3 г. Количество плодозлементов на 1 растении и масса хлопка-сырца с коробочки при таком уровне минерального питания также достигали максимума – 7,9...10,2 шт. и 4,28...4,74 г соответственно, что в сопоставлении с остальными вариантами было больше на 4,5...5,5 коробочек (или 104,0...132,4 %) и на 0,44...0,53 г (или 11,2...13,3 %).

В результате максимальная продуктивность растений была достигнута при сочетании уровня водообеспеченности 75-75-70 % НВ и внесении удобрений дозами $N_{175}P_{75}K_{56}$ кг.д.в./га, где прибавка к урожайности составляла 0,42...3,84 т/га (или 8,6...264,8 %), масса продукции с 1 растения увеличилась на 3,8...35,1 г (или 8,5...266,0 %), увеличение количества коробочек на кусте составило 0,5...6,8 шт. (или 5,2...200,0 %), количество хлопка-сырца с 1 коробочки возросло на 0,17...0,91 г (или 3,7...23,8 %).

Также наши научные изыскания показали, что при поливе по бороздам в сравнении с дождеванием биологическая урожайность хлопчатника снизилась на 1,19 т/га или 38,0 %, продуктивность одного куста – на 10,9 г или 38,2 %, масса хлопка-сырца с 1 плодозлемента – на 0,33 г или 7,2 %, а количество коробочек на растении уменьшилось на 1,9 или 22,1 %.

Библиографический список

1. Режим орошения хлопчатника при дождевании и капельном орошении в Нижнем Поволжье / А. С. Овчинников, Е. А. Ходяков, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 3 (55). С. 15-24.
2. Русеева З. М. Агроклиматический справочник по Волгоградской области. М.: Let Me Print, 2012. 146 с.
3. Agrobiological assessment of cotton breeding material in light chestnut soils / A. S. Ovchinnikov, O. H. Kimsanbaev, V. A. Antonov, I. Y. Podkovyrov [et al.] // E3S Web of Conferences. 2020. V. 203.
4. Ali M., Saleem S., Irshad M. Comparative study of different irrigation system for cotton crop in District Rahim Yar Khan, Punjab, Pakistan // International Journal of Agricultural Extension. 2020. V. 8 (2). P. 131-138.
5. Cotton irrigation scheduling improvements using wetting front detectors in Uzbekistan / N. Ibragimova, M. Avliyakulova, N. Durdieva, S. Evett, F. Gopporova, N. Yakhyoeva // Agricultural Water Management. 2021. V. 244. N. 106538.
6. Effects of different water levels on cotton growth and water use through drip irrigation in an arid region with saline ground water of Northwest China / K. Yaohu, W. Ruoshui, W. Shuqin, H. Wei, J. Shufang, L. Shiping // Agricultural Water Management. 2012. V. 109. P. 117-126.
7. Hong L., Robert J. Deficit irrigation for enhancing sustainable water use: Comparison of cotton nitrogen uptake and prediction of lint yield in a multivariate autoregressive state-space model // Environmental and Experimental Botany. 2011. V. 71. P. 224-231.

8. Influence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton–maize cropping sequence / T. Sampathkumar, B. J. Pandian, M. V. Rangaswamy, P. Manickasundaram, P. Jeyakumar // *Agricultural Water Management*. 2013. V. 130. P. 90-102.

9. Li J. Increasing Crop Productivity in an Eco-Friendly Manner by Improving Sprinkler and Micro-Irrigation Design and Management: A Review of 20 Years' Research at the IWHR // *China Irrigation and Drainage*. 2018. V. 67 (1). P. 97-112.

10. Response of Bt cotton to nitrogen under drip and check basin method of irrigation under Punjab conditions / A. Kaur, S. Singh, K. Sekhon, B. Sidhu // *Research on Crops*. 2012. V. 13(2). P. 708-710.

11. Sajjan S., Suresh P., Panna L. Effect of deficit irrigation, phosphorous inoculation and cycocel spray on root growth, seed cotton yield and water productivity of drip irrigated cotton in arid environment // *Agricultural Water Management*. 2016. V. 169. P. 14-25.

12. Timothy S. G., Robert J. L. Rainwater use by cotton under subsurface drip and center pivot irrigation // *Agricultural Water Management*. 2019. V. 215. P. 1-7.

Информация об авторах:

Бондаренко Кирилл Владимирович, аспирант, младший научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). **E-mail:** kirill-bondarenko-1995@mail.ru

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

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

Милованов Сергей Геннадьевич, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник Центра оросительной мелиорации и испытания дождевальной техники НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3916-2619>. **E-mail:** redas008@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-28

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF TERRITORIES ON THE PRESERVATION OF STATE PROTECTED FOREST STRIPS

A. A. Vypritskiy

*FGBNU "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation
and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences", Volgograd, Russia*

Received 07.02.2023

Submitted 10.03.2023

The work was carried out within the framework of the State Task of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences State Registration No. 122020100311-3 "Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry complexes in transitional natural-geographical zones, patterns and forecast of their degradation and desertification based on geoinformation technologies, aerospace methods and mathematical cartographic modeling in modern conditions"; No. 122020100405-9 "Cartographic modeling of the state, functioning and dynamics of processes of deserted territories with the use of information technologies"; No. 122020100406-6 "Theoretical foundations and mathematical and cartographic models of the functioning of agroforestry systems in the protection of soils from deflation"

Abstract

Introduction. State protective forest strips (GZLP), in addition to protective functions, provide environmental formation, prevention of deflation and water erosion of the soil layer, stability of agroforestry landscapes; increase in land productivity. GZLPS are located along watersheds and have a predominantly meridional orientation, which causes a decrease in the height of the relief in the southern direction, and since in conditions of insufficient humidification of the steppe and dry-steppe natural and climatic zones, most of

the plantings have reached the age limit of the stands of the prevailing species (60-70 years), their preservation largely depends on the conditions of local humidification, which it is caused even by minor local decreases **An object.** The state protective forest strips on the territory of the Volgograd region: "Penza – Kamensk", "Kamyshin – Volgograd", "Volgograd – Cherkessk" – watershed, "Voronezh – Rostov-on-Don", "Saratov – Astrakhan" – boruslovye. **Materials and methods.** The methodology is based on the use of Earth remote sensing data, such as Sentinel 2 satellite images, SRTM 1 digital terrain model, as well as the use of a normalized vegetation differential index (NDVI) to determine the safety of plantings. The methodology is based on geoinformation technologies of spatial data analysis. **Results and conclusions.** As a result of the correlation analysis, a weak dependence of the safety of plantings on the steepness of slopes on chestnut salt flats was established, the correlation coefficient value is 0.36. A weak and moderate dependence of the influence of the relief height is visible on the following soils: on chernozems with salt flats – 0.45; dark chestnut – 0.33; dark chestnut with salt flats - 0.42; chestnut – 0.39; chestnut with salt shakers – 0.54; light chestnut - 0.50; light chestnut with salt shakers – 0.43; other – 0.45; total – 0.50. The results of the work according to the chosen methodology make it possible to obtain preliminary results using remote studies for the selection of test ranges for the study of the species composition of forest plantations and to identify the causes of changes in the preservation of sites during field work.

Keywords: remote sensing, geoinformation systems, satellite images, mapping, protective forest strips, analysis, productivity.

Citation. Vypritskiy A. A. Analysis of the influence of geomorphological characteristics of the territories on the preservation of state protected forest strips. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 261-271 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-28.

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

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

УДК 634.93:521

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРРИТОРИЙ НА СОХРАННОСТЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС

А. А. Выприцкий, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 07.02.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Работа выполнена в рамках Госзадания ФНЦ агроэкологии РАН госрегистрация № 122020100311-3 «Теоретические основы функционирования и природно-антропогенной трансформации агролесоландшафтных комплексов в переходных природно-географических зонах, закономерности и прогноз их деградации и опустынивания на основе геоинформационных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделирования в современных условиях»; № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий»; № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции»

Актуальность. Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП), помимо полевых функций обеспечивают средообразование, предотвращение дефляции и водной эрозии почвенного слоя, устойчивость агролесоландшафтов; увеличение продуктивности земель. ГЗЛП располагаются по водоразделам и имеют преимущественно меридиональную направленность, что обуславливает уменьшение высоты рельефа в южном направлении, а так как в условиях недостаточного увлажнения степной и сухостепной природно-климатической зоны большая часть

насаждений достигла предельного возраста древостоев преобладающих пород (60-70 лет), то в большой степени их сохранность зависит от условий местного увлажнения, которое обусловлено даже незначительными локальными понижениями. В связи с этим оценка сохранности лесных насаждений в существующих геоморфологических условиях является актуальной задачей. **Объект.** Государственные защитные лесные полосы на территории Волгоградской области: «Пенза – Каменск», «Камышин – Волгоград», «Волгоград – Черкесск» – водораздельные; «Воронеж – Ростов-на-Дону», «Саратов – Астрахань» – приустьевые. **Материалы и методы.** Методология основывается на использовании данных дистанционного зондирования Земли, таких как спутниковые снимки Sentinel 2, цифровой модели местности SRTM 1, а также использовании нормализованного вегетационного дифференциального индекса (NDVI) для определения сохранности насаждений. Методика основана на геоинформационных технологиях анализа пространственных данных. **Результаты и выводы.** В результате проведенного корреляционного анализа установлена слабая зависимость сохранности насаждений от крутизны склонов на солонцах каштановых, подтверждением является значение коэффициента корреляции – 0,36. Слабую и умеренную зависимость влияния высоты рельефа видим на следующих почвах: на черноземах с солонцами – 0,45; темно-каштановые – 0,33; темно-каштановые с солонцами – 0,42; каштановые – 0,39; каштановые с солонцами – 0,54; светло-каштановые – 0,50; светло-каштановые с солонцами – 0,43; прочее – 0,45; общее – 0,50. Результаты работы по выбранной методике открывают возможность с помощью дистанционных исследований получить предварительные результаты для выбора тестовых полигонов по изучению породного состава лесных насаждений и выявления причин изменения сохранности участков при полевых работах.

Ключевые слова: *сохранность лесных полос, дистанционное зондирование земель, ГЗЛП, картографирование лесных полос, защитные лесные полосы.*

Цитирование. Выприцкий А. А. Анализ влияния геоморфологических характеристик территорий на сохранность государственных защитных лесных полос. *Известия НВ АУК.* 2023. 1 (69). 261-271. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-28.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи одобрил ее окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП) выполняют полевые защитные функции для предотвращения потери плодородия почвенного слоя от дефляции и водной эрозии, обеспечивают средообразование и формирование агролесоландшафтов [1, 2, 7, 8, 13]. Оценка сохранности рассматриваемых лесных насаждений и факторов, влияющих на нее, является актуальной задачей, в связи с тем что ГЗЛП, размещенные по водоразделам, имеют преимущественно меридиональную направленность, а это обуславливает уменьшение высоты рельефа в южном направлении и, соответственно, условий их функционирования. Так как в условиях недостаточного увлажнения степной и сухостепной природно-климатической зоны большая часть насаждений достигла предельного возраста древостоев преобладающих пород (60-70 лет) (описаны в работах Манаенкова и Костина), и некоторые участки подвергались пожарам [3, 6, 17], то присутствует процесс снижения сохранности в целом. При этом в большой степени их сохранность зависит от условий местного увлажнения, которое обусловлено даже незначительными локальными понижениями.

ГЗЛП пролегают через следующие лесничества Волгоградской области: Арчединское, Быковское, Волгоградское, Даниловское, Иловлинское, Калачевское, Камышинское, Михайловское, Нижнечирское, Ольховское, Подтелковское, Руднянское, Светлоярское, Серафимовичское, Среднеахтубинское, Старополтавское.

Анализ состояния лесных насаждений на территории России выполнялся с помощью спутниковых снимков (WorldView 3) сверхвысокого разрешения (менее 1 м) [1, 9, 15, 20]. Использование этого источника на территории исследования затруднительно из-за большого количества используемых тайлов. Оценку состояния лесных насаждений можно с определёнными допущениями выполнить и по данным высокого пространственного разрешения со спутников Landsat 8,9 [14] и Sentinel-2 (15 и 10 м, соответственно) [19], которые находятся в открытом доступе. При помощи спектрально-зональных снимков зимнего периода выполняется оценка наличия древостоя лиственных пород по значению коэффициента спектральной яркости (КСЯ) [16] и по бисезонному индексу леса BSFI с использованием разновременных снимков [18]. Ширина кулис ГЗЛП может меняться от 60 м до 100 метров, что обеспечивает возможность применения спутниковых данных с разрешением 10-15 м для выполнения поставленных задач.

Анализ сохранности по данным информационных продуктов типов земного покрова (GlobalLandCover30, ESRI, Global Forest Change) в данной работе не использовался в связи с недостаточным качеством предоставляемых данных [4].

Материалы и методы. Картографирование контуров проектной площади государственных защитных лесных полос проводилось в геоинформационной системе QGIS. При использовании каналов RGB и NIR спектрально-зональной съемки спутника Sentinel-2 A-B пространственного разрешения 10 м. Космоснимки за 2022 год были получены с помощью сервиса Earth Explorer от USGS (служба геологической съемки США) (Рисунок 1). Уточнение границ проводилось с помощью сервиса Google Earth [9, 10], а также карт-схем лесничеств Волгоградской области. Для получения второго уровня обработки космических снимков после радиометрической калибровки и коррекции атмосферных искажений (L2A – BOA, Bottom of Atmosphere) выбран сервис «Bea-science» [21].

Анализ сохранности ГЗЛП проводился с помощью вегетационного индекса NDVI по каналам 4(Red) и 8(NIR) канала спутника Sentinel-2. По патенту № 2437061 – расчет сохранности находится как отношение площади полога лесных насаждений внутри выдела к проектной площади.

Данные со спутников используются в диапазоне «конец августа – начало сентября». Даты выбраны в период окончания вегетационного периода у травянистого покрова прилегающих территорий к границам ГЗЛП, что дает возможность использовать NDVI для классификации лесных насаждений независимо от травянистой и разреженной растительности [10].

Выбранная территория исследования часто подвергается ландшафтными пожарами [6], при анализе были исключены участки, которые были повреждены в той или иной степени от пожаров, чтобы оценивать сохранность только на незатронутых участках [3].

Полученные полигоны были наложены на векторные контуры почв, разработанные по почвенной карте Волгоградской области М: 1 : 400 000. Полученные результаты позволяют определить почвенные условия исследуемых тестовых участков ГЗЛП [5].

Геоморфологический анализ территории, на которой размещены государственные защитные лесные полосы, проводился на основе цифровой модели рельефа (ЦМР) SRTM-1 с пространственным разрешением 30 м, при этом формы рельефа уточнялись по космоснимкам. Геоморфологический анализ дал возможность получить информацию о средней крутизне, протяженности склона, средней высоте тестовых участков, на которых расположены государственные защитные лесные полосы. Использование ЦМР обеспечивает возможность построения модели профиля рельефа каждой трассы ГЗЛП на территории Волгоградской области.

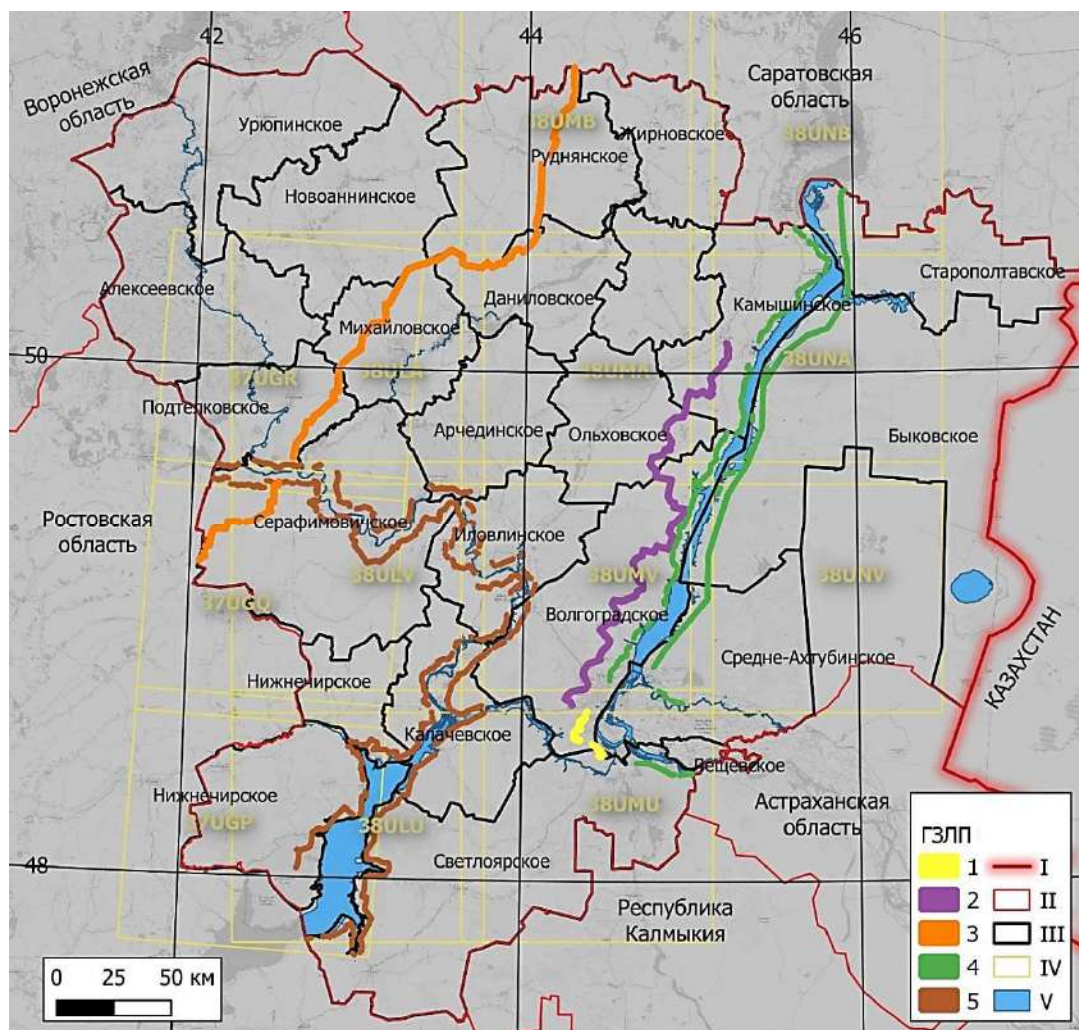


Рисунок 1 – Расположение ГЗЛП на территориях лесничеств Волгоградской области (ГЗЛП (1 – «Волгоград – Черкесск»; 2 – «Камышин – Волгоград»; 3 – «Пенза – Каменск»; 4 – «Саратов – Астрахань»; 5 – «Воронеж – Ростов-на-Дону»; I – государственная граница; II – границы областей; III – границы лесничеств ВО; IV – границы используемых тайлов; V – водные объекты)

Figure 1 – Location of the GZLP on the territories of the forestry of the Volgograd region (GZLP (1 – «Volgograd – Cherkessk»; 2 – «Kamyshin – Volgograd»; 3 – «Penza – Kamensk»; 4 – «Saratov – Astrakhan»; 5 – «Voronezh – Rostov-on-Don»; I state border; II – boundaries of regions; III – boundaries of forestry areas; IV – boundaries of tiles used; V – water bodies)

Геоинформационная система QGIS имеет встроенный инструмент (модуль «Растровый фильтр») коррекции данных электронных таблиц формата .hdt, который был использован для устранения ошибок и пропусков данных модели SRTM 1.

Таким образом, в разработанной базе данных каждый полигон имеет следующие атрибуты: название ГЗЛП, лесничество, к которому относится полигон, тип почвы, средняя крутизна, протяженность склона и средняя высота.

Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Проведенный анализ геометрических и геоморфологических характеристик мест размещения государственных защитных лесных полос позволил установить, что проектная площадь составляет 23,4 тыс. га, что превышает данные комитета природных ресурсов на 2,2 тыс. га и на 1,7 тыс. га данные лесного

плана. Вероятное отличие данных может заключаться в отсутствии оценки непокрытых лесными насаждениями выделов ГЗЛП. При исключении из анализа полученных результатов выделы с пороговым значением сомкнутости, по данным дистанционного зондирования Земли, меньше 0,3, сумма проектной площади составила 21,3 тыс. га. Общая сохранность всех ГЗЛП на территории Волгоградской области составила 79,7 %, что практически сходится со значением 81 % по данным лесного плана [3].

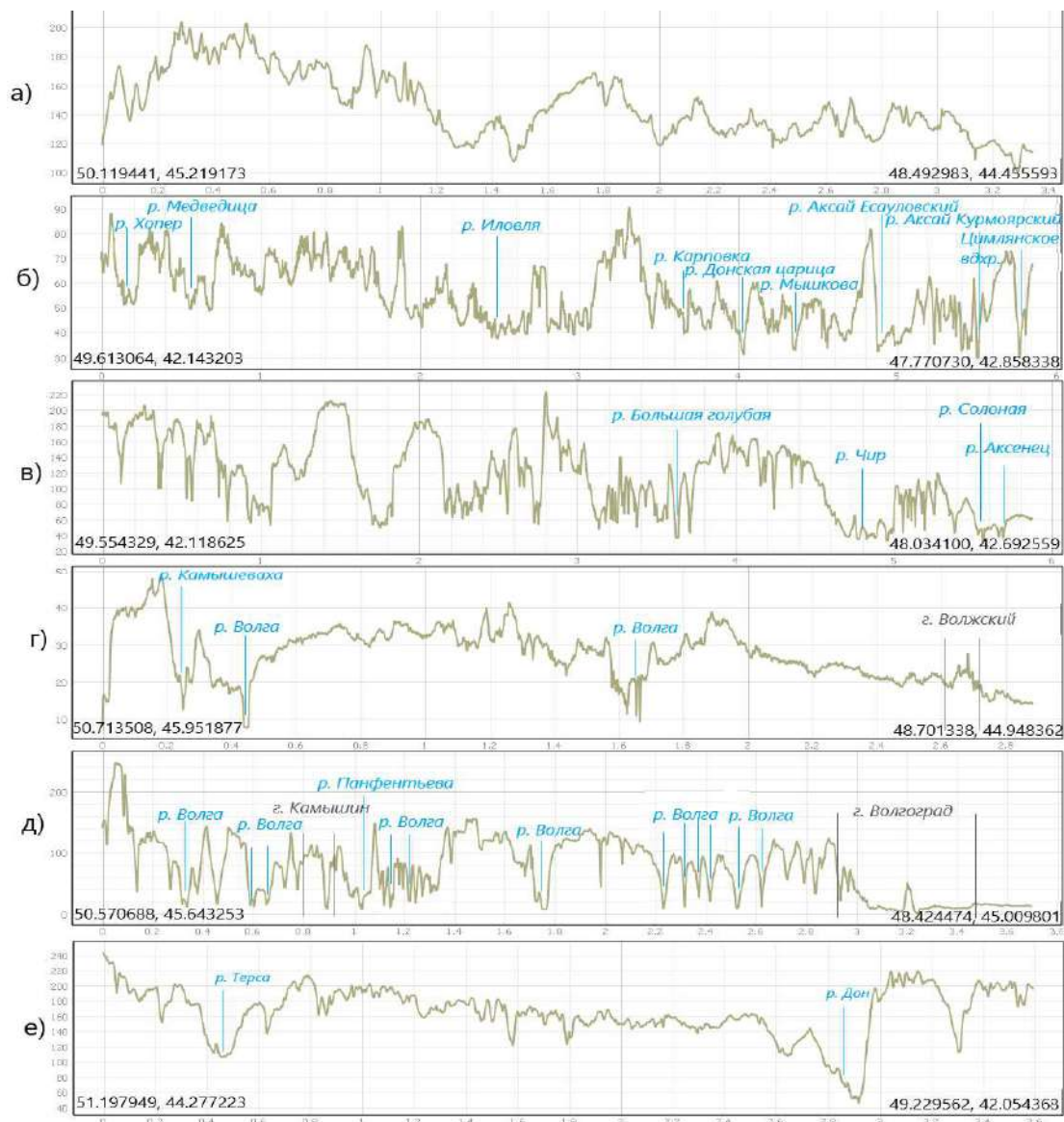


Рисунок 2 – Профили рельефа трасс ГЗЛП на территории Волгоградской области:
а) «Каменск – Волгоград» и «Волгоград – Черкесск»; б) левобережье Дона, ГЗЛП «Воронеж – Ростов-на-Дону»; в) правобережье Дона, ГЗЛП «Воронеж – Ростов-на-Дону»; г) левобережье Волги, ГЗЛП «Саратов – Астрахань»; д) правобережье Волги, ГЗЛП «Саратов – Астрахань»;
е) «Пенза – Каменск»)

Figure 2 - Relief profiles of GZLP routes on the territory of the Volgograd region: a) «Kamensk – Volgograd» and «Volgograd – Cherkessk»; b) the left bank of the Don, GZLP «Voronezh - Rostov-on-Don»; c) the right bank of the Don, GZLP «Voronezh - Rostov-on-Don»; d) the left bank of the Volga, GZLP «Saratov – Astrakhan»; e) the right bank of the Volga, GZLP «Saratov – Astrakhan»; f) «Penza – Kamensk»)

Геоморфологический анализ полигонов позволил построить профили рельефа трасс государственных защитных лесных полос, которые наглядно показывают изменение высот, по их протяженности (рисунок 2). Профиль полос «Камышин – Волгоград» и «Волгоград – Черкесск» были объединены в один из-за незначительной протяженности второй ГЗЛП на территории Волгоградской области по сравнению с остальными.

Геоинформационный анализ пространственного размещения государственных защитных лесных полос открывает возможность группировать выделы ГЗЛП по почвообразующим породам, средней крутизне склона и по среднему значению высоты рельефа на тестовом полигоне. Использование полученных данных позволяет выделить участки с крутизной более 2°, как наиболее подверженные смыву почвы [11, 12] (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение тестовых полигонов ГЗЛП по приуроченности к почвенным контурам, диапазонам крутизны склона и средних высот рельефа на территории Волгоградской области

Table 1 – Distribution of test polygons of the GZLP by their proximity to soil contours, slope steepness ranges and average relief heights on the territory of the Volgograd region

Название почвы	Диапазон крутизны склона 0-2°/2-4°/4° и более	Средняя высота рельефа 0-50м/50-100м/100-150м/150 и более	Всего
Черноземы	552/17/0	0/12/137/420	569
Черноземы с солонцами	34/2/0	0/0/0/36	36
Каштановые	353/40/2	143/50/79/123	395
Каштановые с солонцами	1402/66/6	351/171/535/417	1474
Темно-каштановые	160/37/9	37/20/29/120	206
Темно-каштановые с солонцами	70/4/0	4/11/21/38	74
Светло-каштановые	26/4/0	6/0/24/0	30
Светло-каштановые с солонцами	211/9/1	85/14/122/0	221
Солонцы каштановые	216/2/0	122/18/78/0	218
Пески	190/28/9	53/155/18/1	227
Прочее	136/23/5	24/73/39/28	164

Для оценки влияния крутизны склона на сохранность насаждений ГЗЛП в программе Microsoft Excel была установлена корреляционная связь крутизны склона и сохранности насаждений на тестовых участках (без учета участков, на которых присутствовали пожары) (рисунок 3).

По полученным коэффициентам корреляции слабая зависимость наблюдается на солонцах каштановых. Стандартное отклонение по крутизне склона на солонцах каштановых – 0,36. Полученные данные показывают отсутствие зависимости изменения сохранности государственных защитных лесных полос от крутизны склона.

Полученные коэффициенты корреляции показывают умеренную связь влияния средней высоты над уровнем моря на сохранность лесных насаждений (рисунок 4). Стандартное отклонение всех выделов по высотам составляет 58,13. Достоверность полученных корреляционных значений была рассчитана с помощью распределения Стьюдента (таблица 2). Одной из причин изменений сохранности по высотам является расположение выделов в пойменных зонах, а также в сухостепных зонах, приближенных к Дону и Волги на высотах менее 50 метров. Обрушение и смыв почвенного слоя вблизи береговых линий рек, могут являться одной из причин. Рельеф Волгоградской области изменяется аналогично с почвенно-климатическими условиями от севера-запада региона, что также является одной из главных причин в изменении сохранности [3].

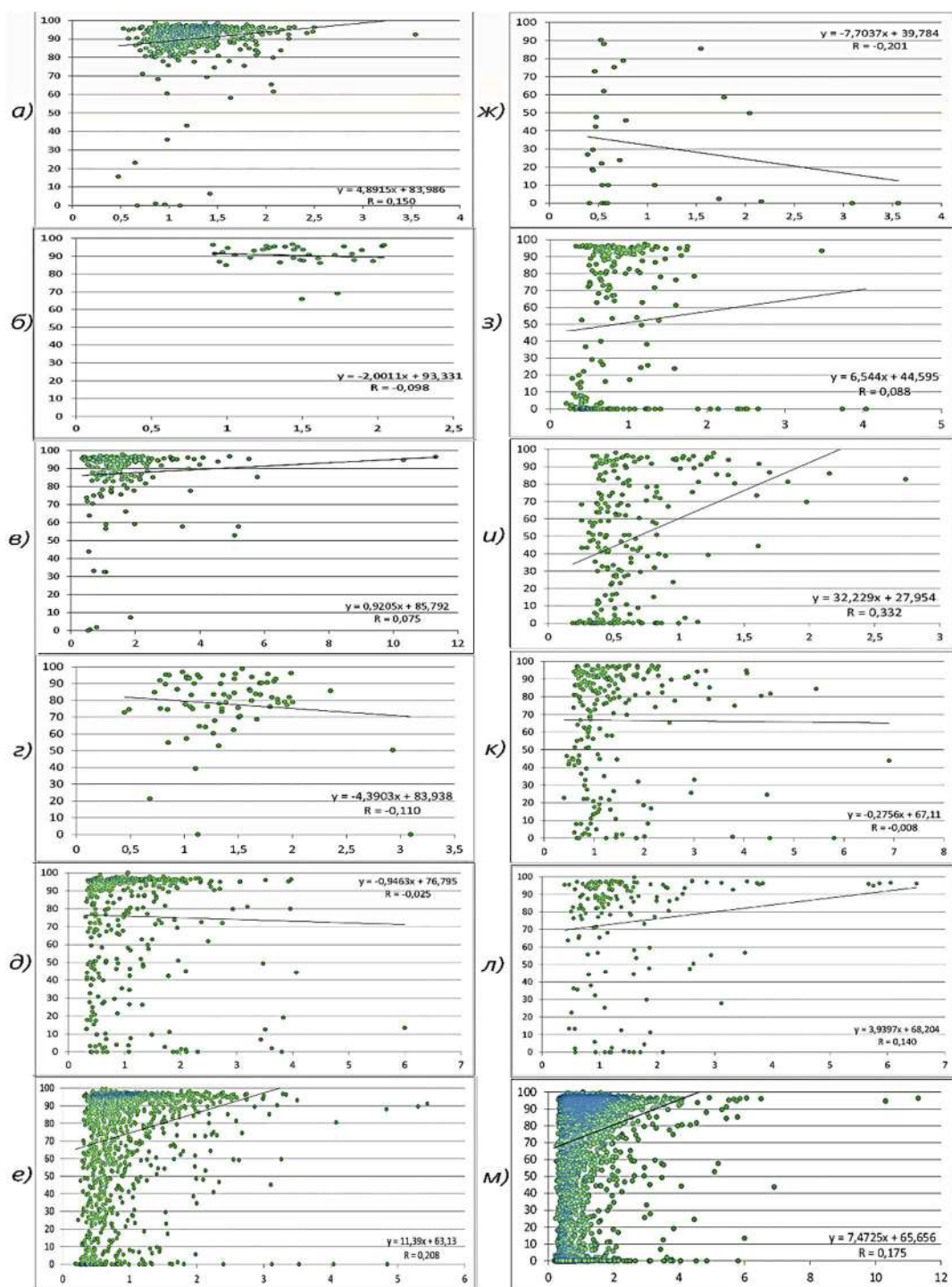


Рисунок 3 – Корреляционная связь крутизны склона на сохранность лесных насаждений ГЗЛП: ось y – сохранность тестового полигона, %; x – крутизна склона; а) черноземы; б) черноземы с солонцами; в) темно-каштановые; г) темно-каштановые с солонцами; д) каштановые; е) каштановые с солонцами; ж) светло-каштановые; з) светло-каштановые с солонцами; и) солонцы каштановые; к) пески; л) прочее; м) все участки

Figure 3 – The correlation of the slope steepness on the safety of forest plantations is GZLP: y-axis – safety of the test site, %; x - slope steepness; а) chernozems; б) chernozems with salt shakers; в) dark brown; д) dark brown with salt shakers; е) chestnut; ф) chestnut with salt shakers; г) light brown; и) svetlo-kashtanovye with salt shakers; к) sands; л) other; м) all plots

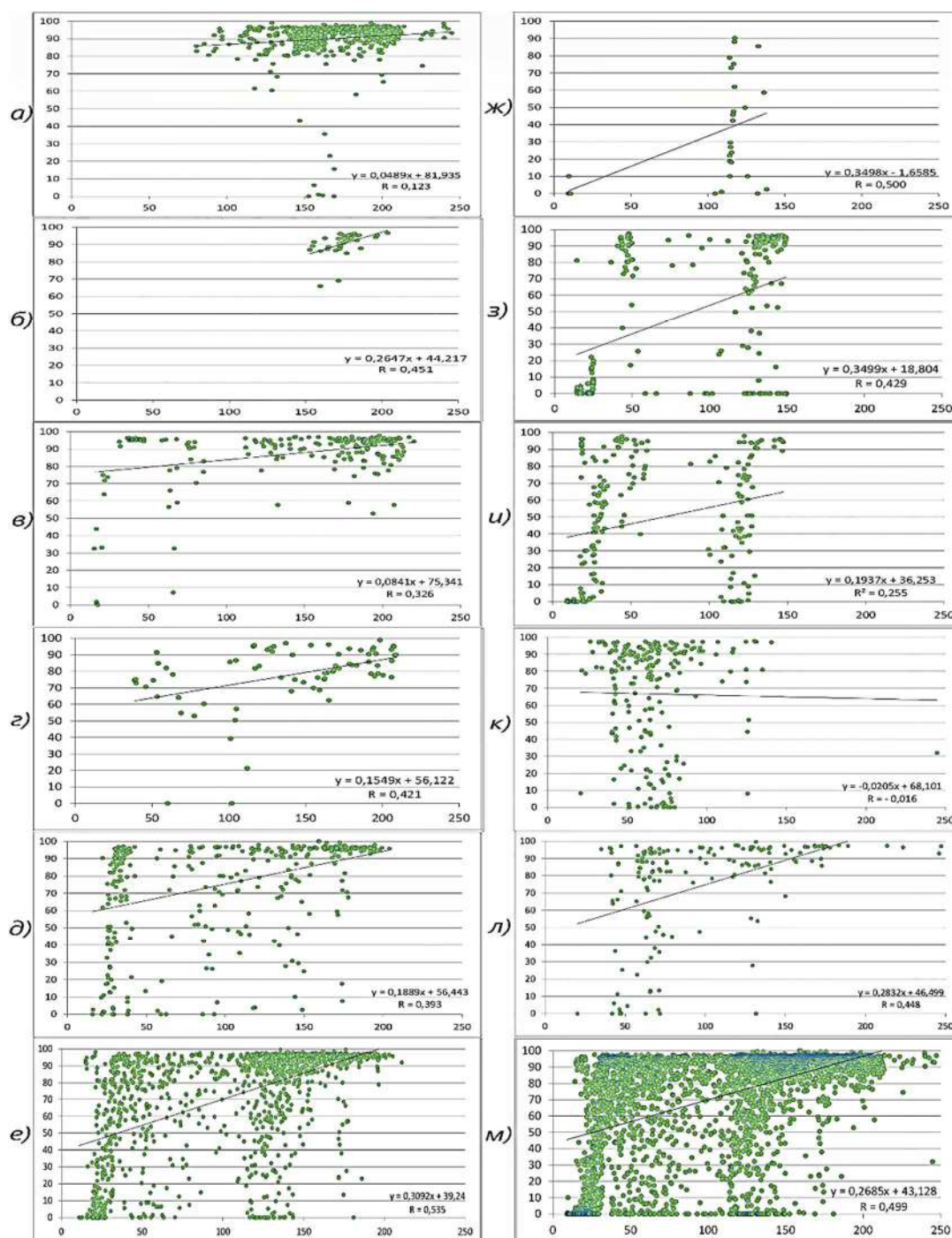


Рисунок 4 – Корреляционная связь влияния высоты выделов над уровнем моря на сохранность лесных насаждений ГЗЛП: x – высота над уровнем моря, м; y – сохранность выдела, %; а) черноземы; б) черноземы с солонцами; в) темно-каштановые; г) темно-каштановые с солонцами; д) каштановые; е) каштановые с солонцами; ж) светло-каштановые; з) светло-каштановые с солонцами; и) солонцы каштановые; к) пески; л) прочее; м) все участки

Figure 4 –Correlation of the influence of the height of stands above sea level on the safety of forest plantations GZLP: x – height above sea level, m; y – preservation of the allotment, %; a) chernozems; b) chernozems with salt shakers; c) dark brown; d) dark brown with salt shakers; e) chestnut; f) chestnut with salt shakers; g) light brown; h) svetlo-kashtanovye with salt shakers; i) chestnut salt shakers; k) sands; l) other; m) all plots

Таблица 2 – Достоверность результатов по распределению Стьюдента

Table 2 – Reliability of the results according to the Student's distribution

Название почв	Коэффициент корреляции	Количество выделов	Распределение Стьюдента
Черноземы с солонцами	0,45	36	0,0057
Темно-каштановые	0,33	206	0,0
Темно-каштановые с солонцами	0,42	74	0,0002
Каштановые	0,39	395	0,0
Каштановые с солонцами	0,54	1474	0,0
Светло-каштановые	0,50	30	0,0049
Светло-каштановые с солонцами	0,43	221	0,0
Прочее	0,45	364	0,0
Общее	0,50	3614	0,0

Выводы. Исследование сохранности государственных защитных лесных полос является актуальной задачей, так как большая часть лесных насаждений достигла высокого возраста – 60-70 лет. ГЗЛП выполняют как средообразующую, так и полезащитную функцию, защищают почвенный покров от дефляции и водной эрозии, повышают продуктивность прилегающих сельскохозяйственных угодий.

Полученные коэффициенты корреляции демонстрируют слабое влияние крутизны склонов на сохранность лесных насаждений ГЗЛП на солонцах каштановых ($R=0,36$). Прослеживается слабая и умеренная зависимость сохранности лесных насаждений ГЗЛП от высот местности над уровнем моря на следующих почвах: черноземы с солонцами – 0,45; темно-каштановые – 0,32; темно-каштановые с солонцами – 0,42; каштановые – 0,39; каштановые с солонцами – 0,54; светло-каштановые – 0,50; светло-каштановые с солонцами – 0,43; прочее – 0,45; общее – 0,50.

Результаты работы по выбранной методике открывают возможность с помощью дистанционных методов вести подготовку тестовых полигонов для дальнейшего изучения породного состава и выявления причин изменения сохранности насаждений наземным путем.

Библиографический список

1. Антонов С. А. Анализ пространственного положения защитных лесных насаждений на основе геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования земли // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2020. Т. 26. № 2. С. 408-420.
2. Барабанов А. Т., Панов В. И. Преобразование гидрологического режима агроландшафтов защитными лесными насаждениями // Живые и биокосные системы. 2016. № 16. С. 6.
3. Выприцкий А. А., Шинкаренко С. С. Анализ влияния почвенно-климатических условий на сохранность государственных защитных лесных полос на основе данных Sentinel-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 147-163.
4. Выприцкий А. А. Сравнительный анализ сохранности водораздельных Государственных защитных лесных полос Волгоградской области по данным SENTINEL-2 NDVI и информационных продуктов типов земных покрова // ИнтерКарто, ИнтерГИС. 2022. Т. 28. Ч. 1. С. 359–367.
5. Выприцкий А. А. Электронное картографирование государственных защитных лесных полос в Волгоградской области // Грани познания. 2021. № 3 (74). С. 9-14.
6. Динамика горимости аридных ландшафтов России и сопредельных территорий по данным детектирования активного горения / С. С. Шинкаренко, В. В. Дорошенко, А. Н. Берденгалиева, И. А. Комарова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 1. С. 149–164.

7. Засоба В. В., Чеплянский И. Я., Поповичев В. В. Семидесятилетний опыт создания государственных защитных лесных полос в степной зоне России // Живые и биокосные системы. 2019. № 27. С. 3.
8. Кулик К. Н., Пугачёва А. М. Лесомелиорация — основа создания устойчивых агроландшафтов в условиях недостаточного увлажнения // Лесотехнический журнал. 2016. Т. 6. № 3 (23). С. 29–40.
9. Нарожняя А. Г., Чендев Ю. Г. Изучение современного экологического состояния лесных полос с использованием ГИС и ДДЗ // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета. 2020. Т. 26. Ч. 2. С. 54–65.
10. Рулев А. С., Кошелева О. Ю., Шинкаренко С. С. Оценка лесистости агроландшафтов Юга Приволжской возвышенности по данным NDVI // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 4 (44). С. 32–39.
11. Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов // Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт. 2015. 153 с.
12. Рулев А. С., Юферев В. Г. Математико-геоморфологическое моделирование эрозионных ландшафтов // Геоморфология. 2016. № 3. С. 36–45.
13. Таранов Н. Н., Синельникова К. П. Анализ сохранности государственной лесной полосы Камышин – Волгоград, методами ретроспективы и ГИС технологий. Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов // Сборник Статей VII всероссийской с международным участием научно-практической конференции. 2017. С. 389–393.
14. Терехин Э. А. Пространственный анализ особенностей формирования древесной растительности на залежах лесостепи Центрального Черноземья с использованием их спектральных признаков // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 142–156.
15. Ткаченко Н. А., Кошелев А. В. Картографирование защитной лесистости агроландшафтов волгоградского Заволжья // Вестник АПК Ставрополя. 2017. № 2 (26). С. 137–143.
16. Ховратович Т. С., Барталев С. А., Кашницкий А. В. Метод детектирования изменений лесов на основе попиксельной оценки проективного покрытия древесного полога по разновременным спутниковым изображениям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 4. С. 102–110.
17. Шинкаренко С. С., Берденгалиева А. Н. Анализ многолетней динамики степных пожаров в Волгоградской области // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 2. С. 98–110.
18. Шинкаренко С. С., Барталев С. А., Васильченко А. А. Метод картографирования защитных лесных насаждений на основе разновременных спутниковых изображений высокого пространственного разрешения и бисезонного индекса леса // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 4. С. 207–222.
19. Шихов А. Н., Дремин Д. А. Закономерности повреждения ветровалами лесов европейской территории России и Урала: анализ по спутниковым данным // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 3. С. 153–168.
20. Koshelev A. V., Tkachenko N. A., Shatrovskaya M. O. Decoding of forest belts using satellite images // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. – Vol. 875. P. 012065.
21. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System / E. A. Loupian, M. A. Bourtsev, A. A. Proshin, A. V. Kashnitskii, I. V., Balashov, S. A. Bartalev, A. M. Konstantinova, D. A. Kobets, M. V. Radchenko, V. A. Tolpin, I. A. Uvarov // Remote Sensing. 2022. Vol. 14. № 1. P. 77.

Информация об авторе

Выприцкий Артем Алексеевич, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: vyprickiy-a@vifanc.ru, ORCID: 0000-0002-3095-6834.

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF TABLE GROWTH REGULATOR *VIGOR FORTE* IN THE WATERMELON CULTIVATION TECHNOLOGY IN COMBINATION WITH WATER-SOLUBLE FERTILIZER *AGROVIN*

N. B. Ryabchikova¹, M. S. Kornilova¹, S. D. Fomin²

¹*Bykovskaya Melon Breeding Experimental Station – the branch of the Federal State Budget Scientific Institution Federal Scientific Center of Vegetable Growing, Volgograd region*

²*Volgograd State Agrarian University*

Received 11.01.2023

Submitted 10.03.2023

Abstract

Introduction. Modern conditions for the production of melons require new approaches to cultivation, which will increase yields and obtain fruits with high taste qualities. In this regard, the search for ways to increase the yield of table watermelon with high quality of marketable products becomes relevant. One of the ways to solve the problem is to use foliar treatments. Leaf feeding, due to the delivery of nutrients directly to plants, enhances the vitality of the plant organism, increasing the adaptive potential of plants to adverse environmental factors and reduces the risks of crop loss. **Materials and methods.** We have conducted research on the use of foliar treatments of table watermelon plants with Vigor Forte growth regulator and Agrovin fertilizers based on amino acids and aminochelates with a corrective complex of NPK and trace elements. The treatment of plants was carried out twice, the first during the period of "the beginning of plaiting", the second - 10-12 days before the closure of the lashes. Consumption rates of drugs: Vigor Forte - 25 g /ha and 50 g/ha; Agrovin Universal – 500 g/ha; Agrovin Profi – 500 g/ha; NPK complex - 500 g/ha. **Results and conclusions.** It was found that the treatment of table watermelon plants with Vigor Forte growth regulator in combination with Agrovin Universal or Agrovin Pro fertilizers increases yield by 36.7 - 77.9%, depending on the type of Agrovin fertilizer and the consumption rate of the Vigor Forte preparation. A positive effect on the average weight of the fetus was also noted. There was no significant change in the biochemical composition of the fruits. The amount of nitrates (an indicator of the food purity of the product) did not exceed the Maximum Permissible Concentration (60 mg/kg).

Key words: table watermelon, Vigor Forte, Agrovin Universal, Agrovin Profi, NPK complex, norm, number of lashes, length of lashes, yield, fruit quality.

Citation. Ryabchikova N. B., Kornilova M. S., Fomin S. D. The effectiveness of the use of table growth regulator Vigor Forte in combination with water-soluble fertilizer Agrovin in watermelon cultivation technology. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 272-281 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-29.

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

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

УДК 631.811/635.615

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ АРБУЗА СТОЛОВОГО РЕГУЛЯТОРА РОСТА ВИГОР ФОРТЕ В СОЧЕТАНИИ С ВОДОРАСТВОРИМЫМ УДОБРЕНИЕМ АГРОВИН

Н. Б. Рябчикова¹, научный сотрудник

М. С. Корнилова¹, научный сотрудник

С. Д. Фомин², доктор технических наук, профессор

¹*Быковская бахчевая селекционная опытная станция - филиал Федерального научного центра овощеводства, Волгоградская область, Быковский район*

²*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 11.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Современные условия производства бахчевых культур требуют новых подходов к выращиванию, которые позволят увеличить урожайность и получить плоды с высокими вкусовыми качествами. В связи с этим поиск путей повышения урожайности арбуза сто-

лового с высоким качеством товарной продукции становится актуальным. Одним из способов решения проблемы является использование фолиарных обработок. Листовая подкормка за счет доставки элементов питания непосредственно растениям усиливает жизнестойкость растительного организма, увеличивая адаптационный потенциал растений к влиянию неблагоприятных факторов среды и снижая риски потери урожая. **Материалы и методы.** Нами проведены исследования по применению фолиарных обработок растений арбуза столового регулятором роста Вигор Форте и удобрений Агровин на основе аминокислот и аминокислот с корректирующим комплексом NPK и микроэлементов. Обработку растений проводили двукратно, первую в период «начало плетевосстановления», вторую – через 10-12 суток перед смыканием плетей. Нормы расхода препаратов: Вигор Форте – 25 г/га и 50 г/га; Агровин Универсал – 500 г/га; Агровин Профи – 500 г/га; NPK комплекс – 500 г/га. **Результаты и выводы.** Было выявлено, что обработка растений арбуза столового регулятором роста Вигор Форте в комплексе с удобрениями Агровин Универсал или Агровин Профи увеличивает урожайность на 36,7-77,9 % в зависимости от вида удобрения Агровин и нормы расхода препарата Вигор Форте. Также было отмечено положительное действие на среднюю массу плода. Существенного изменения биохимического состава плодов не отмечено. Количество нитратов (показатель пищевой чистоты продукта) не превышало ПДК (60 мг/кг).

Ключевые слова: арбуз столовый, Вигор Форте, Агровин Универсал, Агровин Профи, NPK комплекс, число плетей арбуза, длина плетей арбуза, урожайность арбуза столового, качество плодов арбуза столового.

Цитирование. Рябчикова Н. Б., Корнилова М. С., Фомин С. Д. Эффективность применения в технологии выращивания арбуза столового регулятора роста Вигор Форте в сочетании с водорастворимым удобрением Агровин. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 272-281. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-29.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Арбуз столовый (*Citrullus lanatus* (Thunb)) является приоритетной культурой среди бахчевых. Арбуз обладает достаточно высокими вкусовыми качествами, так как мякоть плода содержит необходимые для организма человека витамины, углеводы, минеральные элементы и кислоты [10].

Плоды арбуза столового обладают широким рядом полезных для организма человека питательных веществ [23]. В 100 граммах мякоти содержится: вода – 92,6 %, белки – 0,6 %, жиры – 0,1 %, углеводы – 5,8 %, моно- и дисахара – 5,8 %, а также представлен целый комплекс витаминов (В, С, РР) и микроэлементов (Na, K, Ca, Mg, P, Fe) [5, 19], что имеет значение в профилактике многих заболеваний. Культура арбуза занимает весомое место в валовом производстве овощебахчевой продукции, предпочитает легкие по гранулометрическому составу почвы, территории со значительными тепловыми ресурсами (сумма температур +10 °С и более – 2700...3600 °С) и продолжительным периодом активной вегетации (155...183 суток), чему в высокой степени соответствуют климатические условия Волгоградской области [1, 12]. Но почвы достаточно слабо обеспечены элементами питания: содержание гумуса – 0,6-0,95 %, общего азота – 0,12-0,15 %, подвижного фосфора – от 18,0 до 48,3 мг/кг, обменного калия – 120-180 мг/кг [8, 17]. Поэтому для получения стабильного урожая плодов растениям необходимо дополнительное питание. Известно, что высокий эффект в повышении продуктивности посевов арбуза столового достигается при его выращивании по пласту многолетних трав, а также применении корневых подкормок минеральными удобрениями [3, 4, 9]. В последнее время отмечается сокращение посевных площадей многолетних трав, а

повышение фона питания растений арбуза столового за счет минеральных сыпучих удобрений может привести к значительному накоплению нитратов в плодах, что делает их непригодными к употреблению [15, 18]. Для снижения негативных последствий применения минеральных удобрений нами разработан новый способ обеспечения культуры элементами питания, основанный на их доставке непосредственно растениям с помощью некорневых подкормок регулятором роста Вигор Форте в комплексе с органоминеральными удобрениями на основе аминокислот Агровин Универсал и Агровин Профи [7, 13]. Аминокислотное удобрение образуется из ионов минеральных элементов с образованием новой молекулы, легко усваивается листовой поверхностью и перемещается внутри растений [9, 11, 21]. Обусловливается это тем, что микроэлемент вводится в биологически активной форме и обладает высокой способностью преодолевать мембраны. По причине своей нейтральности он беспрепятственно преодолевает кутикулярные слои и проникает внутрь клетки, а малый размер молекул делает его более подвижным [9, 20, 22]. Необходимо отметить, что если синтетические хелаты воспринимаются растением как чужеродные, то аминокислотные, в силу своей природы, становятся для растений родственными и беспрепятственно проникают внутрь клетки, где минерал «освобождается» для дальнейшего использования, а аминокислотный комплекс включается в биохимические процессы растения [8, 9]. Для борьбы с последствиями стрессов возможно использование антистрессантов, которые снижают период адаптации растений к воздействию природных и техногенных факторов [6, 15]. Одним из таких препаратов является Вигор Форте, в составе которого содержится аналог фитогормона – ауксин, выполняющий функцию мощного антистрессанта [16]. Исследования показали, что применение регулятора роста Вигор Форте и жидкого органоминерального удобрения Агровин для foliarных обработок растений арбуза столового в период вегетации является простым способом обеспечения растений питанием в любой период их роста, что позволяет влиять на процессы, определяющие будущий урожай и его качество. Дополнительное питание в начальный период роста и развития растений способствует формированию новых боковых побегов, усиливает их рост и за счет способности растений образовывать новую корневую систему на плетях быстро преодолеть последствия стрессовых ситуаций таких как, пыльные бури, отсутствие осадков и высокие температуры.

Цель исследований. Определить влияние некорневых подкормок арбуза столового регулятором роста Вигор Форте в различных дозах и сочетаниях с удобрением Агровин Универсал, Агровин Профи и NPK комплексом на рост и развитие растений, урожайность и биохимические показатели плодов.

Материалы и методы. Исследования проводили на базе Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр овощеводства» (Быковский район, Волгоградская область). Для некорневой подкормки применяли регулятор роста Вигор Форте в различных сочетаниях с удобрениями Агровин Универсал, Агровин Профи, NPK комплексом с содержанием питательных элементов и аминокислот, %: Агровин Универсал: аминокислоты – 1,00; Fe* – 0,15; Cu* – 0,05; Zn* – 0,15; Mn – 6,20; Mg – 2,20; B – 6,50; S – 7,20; K₂O* – 0,02. Агровин Профи: аминокислоты – 1,00; Fe* – 0,15; Cu* – 0,05; Zn – 5,00; Mn – 11,0; Mg* – 0,10; B – 5,60; S – 7,10; K₂O* – 0,02. NPK комплекс – 18-18-18 д.в. + микроэлементы, %: S-3,0; Mg – 0,5; Fe** – 0,1; Mn** – 0,1; Cu** – 0,04; Zn** – 0,04; B-0,013; Mo-0,003. Вигор Форте, %: N – 5,3; P – 7,8; K – 14,5; Mg – 4,0; Fe – 1,1; Mn – 0,48; Zn – 1,0; Cu – 0,9; B – 0,3; Mo – 0,05; pH – 4,8 (* – элемент питания содержится в аминокислотной форме; ** – элемент питания содержится в хелатной форме).

Нормы расхода препаратов: Агровин Универсал – 2,5 г/л; NPK комплекс – 2,5 г/л; Агровин Профи – 2,5 г/л; Вигор Форте – 0,125 г/л и 0,25 г/л. Рабочий раствор – 200 л/га. Обработку растений проводили двукратно, первую – в период «начало плетенообразования», вторую – перед смыканием плетей (через 10-12 суток). Опыт мелкоделяночный, площадь учетной делянки – 83 м², повторность – 3-х кратная, размещение вариантов систематическое [6, 7]. Почвы светло-каштановые, супесчаные, предшественник – пар. Объект исследований – ранний сорт арбуза столового отечественной селекции Триумф. За контроль был принят вариант без применения обработок. Сроки посева – 1 декада мая, густота стояния растений – 3,2 тыс. на гектар, ширина междурядий – 210 см, расстояние между растениями в рядках – 150 см. Подготовка почвы и уход за посевами состояли из осенней вспашки на глубину 27 см, ранневесеннего боронования, двух сплошных культиваций (первая – на глубину 12-14 см, вторая – перед посевом на глубину 6-8 см), двух междурядных обработок (первая – сразу после появления всходов или маячной культуры на глубину 10-12 см, вторая перед смыканием плетей на глубину – 5-8 см) с прополкой в рядках. Биохимические (сухое вещество, общий сахар, в т.ч. моносахара, витамин С, нитраты) и биометрические показатели (количество плетей и их длина), а также урожайность арбуза столового определяли с использованием методик и методических указаний С. С. Литвинова, В. Ф. Белика, А. И. Яроша [10]. Математическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову с использованием компьютерной программы St5 с расчетом наименьшей существенной разницы для 5 % уровня значимости (НСР₀₅).

Результаты. Арбуз столовый, обладая биологическими признаками, которые закреплены на генетическом уровне, предъявляет свои требования к условиям выращивания [10]. В силу особенностей корневой системы растения арбуза столового обладают высокой засухоустойчивостью, способностью продуктивно использовать воду и питательные вещества при высоких температурах воздуха и низкой влажности почвы [11]. Также рост и развитие растений во многом зависят и от климатических факторов периода плодоношения, основными из которых являются количество и сроки выпадения осадков, температура воздуха (таблица 1), которые могут снизить эффективность применяемых приемов выращивания товарной продукции. Поэтому нами была проведена оценка метеорологических условий во взаимосвязи с урожайностью.

Таблица 1 – Краткая характеристика метеорологических условий в период плодоношения арбуза столового

Table 1 – Brief description of meteorological conditions during the fruiting period of table watermelon

Вегетационный период	Осадки			Среднесуточная температура воздуха		
	2018 год	2019 год	2020 год	2018 год	2019 год	2020 год
Май	+	-	++	++	+	-
Июнь	-	-	+	+	+	+
Июль	++	++	+	++	+	++
Август	-	-	-	-	+	-
Сентябрь	+	-	-	++	+	+
Примечание. Осадки, относительно к среднемноголетним значениям: «+» - незначительно выше или ниже; «++» - значительно выше; «-» - значительно ниже или полное отсутствие. Среднесуточная температура, относительно к среднемноголетним значениям: «+» - незначительно выше или ниже; «++» - значительно выше; «-» - значительно ниже.						

Анализ метеоусловий по годам исследований и урожайности (рисунки 1, 2), для сравнения был взят контрольный вариант – без обработок, он показал, что в 2018 году общее количество осадков хотя и превысило среднемноголетние значения на 16,2 %, выпаде-

ние их было неравномерным. Дожди в периоды появления всходов и роста плодов за счет их своевременности позволили растениям сформировать хорошую вегетативную массу и получить максимальную по годам исследований урожайность – 13,2 т/га, что на 41,9 % и 29,4 % больше по отношению к 2019 и 2020 годам соответственно. Высоким наличием стрессовых ситуаций отличался 2019 год. К значительным потерям урожая, на 3,9 т/га к урожайности 2018 года, привели отсутствие осадков в начале вегетации растений и затяжные обильные дожди в период цветения. Кроме того, из-за достаточно высоких дневных и ночных температур при отсутствии осадков на плодах появились ожоговые пятна, что привело к снижению их товарного вида и потребительского спроса. По срокам выпадения осадков наиболее оптимальным был 2020 год. Но обильные дожди в период получения всходов арбуза столового создали сложности в проведении мероприятий по уходу за посевами, что спровоцировало снижение ростовых процессов у растений из-за бурного развития сорных культур. Урожайность составила 10,2 т/га, что на 9,6 % больше предыдущего года, но на 0,9 т/га меньше полученного урожая в 2018 году.

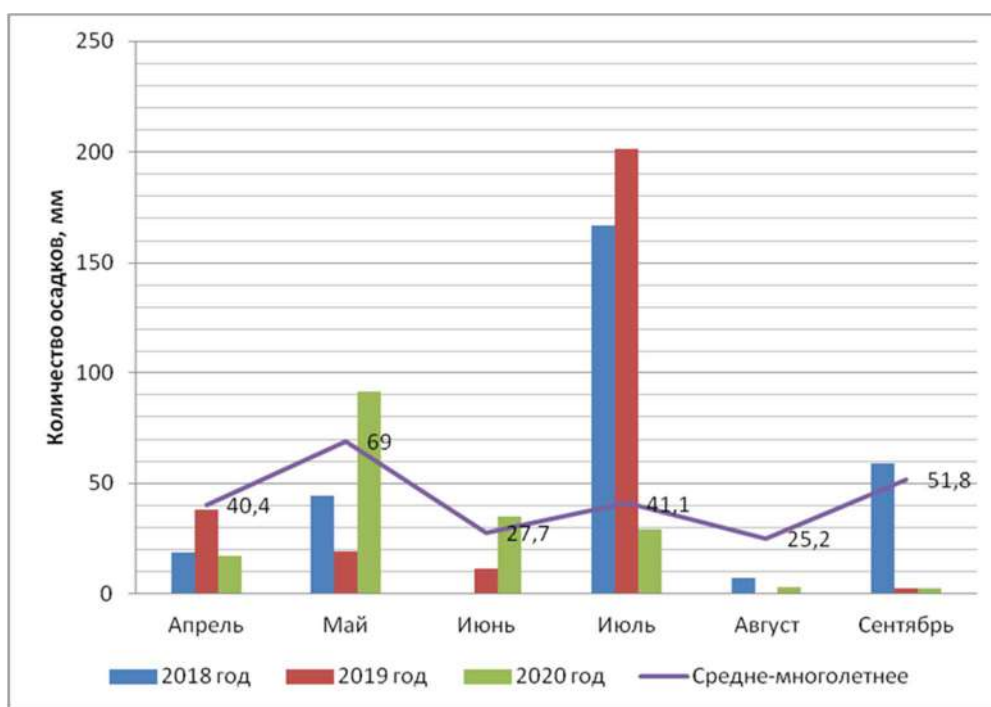


Рисунок 1 – Количество осадков, мм / Figure 1 – Precipitation, mm

По данным исследования было отмечено положительное действие органоминеральных удобрений Агровин и регулятора роста Вигор Форте при стрессовых ситуациях в начальный период роста и развития растений арбуза столового. Одним из важнейших значений в получении стабильной урожайности имеют показатели нарастания вегетативной массы, а именно количество и длина плетей. Как показали результаты исследований (таблица 2), при применении препарата Вигор Форте нормой 0,125 г/л с добавлением удобрений Агровин прирост количества плетей к контролю (без обработок) составил 37,5-62,5 %. Также отмечалось усиление их роста с превышением общей длины плетей на 20,7-42,7 %, при более высоких значениях от применения в баковой смеси удобрения Агровин Профи. Максимальные значения количества и длины плетей, на 3,8-18,2 % и на 4,6-11,8 % больше соответственно, были достигнуты при обеспечении растений дополнительным питанием с помощью увеличения нормы расхода препарата Вигор Форте до 0,25 г/л и добавления в баковую смесь NPK комплекса (2,5 г/л).

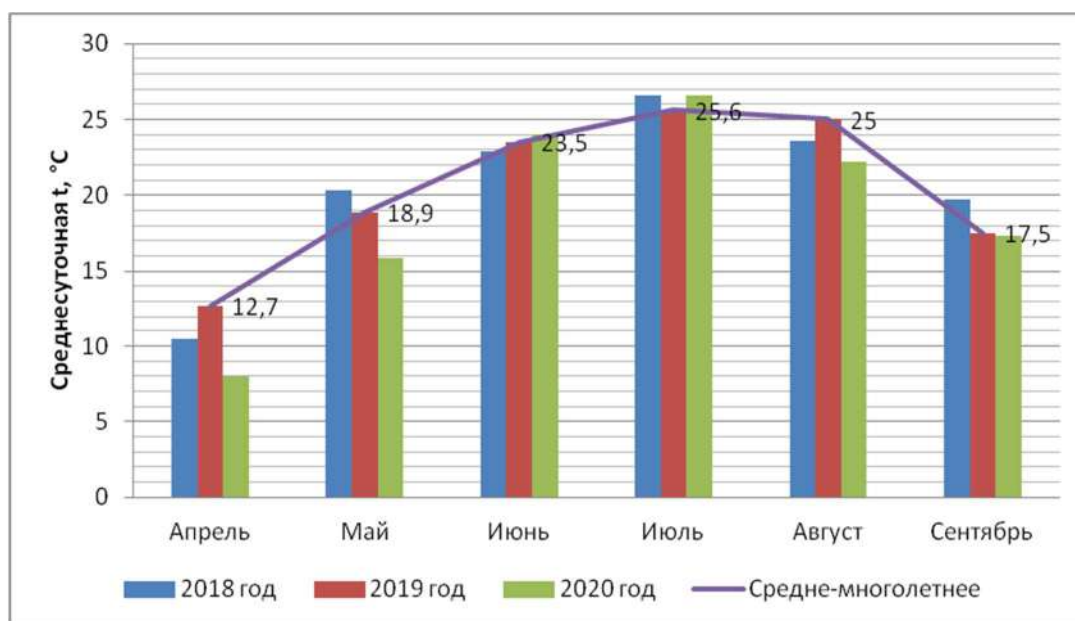


Рисунок 2 – Среднесуточная температура, °C / Figure 2 – Average daily temperature, °C

Основной задачей при выращивании арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья является достижение конечного результата – обеспечение растений элементами питания в объемах, достаточных для повышения урожайности. Результаты исследований показали, что применение регулятора роста Вигор Форте с удобрениями Агровин Универсал, Агровин Профи и NPK комплексом в различных баковых смесях может стать достаточно эффективным приемом повышения урожайности, где величина товарной продукции, в среднем за три года, на 36,7-77,9 % больше, чем в контроле. Сравнительный анализ разных норм расхода регулятора роста Вигор Форте с добавлением в баковую смесь агровиновых удобрений показал преимущество обработки вегетирующих растений Вигором Форте повышенной нормой (0,25 г/л) с превышением урожайности на 10,2-13,4 %. Более высокая отзывчивость растений была отмечена от добавления в баковую смесь удобрения Агровин Профи, где прибавка урожайности составила 14,8-18,1 % по сравнению с применением удобрения Агровин Универсал. Максимальный эффект был достигнут при обработке вегетирующих растений баковой смесью Вигор Форте (0,25 г/л) + Агровин Профи (2,5 г/л) – 19,4 т/га. Как показали исследования, при дополнительном питании растений за счет добавления в баковую смесь NPK комплекса (2,5 г/л) не оказало положительного действия на величину урожайности, которая осталась в пределах наименьшей существенной разницы. Данную ситуацию, по нашему мнению, можно объяснить реакцией растений на сложившиеся определенные метеорологические условия (отсутствие или несвоевременное выпадение осадков, высокие дневные температуры и/или резкие перепады ночных и дневных температур). Растения за счет биологической способности накапливать необходимые для жизни элементы питания и влагу в стеблях в критических условиях все дополнительное питание использовали для повышения своей жизнестойкости, что могло привести к сбрасыванию завязи. А после снижения негативных условий указанные запасы были использованы растением для нормального развития вегетативной массы, что и привело к потерям урожая.

Для потребителя данной ягоды привлекательны более крупные плоды [16]. Поэтому нами был проведен анализ влияния изучаемых препаратов на массу плодов. В результате было отмечено увеличение средней массы плода на 20,4-24,5% при применении регулятора роста Вигор Форте в сочетаниях с удобрениями Агровин в технологии выращивания арбуза столового.

Таблица 2 – Биометрические показатели, урожайность и весовые значения плода арбуза столового при фоллиарных обработках растений (среднее за 3 года)

Table 2 – Biometric indicators, yield and weight values of table watermelon fruit during foliar plant treatments (average for 3 years)

Схема питания растений	Норма расхода, г/л	Число плетей, шт./растение	Длина плетей, см/растение	Товарная продукция, т/га	Масса плода, кг
Контроль	-	16	1680	10,9	4,9
Вигор Форте + Агровин Универсал	0,125+2,5	22	2027	14,9	5,9
Вигор Форте + Агровин Универсал	0,25+ 2,5	25	2126	16,9	6,1
Вигор Форте + Агровин Универсал + NPK комплекс	0,25+ 2,5+ 2,5	26	2364	17,4	6,1
Вигор Форте + Агровин Профи	0,125+2,5	26	2146	17,6	5,9
Вигор Форте + Агровин Профи	0,25+ 2,5	27	2355	19,4	5,9
Вигор Форте + Агровин Профи + NPK комплекс	0,125+2,5+2,5	28	2400	18,9	6,1
НРС ₀₅		0,22	29,2	0,6	0,07

При применении новых приемов в технологии выращивании товарной продукции арбуза столового, помимо увеличения урожайности, нельзя забывать о качестве полученной продукции. В мякоти арбуза столового содержится 92,6 % воды, которая является хорошим растворителем многих необходимых для человека веществ, входящих в биохимический состав плода арбуза (протеины, углеводы, липиды, витамины, минеральные вещества и др.) [2, 14]. Обработка растений Вигор Форте в комплексе с удобрениями Агровин приводит к изменению биохимических показателей (таблица 3). При применении баковой смеси Вигор Форте + Агровин Универсал было отмечено снижение сухого вещества на 0,2-1,1% по отношению к контролю. Иное действие на содержание в плодах арбуза сухого вещества отмечалось при обработке растений баковой смесью Вигор Форте + Агровин Профи, где показатели оставались на уровне или с превышением контроля на 0,1-0,6 %. Сладость плодов определяется наличием в мякоти плода общего сахара, в состав которого входят моно- и дисахариды. Результаты биохимического анализа показали увеличение общего сахара на 0,2 % по сравнению с контролем от обработки растений Вигор Форте нормой 0,125 г/л в комплексе с Агровин Профи, и на 0,13-0,38 % больше по отношению к данному показателю в других изучаемых комплексах. Также отмечено увеличение моносахаров в доли общего сахара от 1 % до 8 %. Самое высокое их содержание было получено при применении для обработки растений баковой смеси Вигор Форте (0,25 г/л) + Агровин Универсал (2,5 г/л) + NPK комплекс (2,5 г/л). Изменение содержания витамина С в сторону уменьшения на 1,01-1,76 мг% по отношению к контролю было получено при использовании в баковой смеси удобрения Агровин Универсал, чего не отмечалось при использовании препарата Агровин Профи, где витамина С было больше или незначительно меньше контрольных значений. Максимальное содержание аскорбиновой кислоты в плодах арбуза столового было при обработке растений баковой смесью Вигор Форте нормой 0,125 г/л + Агровин Профи – 9,10 мг%, при 7,14 -8,90 мг% в остальных изучаемых вариантах. Нитраты, яв-

ляясь транспортной формой азота, могут накапливаться в растениях, не причиняя им вреда. Но чрезмерное их количество в плодах, выше установленных предельно допустимых концентраций для данной культуры (ПДК – 60 мг/кг), приводит к негативным последствиям для здоровья человека. В наших исследованиях результаты биохимического анализа показали, что количество нитратов не превышало ПДК, что говорит о безопасности полученной товарной продукции. А при обработке вегетирующих растений отмечалось их снижение на 6,1-22,6 % по отношению к контролю.

Таблица 3 – Содержание основных питательных веществ в мякоти плода арбуза столового (среднее за 3 года)

Table 3 – The content of the main nutrients in the pulp of the fruit of table watermelon (average for 3 years)

Схема питания растений	Норма расхода, г/л	Сухих веществ, %	Сахара, % на сырое вещество		Вита-мин С, мг%	Нитраты, мг/кг
			сумма	в т.ч. моно-сахара		
Контроль	-	10,2	8,90	4,63	8,90	40,2
Вигор Форте + Агровин Универсал	0,125+2,5	9,1	8,93	4,58	7,14	37,9
Вигор Форте + Агровин Универсал	0,25+ 2,5	9,9	8,72	4,73	8,90	34,9
Вигор Форте + Агровин Универсал + NPK комплекс	0,25+ 2,5+ 2,5	10,0	8,72	5,25	7,89	35,8
Вигор Форте + Агровин Профи	0,125+2,5	10,8	9,10	4,85	9,40	35,4
Вигор Форте + Агровин Профи	0,25+ 2,5	10,1	8,83	4,85	8,90	32,8
Вигор Форте + Агровин Профи + NPK комплекс	0,125+2,5+ 2,5	10,3	8,97	4,82	8,39	34,7
НРС ₀₅		0,11	0, 15	0,16	0,13	1,2

Выводы. По вышеприведенным данным видно, что обеспечение растений арбуза столового дополнительным питанием за счет фолиарных обработок в период вегетации растений регулятором роста Вигор Форте в баковой смеси с аминокислотными удобрениями Агровин Универсал или Агровин Профи и NPK комплекса в условиях Волгоградского Заволжья на супесчаных почвах позволяет увеличить урожайность на 18,0-77,5 %. Максимальный эффект был достигнут при применении баковой смеси Вигор Форте (0,125 г/л) + Агровин Профи (2,5 г/л) + NPK комплекс (2,5 г/л), где урожайность на 7,1-50,4 % больше по сравнению с другими изучаемыми вариантами. Существенного влияния на содержание нитратов выявлено не было, но отмечено повышение содержания моносахаров на 2,1-13,4 % при применении препарата Вигор Форте в комплексе с удобрением Агровин Профи.

Библиографический список

1. Бочерова И. Н., Сулова В. А., Курунина Д. П. Сравнительная оценка новых сортов бахчевых культур в Волгоградской области // Картофель и овощи. 2022. № 3. С. 32-37.
2. Галичкина Е. А. Сохранение биохимических показателей арбуза столового в результате работы первичного семеноводства // Известия ФНЦО. 2022. № (2). С. 70-76.
3. Кирпо Н. И. Почвы Нижнего Поволжья: их генезис и агропроизводственная характеристика: монография. Волгоград, 2013. 104 с.
4. Колебошина Т. Г., Варивода Е. А., Вербитская О. Г. Биоэнергетическая эффективность возделывания арбуза столового в зависимости от используемых агроприемов // Овощи России. 2019. № 4. С. 68-71.

5. Колебошина Т. Г., Егорова Г. С., Галичкина Е. А. Значение калия хлористого гранулированного при возделывании бахчевых культур // Известия НВ АУК. 2016. № 1 (41). С. 46-51.
6. Колебошина Т. Г., Малыева С. В., Галичкина Е. А. Значение многолетних трав как оптимального предшественника под бахчевые культуры на богаре // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 66. С. 121-125.
7. Колебошина Т. Г., Быковский Ю. А. Особенности агротехнологии бахчевых культур в зоне рискованного земледелия РФ // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 60. С. 123-129.
8. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М.: Россельхозакадемия, 2011. 648 с.
9. Литвинов С. С. Энциклопедия овощеводства (термины, понятия, определения). М.: ГНУ ВНИИО, 2014. 812 с.
10. Малыева С. В., Бочерова И. Н. Влияние погодных условий на урожайность и биохимический состав плодов арбуза // Овощи России. 2020. № 3. С. 31-35.
11. Неумывайкин И. П., Неумывайкина Л. С. Эндозкология здоровья. СПб.: «Издательство «ДИЛЯ», 2010. 640 с.
12. Протопопов В. М. Изменение климата в сухостепной зоне Волгоградской области в эпоху глобального потепления // Фермер. Поволжье. 2019. № 7 (84). С. 76-79.
13. Рябчикова Н. Б., Корнилова М. С. Влияние регуляторов роста на сроки созревания, урожайность и качество дыни среднеспелого сорта Осень // Овощи России. 2022. № 4. С. 80-85.
14. Скурихин И. М., Тутельян В. А. Химический состав российских пищевых продуктов. М.: ДеЛипринт, 2002. 237 с.
15. Сравнительная оценка различных видов удобрений и способов их применения при выращивании бахчевых культур в условиях Волгоградского Заволжья / Т. Г. Колебошина, С. Д. Фомин, Н. Б. Рябчикова, О. Г. Вербитская // Известия НВ АУК. 2020. № 3. С. 107-116.
16. Шапошников Д. С., Колебошина Т. Г., Рябчикова Н. Б. Влияние площадей питания, доз и способов внесения минеральных удобрений на урожайность и качество плодов тыквы кустовой формы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019. № 81. С. 235-239.
17. Экологическое испытание сортов арбуза волгоградской и краснодарской селекции в разных зонах юга России / В. Э. Лазько, Е. А. Варивода, О. В. Якимова, Е. В. Ковалева, И. Н. Бочерова, Р. К. Ковалев // Овощи России. 2022. № 4. С. 17-22.
18. Ecological safety and effectiveness of the growth regulator Vigor Forte and Agrovin fertilizers in the technology of growing of watermelon / T. G. Koleboshina, G. S. Egorova, N. B. Ryabchikova, A. A. Okolelova, E. E. Nefed'eva // AGRITECH-VI-2021 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 981. 022026.
19. Extraction of p-carotene from organic phase using ammonium based ionic liquids aqueous solution / M. S. Rajabi, M. Moniruzzaman, H. Mahmood, M. Sivapragasam, M. A. Bustam // Journal of Molecular Liquids. 2017. No 227. P. 15-20.
20. Montelaro J., Taylor J. Grow watermelon more profitably. Louisiana exp. Station, 1977. P. 5-8.
21. NeSmith D. S. Root distribution and yield of direct seeded and transplanted watermelon // I. Am. Soc. Hortic. Sc. 1999. Vol. 124. № 5. P. 458-461.
22. Oberoi D. P. S., Sogi S. Utilization of watermelon pulp for lycopene extraction by response surface methodology // Food Chemistry. 2017 No 232. P. 1-7.
23. Watermelon Lycopene and Allied Health Claims / A. Naz, M. S. Butt, M. T. Sultan, M. M. N. Qayyum, R. S. Niaz // Exclixer Journal. 2014. No 13. P. 650-666.

Информация об авторах

Рябчикова Наталья Борисовна, научный сотрудник отдела агротехники и первичного семеноводства Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» ORCID 0000-0002-2428-1391

Корнилова Мария Сергеевна, научный сотрудник отдела селекции Быковской бахчевой селекционной опытной станции – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства» ORCID 0000-0003-2030-7838

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор РАЕ, профессор кафедры «Механика», заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, Университетский проспект, 26), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> E-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-30

PROSPECTS FOR THE USE OF WILD SPECIES AND FORMS OF THE APPLE TREES IN BREEDING FOR DECORATIVE QUALITIES

E. M. Feshchenko

*Federal State Budget Scientific Organization «Federal Horticultural Center for Breeding,
Agrotechnology and Nursery», Moscow*

Received 10.02.2023

Submitted 12.03.2023

The research was carried out as part of the implementation of the state task of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (No. 0432-2021-0001 «Genetic and biotechnological approaches to managing the breeding process, improving existing breeding methods for constructing new genetic modifications of fruit, berry, vegetable and field crops that meet modern requirements for agricultural production»)

Summary

Wild species and forms of apple trees are sources of valuable traits for breeding, such as resistance to major diseases, adaptability to adverse abiotic environmental factors, decorative qualities. The varieties and forms of apple trees obtained as a result of research and breeding work are widely used in landscape gardening.

Abstract

Introduction. The apple tree is an integral part of ornamental gardening and green construction. Currently, the value of decorative representatives of the genus *Malus* is increasing, as a result of which their expansion occurs as part of single and group plantings on an urbanized territory. Wild-growing representatives of the genus *Malus* are widely involved in the breeding process due to interspecific and intraspecific diversity, ability to regenerate, resistance to diseases. It is urgent to work towards obtaining, selecting and comprehensively evaluating forms with valuable decorative and adaptive features. **Object.** Thematic literature data on the use of wild-growing representatives of the genus *Malus* Mill. and their derivatives in breeding to increase the adaptive potential and aesthetic characteristics of hybrid offspring. **Materials and methods.** During the analytical review, open sources containing data on the work on the creation of varieties and forms of ornamental apple trees with the participation of wild species and their breeding derivatives as parent forms were used. **Results and conclusions.** Numerous types and forms of apple trees are an integral part of the breeding process. The relevance of the application is established of certain wild apple species as sources of high winter hardiness (*Malus baccata*), resistance to major diseases is relevant (*Malus floribunda*, *Malus sieboldii*, *Malus sargentii*), anthocyanin coloring of vegetative and generative organs (*Malus niedzwetzkyana*), the terry of the flower corollas (*Malus spectabilis*, *Malus* × *micromalus*). In addition, in a number of research institutes, apple trees with decorative qualities are used as parent forms for breeding not only wild species, but also forms, hybrids, rootstock forms. Molecular genetic studies conducted abroad have revealed and confirmed the nature of inheritance of the main selected decorative features of apple trees (corolla color, leaves, crown shape).

Key words: *wild species, Malus Mill., ornamental apple trees, landscaping, varieties, hybrids, forms, breeding, winter hardiness, decorative.*

Citation. Feshchenko E. M. Prospects for the use of wild species and forms of apple trees in breeding for decorative qualities. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 281-290 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-30.

Author's contribution. Author of this study participated in the planning, execution or analysis of this study. Author of this article have read and approved the submitted final version.

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

УДК 635.925:631.52

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ И ФОРМ
ЯБЛОНИ В СЕЛЕКЦИИ НА ДЕКОРАТИВНЫЕ КАЧЕСТВА****Е. М. Фещенко**, младший научный сотрудник

ФГБНУ ФНЦ Садоводства, г. Москва

Дата поступления в редакцию 10.02.2023

Дата принятия к печати 12.03.2023

Исследования выполнены в рамках реализации государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства (№ 0432-2021-0001 «Генетические и биотехнологические подходы управления селекционным процессом, совершенствование существующих методов селекции для конструирования новых генетических модификаций плодовых, ягодных, овощных и полевых культур, отвечающих современным требованиям сельскохозяйственного производства»)

Актуальность. Яблоня является неотъемлемой частью декоративного садоводства и зеленого строительства. В настоящее время возрастает ценность декоративных представителей рода *Malus*, вследствие чего происходит их распространение в составе одиночных и групповых посадок на урбанизированной территории. Дикорастущие представители рода *Malus* широко задействованы в селекционном процессе благодаря межвидовому и внутривидовому многообразию, способности к регенерации, устойчивости к болезням. Актуальной является работа в направлении получения, отбора и комплексной оценки форм, обладающих ценными декоративными и адаптивными признаками. **Объект.** Тематические литературные данные о применении дикорастущих представителей рода *Malus* Mill. и их производных в селекции на повышение адаптивного потенциала и эстетических характеристик гибридного потомства. **Материалы и методы.** В ходе аналитического обзора были применены открытые источники, содержащие данные о проведении работы по созданию сортов и форм декоративной яблони с участием дикорастущих видов и их селекционных производных в качестве родительских форм. **Результаты и выводы.** Многочисленные виды и формы яблони являются неотъемлемой частью селекционного процесса. Установлена актуальность применения определенных дикорастущих видов яблони в качестве источников высокой зимостойкости (*Malus baccata*), устойчивости к основным болезням (*Malus floribunda*, *Malus sieboldii*, *Malus sargentii*), антоциановой окраски вегетативных и генеративных органов (*Malus niedzwetzkyana*), махровости венчика цветка (*Malus spectabilis*, *Malus* × *micromalus*). Кроме этого, в ряде НИУ, в качестве родительских форм для селекции яблони с декоративными качествами применяют не только дикорастущие виды, но и полученные на их основе формы, гибриды, подвойные формы. Молекулярно-генетические исследования, проведенные за рубежом, позволили выявить и подтвердить характер наследования основных селектируемых декоративных признаков яблони (окраска венчика, листьев, форма кроны).

Ключевые слова: дикорастущие виды яблони, *Malus* Mill., декоративные яблони, озеленение, сорта яблони, гибриды яблони, формы яблони, селекция яблони, зимостойкость яблони.

Цитирование. Фещенко Е. М. Перспективы использования дикорастущих видов и форм яблони в селекции на декоративные качества. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 281-290. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-30.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Яблоня является неотъемлемой частью декоративного садоводства (Витковский В. Л., 2003; Шагапов Р. Ш., Шагапов Р. Р., 2009; Нигматянова С. Э., 2011). Она широко используется в озеленении и ландшафтном дизайне умеренных регионов

Северного полушария [16, 24]. Селекция яблони с эстетическими качествами ориентирована на потребности государственных и частных ландшафтных дизайнеров в новых сортах [18, 25].

Среди более чем 200 сортов с декоративными качествами, зарегистрированных в мире в настоящее время, лишь немногим более 60 имеют известное происхождение [18, 25]. Декоративные представители рода *Malus* необходимы для озеленения городов в силу способности переносить нахождение в окружающей среде большого количества газа и пыли, отражать более половины поступающей солнечной радиации, улучшая тем самым микроклимат и природную среду (Исаева И. С., 2009). Также важным критерием отбора декоративных форм является зимостойкость [7]. В связи с этим актуальна селекционная работа по получению, отбору и оценке форм, обладающих декоративными и адаптивными качествами [6]. Дикорастущие виды яблони имеют неоценимое значение для селекции благодаря межвидовому и внутривидовому многообразию, способности к регенерации, устойчивости к болезням [10]. Сфера их применения включает как получение сортов с плодами высокого качества, так и выведение новых сортов для декоративных целей [23].

В настоящее время процесс получения декоративного сорта яблони достигается в большинстве случаев путем отбора потомства естественных гибридов с выраженными эстетическими свойствами. За рубежом разрабатываются методы генетического анализа исходных форм и гибридного потомства [25]. Для оценки визуальных признаков (симметрия цветка) применяются статистические методы [12]. Поскольку дикорастущие виды яблони являются источниками устойчивости к патогенам, толерантности к абиотическому стрессу, они включены в национальные или институтские коллекции. Для уточнения состава коллекции зародышевой плазмы анализируются с использованием молекулярных маркеров [19, 20, 27]. Некоторые коллекции ограничивались распространением в пределах своих стран, а другие широко распространены на международном уровне [28].

Целью исследования является изучение литературных данных, посвященных применению дикорастущих представителей рода *Malus* Mill в селекции, направленной на повышение адаптивного потенциала, эстетических характеристик гибридного потомства.

Материалы и методы. Для проведения аналитического обзора были применены открытые источники, содержащие данные о проведении селекционной работы по созданию сортов декоративной яблони с участием дикорастущих видов и их производных в качестве родительских форм; результаты предварительной оценки потенциальных родительских форм и полученных в результате гибридизации образцов.

Результаты и обсуждение. Изучение декоративных качеств яблони проводится в ряде НИУ России, сорта с выдающимися эстетическими качествами созданы в Московском государственном университете имени Ломоносова, Свердловской селекционной станции садоводства ФГБНУ УрФАНЦ Уральского отделения РАН и др. [9].

Первые в России декоративные сорта яблони были созданы учеными Свердловской селекционной станции садоводства. Декоративная поздноцветущая форма, выделенная из забайкальской разновидности *Malus baccata* (L.) Borkh., получила название Городская. П. А. Диброва был выделен краснолистный и красноцветковый образец из гибридной популяции, полученной на основе *Malus baccata*, ранетки пурпуровой и *Malus niedzwetzkyana*, опыленных пыльцой зеленолистных сортов. В дальнейшем выделен обильно цветущий декоративный сорт Малиновка декоративная с насыщенно-малиновой окраской лепестков; получена штамбовая форма Шаровидная с необычным округлым габитусом. Л. А. Котовым в 1998 году от скрещивания устойчивого к парше экземпляра *Malus baccata* и сорта Ekonimirat ekstermeier с высокодекоративными розовыми цветками был получен высокзимостойкий сорт *Malus baccata* f. *pendula* – Плакучая. в 2008 году –

обильноцветущий краснолистный сорт Алая плакучая с высокой адаптивностью. К декоративным формам со съедобными плодами относится естественная стланцевая штамбовая форма Зонтичная крупноплодная (производное Elise Rathke), перспективные формы Волна и Зеленая простертая (Мощная × Ekonimirat ekstermeier). В Алтайской зональной плодово-ягодной опытной станции (в настоящее время «НИИСС имени М. А. Лисавенко» ФГБНУ ФАНЦА), М. А. Лисавенко и Л. Ю. Жебровской были получены красивоцветущие формы яблони: Кармен (сеянец № 46 × Бельфлер-китайка) с пурпурной окраской цветков, Аврора (Ранетка пурпуровая × Пепин шафранный) с темно-красной окраской лепестков, а также сеянцы от свободного опыления неизвестных сортов: Весна со светло-красными лепестками, белоцветковая Бесприданница, форма Грёзы с розовой окраской цветков. Отборные формы Звезда (пурпурные цветки с заостренными лепестками), Каскад, Ярославна были получены сотрудником Уральского федерального аграрного научно-исследовательского центра УрО РАН С. А. Макаренко из сеянцев от свободного опыления плакучей формы *Malus baccata* [4].

На биологическом факультете ГОУ МГУ имени Ломоносова также выведены сорта декоративной яблони, которые в 2001 году допущены к использованию [9]. Ярким представителем декоративной яблони является сорт Ажурная на основе *Malus transitoria* (Batal.) С. К. Schneid с необычной пятилопастной формой листьев, белыми цветами и желтыми плодами с красным бочком. (Ванина Л. С., Вартапетян В. В. Патент РФ № RU 9908351). У сорта Великан (производное *Malus kaido* Мак.) представляют интерес крупные цветки белой окраски. Многочисленные плоды темно-красного цвета. (Ванина Л. С., Вартапетян В. В. Патент РФ № RU 9908344). Декоративный сорт Розовое чудо (на основе *Malus* × *nan-schan*) интересен оригинальной компактной пирамидальной кроной. Отличается обильным продолжительным цветением в поздние сроки (Ванина Л. С., Вартапетян В. В. Патент РФ № RU 1192). Сорт яблони Пирамидальная (на основе *Malus sieboldii* Rehd) примечателен наличием крупных белых ароматных цветков, обильно цветет в ранние сроки. Плоды очень мелкие, красной окраски (Ванина Л. С., Вартапетян В. В. Патент РФ № RU 9908348). Декоративный сорт яблони Сахалинская жемчужина (на основе *Malus sachalinensis* (Kom). Lich.) обладает крупными ароматными цветками белой окраски. Отличается интенсивным плодообразованием (Ванина Л. С., Вартапетян В. В. Патент РФ № RU 1190). Сорт яблони Малютка (получен с участием *Malus zumi* Rehd.) представляет интерес благодаря обильному продолжительному цветению в средние или поздние сроки. Плодообразование обильное, плоды желтые с красной покровной окраской, очень маленького размера. Их отличает длительная сохранность на дереве (Ванина Л. С., Вартапетян В. В. патент РФ № RU 1191).

По мнению авторского научного коллектива из Мичуринского государственного аграрного университета под руководством Н. М. Соломатина и Белгородского национального исследовательского университета, наилучшими признаками для создания декоративных насаждений обладают виды *Malus baccata*, *Malus manshurica* (Maxim.) Kom.), *Malus spectabilis* (Aiton) Borkh., *Malus floribunda* Siebold ex Van Houtte, *Malus niedzwetzkyana* Dieck.ex Koehne и др. Работа с яблоней Недзвецкого была начата И. В. Мичуриным, получившим с ее участием сорт Красный штандарт. С использованием яблони Недзвецкого в Мичуринском ГАУ, профессором В. И. Будаговским и его последователями создан ряд клоновых подвоев яблони, многие из которых имеют антоциановую окраску вегетативных и генеративных органов. Выделенные из них гибридные формы Мичдекор 2, 5, 6, 7 обладают высокой декоративностью в период цветения. В Лаборатории селекции слаборослых клоновых подвоев и других плодовых культур в Мичуринском ГАУ проводится работа по оценке декоративных качеств гибридного

фонда подвоев. Генотипы созданных там гибридных форм яблони сформированы в результате повторных скрещиваний более пяти видов яблони (*Malus domestica* Borkh., *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh., *Malus baccata*, *Malus niedzwetskiana*, *Malus pumila* Mill. и др.), что объясняет высокую вариативность ценных признаков (форма кроны, обилие цветения, аромат цветков, внешний вид листьев и плодов) [8].

Работа в направлении получения краснолистной декоративной яблони с оригинальной формой кроны также проводится Шагаповым Р. Ш. с коллегами в Оренбургском ГАУ, где в качестве материнской формы был задействован сорт Плакучая с декоративной формой кроны, а в качестве отцовской - сорт *Malus* × *purpurea* Royalti с антоциановой окраской вегетативных и генеративных органов. В данном случае антоциановая окраска косвенно обусловлена участием яблони пурпурной (*Malus* × *purpurea*), которая является гибридом *Malus niedzwetskiana* и *Malus* × *atrosanguinea*. В результате многолетнего отбора сеянцев был выделен образец Степная королева со стабильной на протяжении всего сезона антоциановой окраской. (Шагапов Р. Ш. и др., 2017).

Морозостойкий вид яблони *Malus baccata*, или яблони сибирской, произрастающий на территории Прибайкалья и Забайкалья, широко применяется в озеленении ввиду своих декоративных качеств. Рудиковским А. В. с коллегами из Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН было проведено экспедиционное исследование внутривидового полиморфизма, которое позволило выделить в Селенгинском районе республики Бурятия две низкорослые формы *Malus baccata*, отличающиеся способностью к вегетативному размножению. Одна из обнаруженных форм является суперкарликом высотой до 1,1 метра, другая найденная форма имеет форму многоствольного куста высотой до 2,5 метров (Рудиковский А. В., 2008). В результате изучения ростовых параметров и зимостойкости низкорослой формы СКФ-1 яблони сибирской выявлено, что у растений наблюдается феномен подавления апикального доминирования. Зимостойкость формы СКФ-1 этот показатель на уровне стандартных форм яблони сибирской. Эта суперкарликовая форма *Malus baccata* является перспективным образцом для дальнейшего использования в селекции яблони на сдержанный рост, а у декоративной – на низкорослость (Рудиковский А. В. и др., 2010).

В Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина (ГБС РАН) изучение дикорастущих видов яблони проводится с середины XX века (с 1957 г.) Особый интерес представляют дикорастущие представители семейства *Malus floribunda* Sieb., *M. x atrosanguinea* (Spaeth) Schneid., *M. x micromalus* Makino, *M. prunifolia*, *M. x zumi* [5]. Вышеуказанные виды яблони неоднократно включались в зарубежные селекционные программы [26] (Fischer M., Fischer C., 2002; Janick J., 2002, Toth G. M., Kovacs S., 2004). Среди видов яблони, представленных в коллекции ГБС РАН, наиболее устойчивыми являются виды: *Malus sargentii* Rehd., *Malus hupehensis* (Pamp.) Rehd., *Malus prunifolia*, *Malus coronaria* (L.) Mill. (степень поражения от 0,5 до 1,5 баллов). Высокой зимостойкостью отличаются *Malus baccata*, *M. mandshurica* (Maxim.) Kom., *Malus sylvestris* Mill., *Malus sieboldii* (Regel) Rehd., *Malus prunifolia* (Криворучко В. П. и др., 2018).

Коллекция яблони Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) является наиболее обширной из собранных в Российской Федерации. Отобранные с 1925 г. и сохраняемые в ней образцы в количестве более 3800 сортов и диких видов яблони являются ценными родительскими формами [11]. На Майкопской опытной станции ВИР существует обширная генетическая коллекция яблони из различных эколого-географических регионов представлена более чем 320 образцами дикорастущей яблони из всех центров происхождения, с представителями секций *Dacyniopsis* C.K. Schneid, *Sorbomalus* Zabel, *Chloromeles* (Decne) Rehd., *Malus* Lang. В результате исследования коллекционных образцов путем искусственного заражения сеянцев выделен ряд высокоустойчивых и им-

мунных к болезням (парша, мучнистая роса и др.) видообразцов яблони выявлено, что самые устойчивые виды находятся в восточноазиатском очаге. Сотрудницей Майкопской опытной станции ВИР О. Н. Барсуковой дана характеристика видообразцов и гибридов, перспективных для использования в селекционном процессе. Полученные на Майкопской станции гибриды Флоркинг и *Malus floribunda* × Ренет Симиренко, гибриды 15461, 15462 (*Malus sieboldii* × Спартан) × Роллс) наряду с устойчивостью к парше и мучнистой росе, обладают рядом ценных признаков, в том числе декоративных. По декоративным качествам (белые крупные цветы и красные плоды, длительно сохраняющиеся на дереве) также выделен иммунный к парше и мучнистой росе гибрид *Malus sieboldii* × Спартан 41289, интродуцированный из Белорусского НИИ плодоводства [1]. По результатам многолетних исследований О. Н. Барсуковой выделены поздноцветущие дикорастущие виды, полученные на их основе гибриды, способные переносить весенние заморозки: *M. florentina* 2345, *Malus hupehensis* 14945, *Malus pumila* 2383, *Malus asiatica* Nakai 2337, формы *Malus orientalis* Uglitzk [2]. Многолетний период работы специалистов Крымской опытно-селекционной станции ВИР дал возможность обозначить подходы к исследованиям по выделению целевых генотипов, включению дикорастущих предковых форм в генофонд (Г. В. Ерёмин и др., 2015).

Следует отметить, что в научных учреждениях отрасли садоводства практикуется использование сортов, видов, гибридов, подвойных форм с эстетическими характеристиками, которые изначально были задействованы в качестве исходного материала для селекции по хозяйственно-ценным признакам (Куликов И. М., Артюхова А. В., 2008). Вышеописанные исследования сотрудников МичГАУ и Белгородского НИУ [5] подтверждают эту тенденцию.

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур (ФГБНУ ВНИИСПК, г. Орел) обладает обширным генофондом яблони. В числе более 700 образцов присутствуют перспективные формы с ценными эстетическими качествами и высокой степенью адаптивности в зоне произрастания (Красова Н. Г. и др., 2012). Сотрудниками ФГБНУ ВНИИСПК проведена оценка декоративных качеств у 22 образцов яблони, среди которых, с привлекательным габитусом выделены некоторые подвойные формы (Н-1, 3-4-98) и декоративный образец Яркая. Крупным размером цветков и интенсивным ароматом интересны подвойные формы 3-4-98 и 3-3-72. Выявлены другие образцы с крупным размером цветков (Кульджинка, Пионерочка, 62-396, 57-366, Яркая). Наиболее яркие декоративные плоды отмечены у 3-4-98, 3-3-72, Пионерочка, Н-1 и Яркая. Авторским коллективом предложена модель, рекомендованная для дальнейшей селекции яблони на декоративные качества [3].

В последнее время за рубежом интенсивно выводятся сорта яблони с редкими декоративными признаками. К примеру, в Китае получен сорт Hongyi, отобранный из сеянцев свободного опыления сорта Red Splendor (cv. *Malus niedzwetzkyana*, питомник Bergeson, 1948) в дендрарии Шаньдунского сельскохозяйственного университета (Shandong Agricultural University) обладает колонновидным типом роста (рисунок 1) [22]. С учетом устойчивости к вредителям, эстетических качеств в 2011 году были отобраны пять выдающихся образцов, включая Hongyi, который отличался своей колонновидной формой кроны. Цветки имеют яркую розово-фиолетовую окраску, плоды фиолетового цвета. Hongyi подходит для небольших садов и использования в живых изгородях [22]. После селекционной работы на китайский рынок было выведено несколько ценных сортов. К ним относятся Yangzhi Yu, Zi Dieer, Fenghong Nichang (cv. *Malus haliliana*), Fen balei (cv. *Malus* × *micromalus* [16]), Hongxia и Meizhen Haitang. Обширные исследования и полевые работы по выращиванию и селекции декоративных яблонь позволили расширить цвет их листьев с зеленого до широкого спектра красных и фиолетовых оттенков [13, 15], что повышает их привлекательность. Новый сорт *Malus*

spectabilis с желтыми листьями Duojiang, был получен от естественного мутанта Riversii вида *Malus spectabilis*, и его привлекательная листва отличает его от других сортов. Листья вначале имеют красновато-желтую окраску, затем постепенно светлеют до желтого цвета (рисунок 1). Желтая окраска впоследствии сменяется желтовато-зеленой. Высота дерева достигает 2,8 м. Цветки обладают розовой окраской на стадии бутона, при распускании розово-фиолетовые изнутри и пурпурно-красные с обратной стороны; лепестки располагаются в два слоя. Плоды желто-зеленого цвета, продолговатой формы. Duojiang является редким сортом с желтыми листьями, идеально подходящим для изучения фотосинтеза растений, метаболизма хлорофилла и развития хлоропластов [24].

Менее 5% сортов яблони обладают полумахровыми или махровыми цветками. За последние 20 лет на рынок США было выпущено только 2 сорта яблок с махровым цветком, Spring Bride (Spongberg, 1996) и Jarmin (Jarmin, 2003). В Китае есть только два махровых сорта: Fenghong Nichang и Fen Balei [18], которые были выпущены недавно. В 2011 году было собрано 1800 плодов от свободного опыления, затем 8000 саженцев были оценены в Национальном генетическом центре зародышевой плазмы в Янчжоу, провинция Цзянсу. Весной 2014 года был отобран и оценен в 2015 и 2016 годах один саженец; впоследствии он был назван Yangzhi Yu. После 5 лет работы растения не было обнаружено серьезных вредителей или болезней. У Yangzhi Yu махровые белые цветки с глубокой чашечкой. Этот сорт больше всего напоминает Van Eseltine, который является потомком *Malus* × *arnoldiana* и *Malus spectabilis*. Нераскрывшийся цветок светло-розовый (рисунок 1), цвет лепестков средней зоны внешней стороны красновато-фиолетовый. Листья эллиптические, зеленые, тонкие, кожистые, осенняя окраска желто-зеленая. У дерева серо-зеленые ветви и вертикальная форма кроны, достигающей 3 м в высоту за 6 лет. Цветение средних сроков. Цветки махровые, диаметром 4,5 см. Лепестки широкие, эллиптические, накладывающиеся друг на друга, без заметных жилкований. Желто-зеленые плоды мелкие, шаровидные, с опадающей чашечкой, сохраняются на дереве около 5 месяцев [29]. Отмечено, что на махровость цветка оказывает непосредственное влияние наличие родительской формы *Malus spectabilis* и *Malus micromalus* (*Malus spectabilis* × *Malus baccata*) [18, 24, 29].



Рисунок 1 – Новые декоративные сорта яблони: 1 – Hongyi [22]; 2 – Duojiang [24];
3 – Внешний вид дерева (A), цветки (B) и плоды (C) Yangzhi Yu [29]

Figure 1 – New ornamental apple varieties: 1 – Hongyi [22]; 2 – Duojiang [24];
3 – Tree habit (A), flowers (B) and fruits (C) of Yangzhi Yu variety [29]

Чтобы изучить закономерности наследования декоративных признаков, повысить эффективность выведения новых сортов при гибридизации декоративных представителей яблони, за рубежом широко применяются молекулярно-генетические методы [25]. В Индии научный коллектив, включающий сотрудников Индийского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Indian Agricultural Research Institute)

Национального бюро генетических ресурсов растений, (National Bureau of Plant Genetic Resources), Центрального института садоводства умеренного климата (Central Institute of Temperate Horticulture), Центрального института лекарственных и ароматических растений (Central Institute of Medicinal and Aromatic Plants), провел исследование аборигенных гималайских видов *Malus baccata* (L.) Borkh. и *Malus sikkimensis* (Wenzig) Koehe ex C. Schneider. Был использован набор из маркеров для 31 SSR-локуса, который выявил 8 уникальных и 11 редких аллелей среди изучаемых генотипов. Существующая высокая степень генетического разнообразия среди изученных генотипов дикорастущих видов яблони представляет ценный генетический ресурс для селекционных программ [21].

В Нанкинском университете лесного хозяйства (Nanjing Forestry University) на основе материалов национального хранилища зародышевой плазмы яблони были проанализированы 384 гибридных образца. Генетический анализ признаков в 7 реконструированных семьях с 14 парами SSR-маркеров для анализа отцовства показал, что белая окраска цветка является доминантным качественным признаком, в то время как интенсивность антоциановой окраски цветка, кожицы плодов и листьев является количественным признаком. Плакучая форма кроны у представителей семейства Розоцветные регулируется одиночными рецессивными генами, однако было выдвинуто предположение, что существует несколько генов, участвующих в контроле признака плакучести [25]. После проведения генетического картирования гибридов от скрещивания сортов Cheal's Weeping и Everest сотрудники Корнельского университета (Horticulture Section, School of Integrative Plant Science, Cornell University, USA) и научно-исследовательской станции Аппалачи (USDA-ARS Appalachian Fruit Research Station, USA) выявили четыре области генома, W (основной локус), W2, W3 и W4, которые были связаны с возникновением плакучей кроны, что также подтверждало полигенный характер наследования.

Выводы. Многочисленные виды и формы яблони являются неотъемлемой частью селекционного процесса, поскольку дикорастущим представителям рода *Malus* присущ межвидовой и внутривидовой полиморфизм ценных признаков. Работа в направлении усиления адаптивных и декоративных качеств гибридного потомства, как и продолжение изучения дикорастущих видов и форм являются актуальными процессами в современной науке. В ряде научных организаций проводятся исследования дикорастущих видов яблони, а также отбора перспективных форм и разновидностей для применения в селекционном процессе. Существуют тенденции применения определенных дикорастущих видов яблони в качестве источников высокой зимостойкости (*Malus baccata*), устойчивости к основным болезням (*Malus floribunda*, *Malus sieboldii*, *Malus sargentii*), антоциановой окраски вегетативных и генеративных органов (*Malus niedzwetzkyana*), махровости венчиков цветка (*Malus spectabilis*, *Malus* × *micromalus*). В качестве родительских форм для селекции яблони с декоративными качествами применяются не только дикорастущие виды, но и полученные на их основе формы, гибриды, подвои. Зарубежные молекулярно-генетические исследования позволили выявить и подтвердить характер наследования основных селекционируемых декоративных признаков яблони (окраска венчика, листьев, форма кроны).

Библиографический список

1. Барсукова О. Н. Восточноазиатские виды яблони и их селекционное использование // Современное садоводство. 2013. № 2. С. 9–19.
2. Барсукова О. Н. Поздноцветущие сорта и виды яблони в коллекции ВИР, поддерживаемой на Майкопском филиале // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2016. Т. 177. № 3. С. 74–81.
3. Корнилов Б. Б., Долматов Е. А., Хрыкина Т. А. Эстетические характеристики некоторых декоративных сортообразцов яблони генофонда ФГБНУ ВНИИСПК и модель идеального сорта этой культуры для средней полосы России // Современное садоводство. 2021. № 4. С. 45–56.

4. Котов Л. А. Селекционная работа по яблоне на среднем Урале // Современное садоводство. 2019. С. 13–21.
5. Криворучко В. П., Горбунов Ю. Н., Крючкова В. А. Интродукция и селекция яблони в Главном ботаническом саду им. Н. В. Цицина РАН // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 9. С. 48–51.
6. Макаренко С. А., Котов Л. А. Декоративная яблоня на Урале и в Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. № 179 (4). С. 17–27.
7. Савельева Н. Н. Биологические и генетические особенности яблони и селекция иммунных к парше и колонновидных сортов. Мичуринск: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и селекции плодовых растений им. И. В. Мичурина», 2016. 278 с.
8. Соломатин Н. М., Соломатина Е. А., Иванова Е. В. Селекция яблони на декоративные качества в условиях Центрально-черноземной зоны // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2012. № 21 (140). Вып. 21/1 68. С. 68–72.
9. Сорты растений // Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. Т. 1. 646 с.
10. Чурикова О. А., Мурашев В. В. Сохранение видов яблони в коллекции in vitro // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2019. Т. 63. № 2. С. 97–99.
11. Шлявас А. В. Коллекция генетических ресурсов яблони (*Malus* Mill.) ФГБНУ ФИЦ Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2017. Т. 144-1. С. 79–83.
12. A binary-based matrix model for *Malus* corolla symmetry and its variational significance / T. Zhou [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2020. No 11. P. 416.
13. A new cultivar of *Malus spectabilis* ‘Hongfen Haitang’/ L. Z. Zhang [et al.] // Acta Horticulturae Sin. 2018. No 45 S2. P. 1155–1158.
14. Analysis of the genetic diversity and structure of the Spanish apple genetic resources suggests the existence of an Iberian genepool / S. Pereira-Lorenzo [et al.] // Annals of Applied Biology. 2017. No 171 (3). P. 424–440.
15. Breeding of a new ornamental crabapple cultivar ‘Ziyan’/ J. L. He [et al.] // Journal China Fruits. 2017. No 1. P. 82–83.
16. Cronin D., Kron P., Husband B. C. The origins and evolutionary history of feral apples in southern Canada // Molecular Ecology. 2020. No 29. 10. P. 1776–1790.
17. Exploring DNA variant segregation types in pooled genome sequencing enables effective mapping of weeping trait in *Malus* / L. Dougherty [et al.] // Journal of Experimental Botany. 2018. No 69. P. 1499–1516.
18. ‘Fen balei’ crabapple / T. Zhou [et al.] // HortScience. 2019. No 54. P. 1433–1434.
19. Genetic characterization of the apple Germplasm collection in Central Italy: the value of local varieties/ G. Marconi [et al.] // Frontiers in Plant Science. 2018. No 9. P. 1460.
20. Genetic diversity, population structure, and linkage disequilibrium of elite and local apple accessions from Belgium using the IRSC array / S. Vanderzande [et al.] // Tree Genetics & Genomes. 2017. No 13 (6). P. 125.
21. Genetic diversity and population structure analysis of wild *Malus* genotypes including the crabapples (*M. baccata* (L.) Borkh. & *M. sikkimensis* (Wenzig) Koehne ex C. Schneider) collected from the Indian Himalayan region using microsatellite markers / C. Kumar [et al.] // Genetic Resources and Crop Evolution. 2019. No 66. P. 1311–1326.
22. ‘Hongyi’: A New Columnar Ornamental Crabapple / L. Zhang [et al.] // HortScience. 2021. No 56 (11). P. 1456–1458.
23. Investigation of wild species potential to increase genetic diversity useful for apple breeding / C. Dan., A. F. Sestras, C. Bozdog, R. E. Sestras // Genetika. 2015. № 47(3). P. 993–1011.
24. *Malus spectabilis* ‘Duojiang’: A new yellow-leaf cultivar / L. L. Zhang [et al.] // HortScience. 2020. No 55. P. 1155–1158.
25. Pedigree reconstruction and genetic analysis of major ornamental characters of ornamental crabapple (*Malus* spp.) based on paternity analysis / H. Rong, B. Huang, X. Han, K. Wu [et al.] // Scientific Reports. 2022. No 12 (1). № 14093.

26. Possibilities to improve apple scab (*Venturia inaequalis* (Cke.) Wint.) and powdery mildew [*Podosphaera leucotricha* (Ell. et Everh.) Salm.] resistance on apple by increasing genetic diversity using potentials of wild species / A. F. Sestras [et al.] // Australian journal of crop science. 2011. № 5 (6). P. 748–755.

27. Unravelling genetic diversity and cultivar parentage in the Danish apple gene bank collection / B. Larsen, T. B. Toldam-Andersen, C. Pedersen, M. Ørgaard // Tree Genetics & Genomes. 2017. No 13 (1). P. 14.

28. Volk G. M., Bramel P. A strategy to conserve worldwide apple genetic resources: survey results // Acta Horticulturae. 2017. No 1172. P. 99–106.

29. ‘Yangzhi Yu’: A Double-flowered Ornamental Crabapple / H. Jiang [et. al.] // HortScience horts. 2020. No 55 (4). P. 589-590.

Информация об авторе

Фещенко Екатерина Михайловна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (ФГБНУ ФНЦ Садоводства) (115598, Москва, Загорьевская, 4), ORCID: 0000-0003-4237-2059, e-mail: spiritinnocence@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-31

RESEARCH AND MATHEMATICAL MODELING OF THE EFFECT OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON THE YIELD OF SPRING CROPS IN ARID CONDITIONS OF THE VOLGOGRAD REGION

A. Yu. Guzenko

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

Received 12.11.2022

Submitted 28.02.2023

The work was carried out in 2020-2021 within the framework of the state task of the Scientific Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences No. 0713-2019-0009 "Theoretical foundations, creation of new competitive biotypes of agricultural crops with high productivity, quality, sustainability and varietal technologies based on the latest methods and technological solutions in a changing climate"

Summary

The article presents the results of the introduction of various preparations for spring barley variety Novonikolaevsky 200-2021 g, stimulating the development of plants taking into account the soil and climatic conditions of the region. Also, obtaining data on practical application, as well as analyzing and identifying the dependence of various yield coefficients and preparations on climatic conditions characteristic of the region.

Abstract

Introduction. Within two years, on the basis of theoretical data and studies by other scientists in the arid conditions of the Volgograd region, an experiment was laid on the basis of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences in the Kamyshinsky district in the village of Gosselekstantsii on the effect of modern microfertilizers on spring barley. Our goal is to obtain data on practical application, as well as to analyze and identify the dependence of various yield factors and preparations with climatic conditions characteristic of the region. **An Object:** Spring barley variety Novonikolaevsky, modern biological products. **Materials and methods.** Research with spring barley of the Novonikolaevsky variety has been carried out since 2018 after registration in the State Register. During the study in 2020-2021, we took into account the climatic conditions and adaptive properties of spring barley in the arid zone. Observations were carried out according to the methods of B. A. Dospekhov and state variety testing. Processing and analysis of mathematical data was carried out in the Excel version. **Results and conclusions.** Based on the processed data for 2020-2021, it can be concluded that there are direct correlations between the spring barley yield and traits. The yield of spring barley variety Novonikolaevsky can be affected not only by the introduction of various preparations stimulating the development of plants, but also by the soil and climatic conditions of the region.

Key words: *spring barley, germination, yield, humidity, biopreparations, fertilizers.*

Citation. Guzenko A. Yu. Research and mathematical modeling of the effect of biological products on the yield of spring crops in arid conditions of the Volgograd region *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 290-303 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-31.

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

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

УДК 633.11:631.89

ИССЛЕДОВАНИЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ БИОПРЕПАРАТОВ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ю. Гузенко

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

Дата поступления в редакцию 12.11.2022

Дата принятия к печати 28.02.2023

Работа выполнена в 2020-2021 годах в рамках государственного задания НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 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»

Актуальность. В течение двух лет на основе теоретических данных и исследований других ученых в засушливых условиях Волгоградской области был заложен эксперимент на базе Федерального научного центра агроэкологии РАН в Камышинском районе в пос. Госселекстанции по влиянию современных микроудобрений на яровую ячмень. Нашей целью является получение данных о практическом применении, а также анализ и выявление зависимости различных коэффициентов урожайности и препаратов от климатических условий, характерных для региона. **Объект.** Ячмень яровой сорта Новониколаевский, современные биопрепараты. **Материалы и методы.** Исследования с яровым ячменем сорта Новониколаевский проводятся с 2018 года после регистрации в Госреестре. При проведении исследований в 2020-2021 гг. учитывались климатические условия и адаптационные свойства ярового ячменя в аридной зоне. Наблюдения проводили по методике Б. А. Доспехова и государственному сортоиспытанию. Обработку и анализ математических данных проводили в программе Excel. **Результаты и выводы.** На основании обработанных данных за 2020-2021 годы можно сделать вывод о наличии прямой зависимости между урожайностью ярового ячменя и признаками. На урожайность ярового ячменя сорта Новониколаевский могут влиять не только внесение различных препаратов, стимулирующих развитие растений, но и почвенно-климатические условия региона.

Ключевые слова: яровой ячмень, всхожесть ярового ячменя, урожайность ярового ячменя, биопрепараты, удобрения.

Цитирование. Гузенко А. Ю. Исследование и математическое моделирование влияния биопрепаратов на урожайность ярового ячменя в засушливых условиях Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 290-303. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-31.

Авторский вклад. Автор этого исследования собрал материал, проанализировал данные и написал рукопись.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Значение ранних яровых культур в увеличении производства зерна и улучшении его качества достаточно велико, так как они являются страховыми хлебами в случае в гибели озимых от неблагоприятных условий в зимний и ранневесенний периоды [4, 8, 12].

В настоящее время высокая урожайность зерновых культур как никогда зависит от количества выпадающих осадков в сухостепной зоне Волгоградской области. За последние десятилетия с каждым годом происходят большие потери зерна у сельхозпро-

изводителей в связи с повторным неблагоприятным засушливым сезоном в зонах Нижнего Поволжья. Резкое ухудшение природно-климатических условий требует новых подходов получения стабильных урожаев полевых культур [1, 3, 6, 7].

С учетом среднегодовой урожайности ярового ячменя в России за последние 10 лет она составила около 2,3 т/га. В Южном Федеральном округе – около 1,6 т/га. В Волгоградской области в связи с постоянным колебанием температур показатели ярового ячменя варьируют от 0,6 до 1,5 т/га. Проблему можно обосновать тем, что повторяющиеся засухи, сильные сухие ветра, сильным градом и кратковременными высокими осадками делают яровой ячмень слабоустойчивой производственной культурой для данного региона [4, 8].

На основе других исследований наша задача заключалась в совершенствовании возделывания ярового ячменя на основе внесения новейших комплексных биопрепаратов в условиях засушливых климатических условий [2].

Материалы и методы. Опыты закладывались в Волгоградской области Камышинском районе п. Госселекстанция (ФНЦ агроэкологии РАН). Сухостепная зона богата каштановыми почвами, которые относятся к среднесуглинистому гранулометрическому составу. Содержание гумуса – 1,7 %; NO_3 – 49 мг/кг почвы; P_2O – 28 мг/кг почвы; K_2O – 310 мг/кг почвы. Фактическая кислотность (рН) почвы составляет 6,9. Предшественник – чистый пар (2020 г.) и озимая пшеница (2021 г.) [5, 6].

Опыт включал в себя два фактора: 1-й – сравнительная оценка урожайности сорта под действием различных вариантов подкормок; 2-й – поведение и рост ярового ячменя в экстремальных сложившихся климатических условиях за 2020-2021 гг.

Ежегодно проводилось предпосевное протравливание семян с помощью общей баковой смеси для каждого сорта: Инсектицидный протравитель: «Туарег, СМЭ» (28 г/л имидаклоприда + 34 г/л имазалила + 20 г/л тебуконазола) – 1,4 л/т; аминокислотный биостимулятор «Биостим старт» – 1 л/т; и фунгицидный предпосевной протравитель «Поларис» (100 г/л прохлораза + 25 г/л имазалила + 15 г/л тубеканазола) – 1,5 л/т [4, 9].

На протяжении 2020-2021 гг. посевные мероприятия осуществлялись анкерной сеялкой СКП – 2.1. Параметры делянки: $d = 3,2$ м; $c = 1,90$ м. Систематическое расположение сортов в трехкратной повторности. Глубина заделки семян составила – 0,03-0,05 м при норме высева – 3,9...4,0 млн всхожих семян на 1 га.

Сорт ярового ячменя – Новониколаевский, включён в Госреестр по Нижневолжскому региону. Рекомендован для возделывания в степной зоне каштановых почв Волгоградской области, в Центральной и Восточной зонах Республики Калмыкии. Среднеспелый, вегетационный период – 72-86 суток. Ценный по качеству. Содержание белка – 13,4-15,6 %. Масса 1000 зёрен – 41-51 г. Патентообладатель: ФНЦ агроэкологии РАН агрофирма Белореченская. Год регистрации: 2018 г. Авторы: Маркова Ирина Николаевна, Питоня Владимир Николаевич, Козлова Надежда Васильевна, Сухарева Елена Петровна.

Разработанные варианты опыта:

В1(к) – первый ярус (контроль) служит для сравнения полученных исследований и раскрытия потенциала сорта Новониколаевский;

В2 – второй ярус, обработка карбамид-аммиачной селитрой (КАС) в жидком виде. Как правило, такое удобрение влияет на качество зерна.

В3 – третий ярус; обработка микроудобрениями по листу, которые содержат специальный комплекс адъювантов, в том числе вещества с поверхностно-активными свойствами для стрессоустойчивости и засухоустойчивости растений.

Обработка проводилась с помощью ранца «Patriot PT – 16АС» для опрыскивания, из расчета 200 л/га рабочего раствора (таблица 1).

Таблица 1 – Схема обработки 3 яруса по фазам развития ярового ячменя сорта Новониколаевский микроудобрениями на опытном участке Камышинского района, ФНЦ агроэкологии РАН, 2020-2021 гг.

Table 1 – Scheme of processing by phases of development of spring barley of the Novonikolaevsky variety with micro fertilizers at the experimental site of the Kamyshinsky district, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2020-2021

Фаза развития ярового ячменя	Наименование препарата	Расход л/га	Дата проведения обработки
Кущение (24-30)	Ультрамаг Комби	1 л/га	05 – 10.06.
	ЗИМ 500, КС	1,2 л/га	
Начало выхода в трубку (31-41)	Биостим Универсал	3 л/га	17 – 23.07.
	Ультрамаг Фосфор	1,2 л/га	
	Биостим Зерновой	1,5 л/га	
Цветение (42-53)	Ультрамаг Бор	0,5 л/га	20 – 25.07
	Ультрамаг Калий	1 л/га	
Колошение (53-65)	КАС	30 кг/га	26 – 28.07

Объем рабочей жидкости составил 200 л/га*.

Результаты и обсуждение. Климатические условия Камышинского района характеризуются резким перепадом температур в течение года: большая засуха и солнцепек летом и малоснежная зима [12].

Средний температурный режим за весь весенний период 2020-2021 гг. складывался довольно благоприятный для начало проведения закладки опыта на полевом участке. Температура в апреле в среднем достигла +8,7 °С, что является оптимальной температурой для посева семян ярового ячменя (семена ярового ячменя прорастают при температуре +1...+2 °С).. Влажность в почвенном слое 0,0-0,30 м составило довольно высокую норму осадков – 41 мм (рисунок 1) [7, 12]. Первая декада мая также выдалась теплая, средняя температура составила +12,1 °С, со средним количеством осадков – 28 мм (рисунок 1) [14].

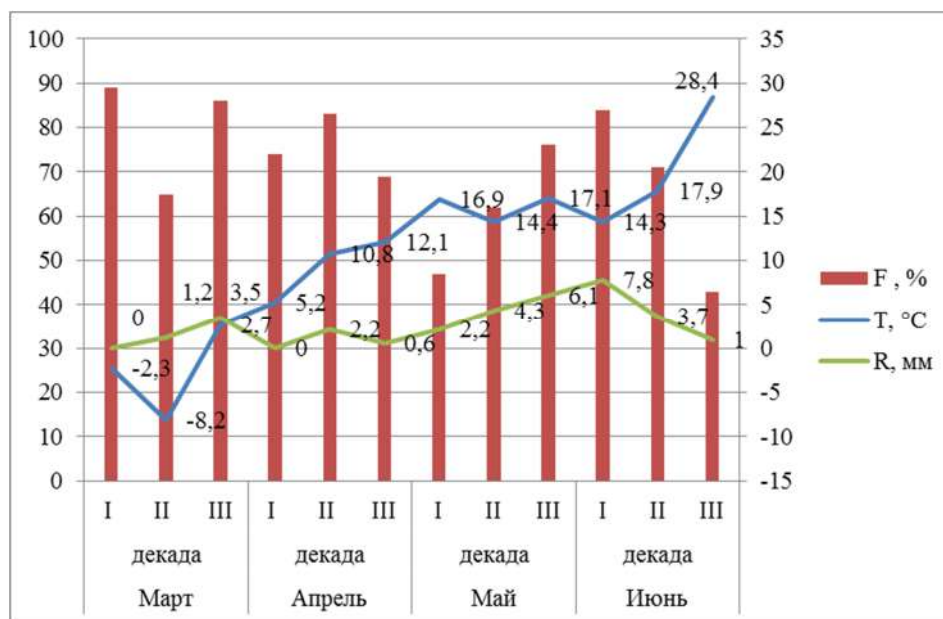


Рисунок 1– Климатические условия на опытном участке Камышинского района, ФНЦ агроэкологии РАН, 2020-2021 гг.

Figure 1 – Climatic conditions at the experimental site of the Kamyshinsky district, Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2020-2021

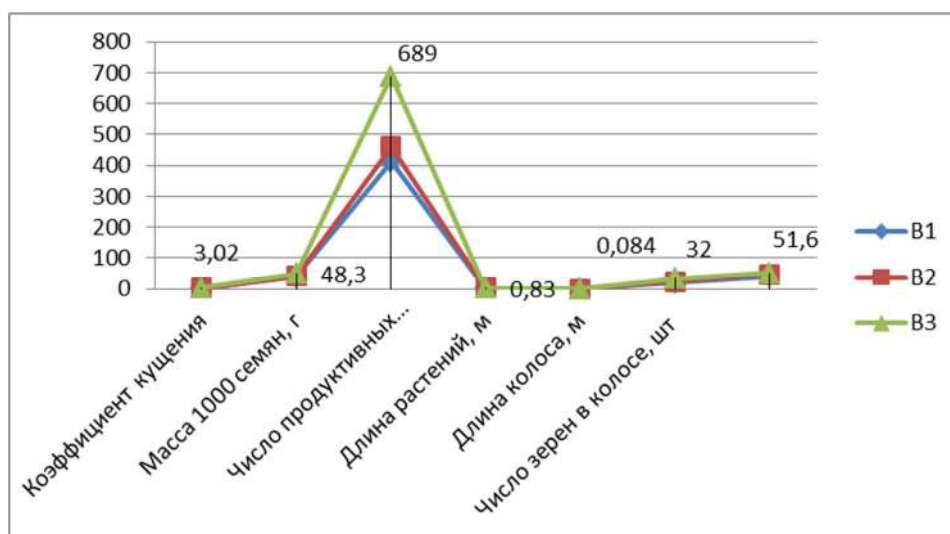


Рисунок 2 – Структура урожайности ярового ячменя сорта Новониколаевский на опытном участке Камышинского района, ФНЦ агроэкологии РАН, 2020 г.

Figure 2 – Yield structure of spring barley at the experimental plot of the Kamyshinsky district, Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2020

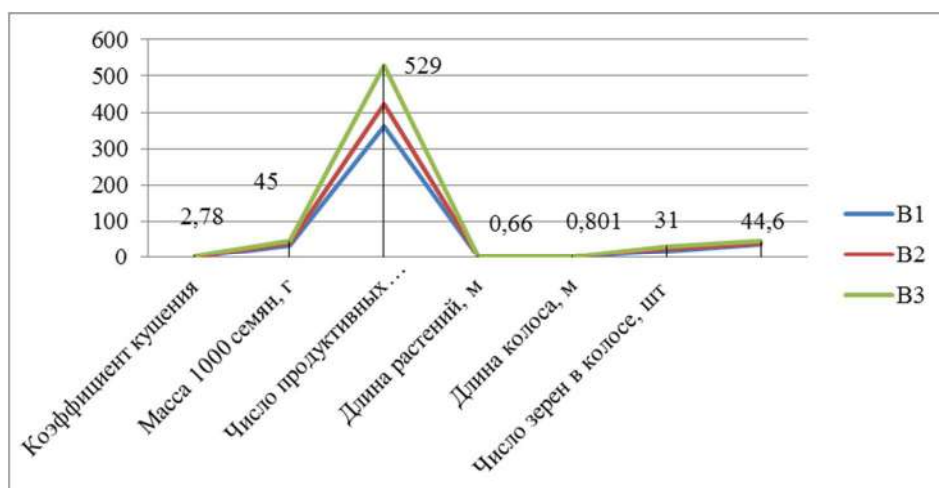


Рисунок 3 – Структура ярового ячменя сорта Новониколаевский на опытном участке Камышинского района, ФНЦ агроэкологии РАН, 2021 г.

Figure 3 – The structure of spring barley of the Novonikolaevsky variety at the experimental plot of the Kamyshinsky district, Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2021

В первую декаду июня с учетом сортовых особенностей изучаемого сорта Новониколаевский в зависимости от вариантов обработки и от сортовых особенностей изучаемых сортов ярового ячменя, коэффициент кущения в среднем не сильно заметную разницу по B1 без обработки – 1,47...1,76 (рисунок 2). Но в отличие от контроля B3 отличалось от B1 в среднем на 1,26 на 2020-2021 гг. B2 с обработкой с внесением КАС (карбамид – аммиачная селитра – жидкое удобрение) в 2020-2021 годах показал минимальную разницу по стеблестоя от контрольного варианта – в среднем на 8,9 % (рисунок 3).

На протяжении обработок ярового ячменя сорта Новониколаевский в 2020 году самый высокий показатель продуктивного стеблестоя был на B3 – 689 шт./м², а в 2021 году число стеблей снизилось от данного показателя на 160 шт./м² (рисунки 2, 3).



Рисунок 4 – Проведение подсчета продуктивного стеблестоя на ВЗ ярового ячменя сорта Новониколаевский на опытном участке Камышинского района, ФНЦ агроэкологии РАН, 2021 г.

Figure 4 – Calculation of the productive stalk of spring barley variety Novonikolaevsky on the experimental plot of the Kamyshinsky district, Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2021

При рассмотрении остальных данных структуры урожайности на 2020-2021 гг. было получено заметное понижение на второй год полевого опыта по всем вариантам обработки: масса 1000 семян в среднем на 2...4 %, а также масса зерен в главном колосе на 4...5 %. Данное исследование показало, что обработка по листу микроудобрениями на варианте ВЗ значительно повышает развитие ярового ячменя сорта Новониколаевский по разным фазам развития. Однако также могли повлиять и другие факторы на урожайность сорта Новониколаевский. Чтобы выяснить наиболее точную зависимость комплексной обработки микроудобрениями по яровому ячменю сорта Новониколаевский в засушливых климатических условиях Камышинского района, мы провели математическую обработку данных на базе Excel версии, а затем смоделировали через уравнения регрессии. Было задействовано несколько переменных с определенным и основным фактором влияния на урожайность: за Y – урожайность (т/га); X_1 – коэффициент кущения; X_2 – продуктивный стеблестой, (шт./м²); X_3 – натура семян, (г/л); X_4 – продуктивная влага, мм (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты математического анализа урожайности ярового ячменя сорта Новониколаевский в среднем по вариантам за 2020-2021 годы

Table 2 – The results of the mathematical analysis of the yield of spring barley Novonikolaevsky on average for the variants for 2020-2021 years

В1 (контроль) за 2020-2021 гг.					
Показатель	Y	X_1	X_2	X_3	X_4
1	2	3	4	5	6
Число выборок	24	24	24	24	24
Среднее число	2,231	1,733	473,833	578,833	56,717
Стандартная ошибка	0,113	0,070	0,103	0,148	1,78
Стандартное	0,392	0,244	24,484	14,021	6,187
Min	1,75	1,37	396	51,1	51,1
Max	2,91	2,1	578	73,2	70,1
Перцентиль 25 %	1,98	1,59	416	545	53,2
Перцентиль 50 %	2,14	1,70	489	579	44,4
Перцентиль 75 %	2,31	1,89	508	590	56,7

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
В2 за 2020-2021 гг.					
Число выборок	24	24	24	24	24
Среднее число	2,27	1,855	490,250	553	56,717
Стандартная ошибка	0,103	0,091	16,680	19,014	1,786
Стандартное отклонение	0,359	0,315	57,782	29,868	6,187
Min	1,75	1,21	398	498	51,1
Max	2,79	2,27	576	678	73,2
Перцентиль 25 %	1,97	1,78	479	513	53,2
Перцентиль 50 %	2,37	1,91	499	521	54,4
Перцентиль 75 %	2,53	2,03	508	654	56,7
В3 за 2021-2022 гг.					
Число выборок	24	24	24	24	24
Среднее число	2,78	2,40	656,416	633,67	54,654
Стандартная ошибка	0,143	0,109	16,010	7,67	1,78
Стандартное отклонение	0,496	0,379	55,480	26,579	6,18
Min	2,23	2,09	613	606	51,1
Max	3,67	3,12	762	677	73,2
Перцентиль 25 %	2,35	2,19	621	614	52,9
Перцентиль 50 %	2,79	2,42	632	637	56,5
Перцентиль 75 %	3,45	2,46	673	645	57,5

Была проведена выборочная характеристика оценки соответствующих характеристик генеральной совокупности (таблица 2). На основе данной обработки данных можно отметить, что наиболее высокий процентильный ранг от среднего числа имеет перцентиль 50 % и 75 % в массиве каждой характеристики вариант 3 (обработка биопрепаратами).

Была проведена корреляционная матрица чисел зависимости каждой переменной урожайности по вариантам за 2020-2021 год. Из полученных корреляционных параметров была проведена проверка через степень свободы для проверки расчётов на адекватность рассматриваемых событий при $\alpha = 0,05$ (таблица 3).

Таблица 3 – Значения корреляционных коэффициентов и проверки адекватности полученных зависимостей между характеристиками урожайности ярового ячменя сорта Новониколаевский за 2020-2021 гг.

Table 3 – Values of correlation coefficients and verification of the adequacy of the obtained dependencies between the characteristics of the yield of spring barley of the Novonikolaevsky variety for 2020-2021

Переменная (фактор влияния на урожайность)	Коэффициент корреляции (R)	Качественная оценка тесноты связи
1	2	3
В1 (К), $f=0,423$		
X1	0,880	Сильная
X2	0,773	Сильная
X3	0,919	Очень сильная
X4	-0,546	Практически отсутствует
В2		
X1	0,840	Сильная
X2	0,868	Сильная
X3	0,696	Заметная
X4	-0,681	Практически отсутствует

Окончание таблицы 3

1	2	3
B3		
X1	0,995	Очень сильная
X2	0,957	Очень сильная
X3	0,917	Очень сильная
X4	-0,529	Практически отсутствует

Используя специальные табличные соотношения Чеддока для качественной оценки тесноты связи, выявили, что наиболее сильные связи имеют переменные на варианте с обработками биопрепаратами: коэффициент кущения; продуктивный стеблестой (шт./м²) и натура семян (г/л), а значит, микроудобрения напрямую повлияли на 95 % качества и объема урожайности ярового ячменя сорта Новониколаевский. Однако, как и на других вариантах, переменная X4 (продуктивная влага, мм) показала отсутствие связи и влияния на урожайность продукции. С учетом того что на практике влажность – один из главных факторов высоких и устойчивых урожаев сельхозпродукции, можно сделать вывод, что климат, сложившийся на 2020-2021 гг., был засушливым. А при критической продуктивной влаге и высокой амплитуде температур биопрепараты оказывают достаточное влияние на развитие органов и фотосинтез растений, повышая его жизнеспособность (таблица 3).

Чтобы составить более корректный анализ воздействия на отдельную переменную Y (урожайность) от переменных Xn, данные обрабатывались в регрессионном анализе. Все изучаемые признаки, формирующие урожай зерна, были взаимосвязаны, но с различным коэффициентом детерминации (рисунки 5-13). График подбора с переменной X4 не учитывался, так как теснота связи практически отсутствует исходя из предыдущих полученных данных.

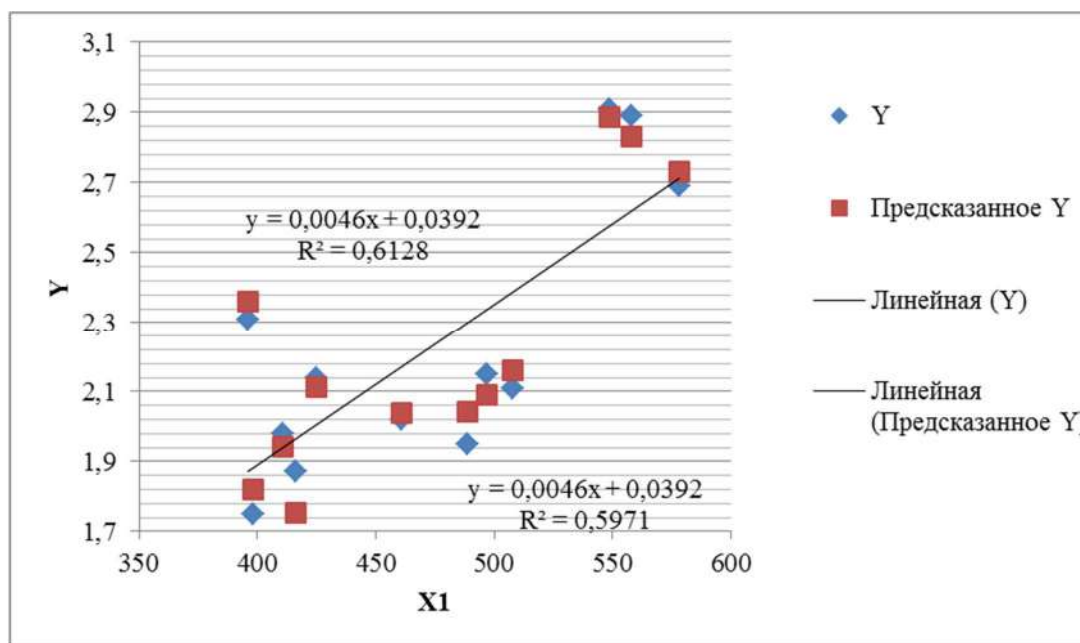


Рисунок 5 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и коэффициента кущения на B1(к) за 2020-2021 гг.

Figure 5 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and tillering coefficient on B1(k) for 2020–2021

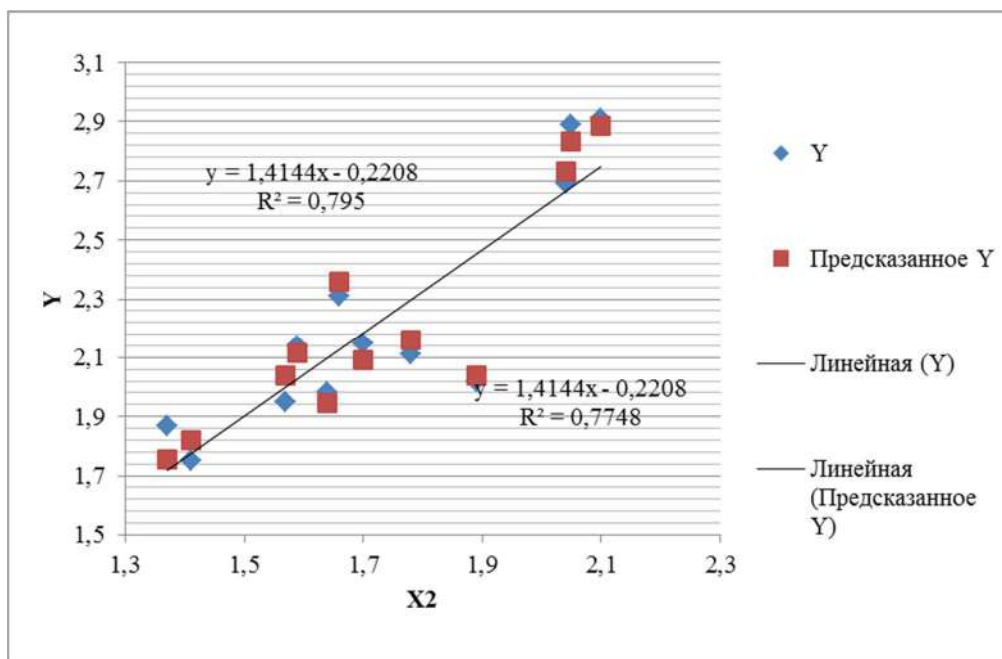


Рисунок 6 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и продуктивного стеблестоя (шт./м²) на В1(к) за 2020–2021 гг.

Figure 6 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and productive stem (pcs/m²) on B1(k) for 2020–2021

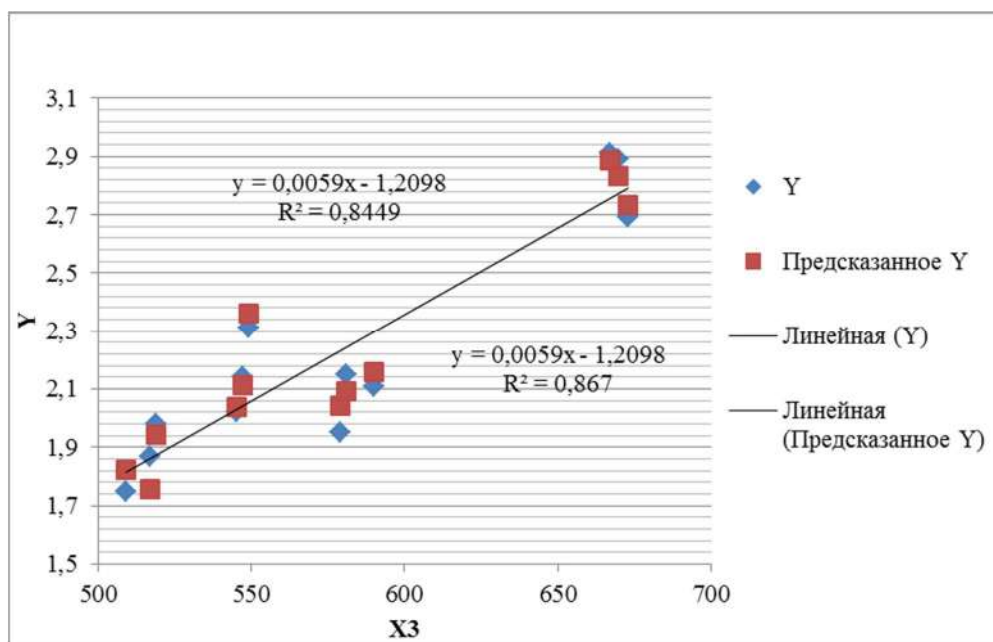


Рисунок 7 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и натура семян (г/л) на В1(к) за 2020-2021 гг.

Figure 7 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and the nature of seeds (g/l) on B1(k) for 2020-2021

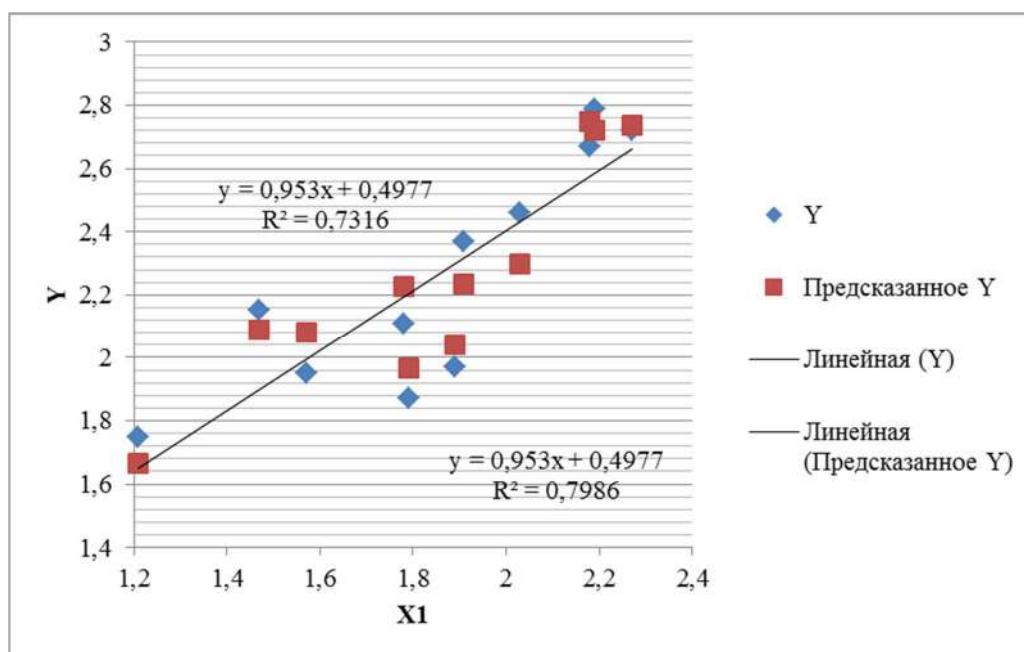


Рисунок 8 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и коэффициента кущения на B2 за 2020-2021 гг.

Figure 8 – Results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and tillering coefficient on B2 for 2020-2021

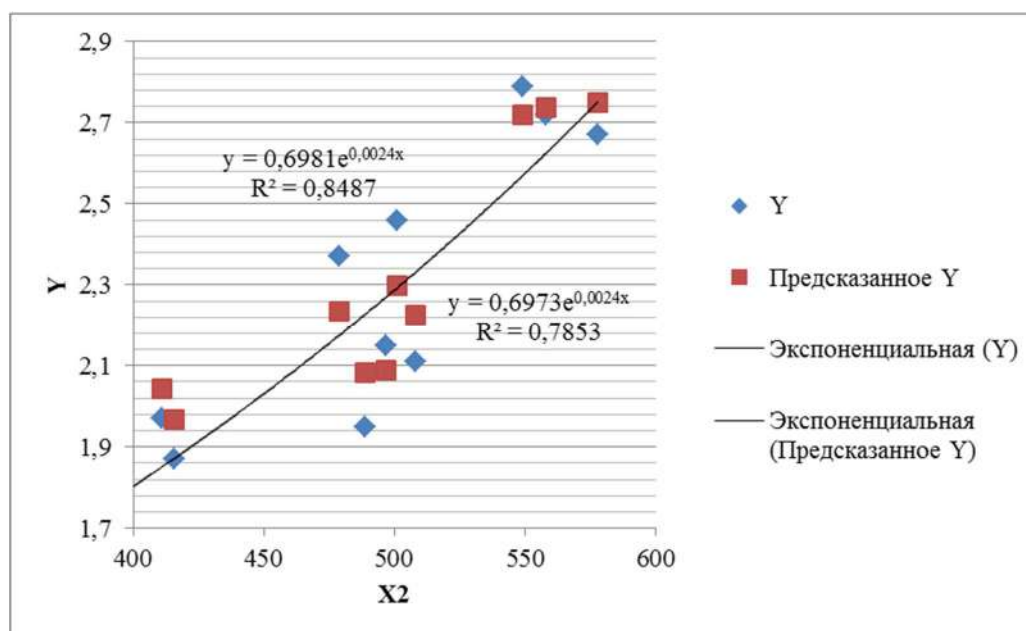


Рисунок 9 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и продуктивного стеблестоя (шт./м²) на B2 за 2020-2021 гг.

Figure 9 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and productive stem (pcs/m²) on B2 for 2020-2021

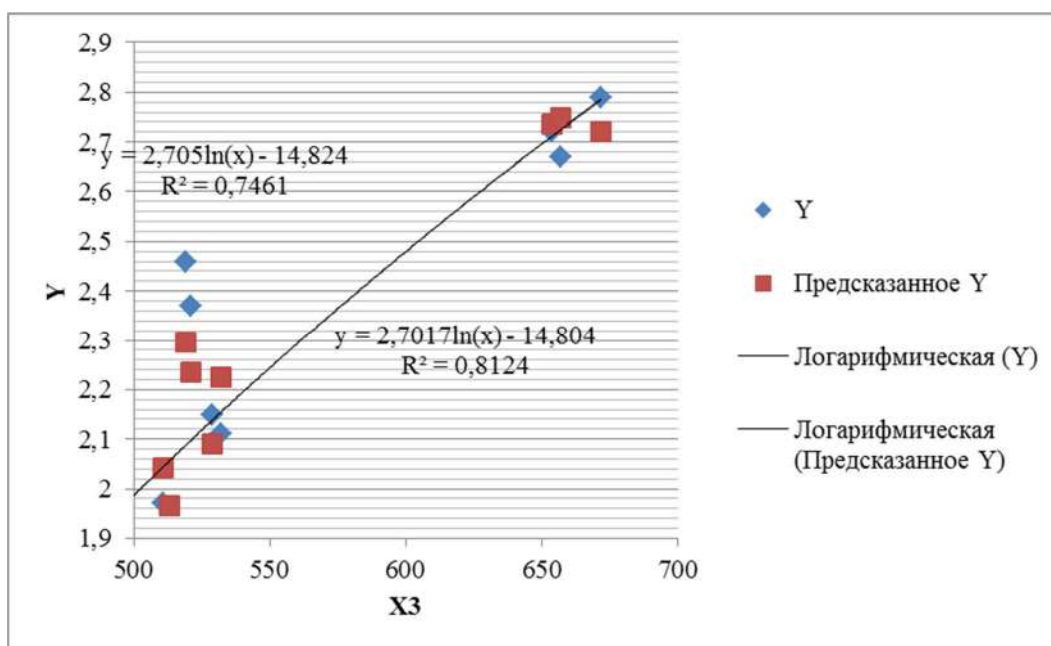


Рисунок 10 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и натуры семян (г/л) на В2 за 2020–2021 гг.

Figure 10 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and the nature of seeds (g/l) on B2 for 2020–2021

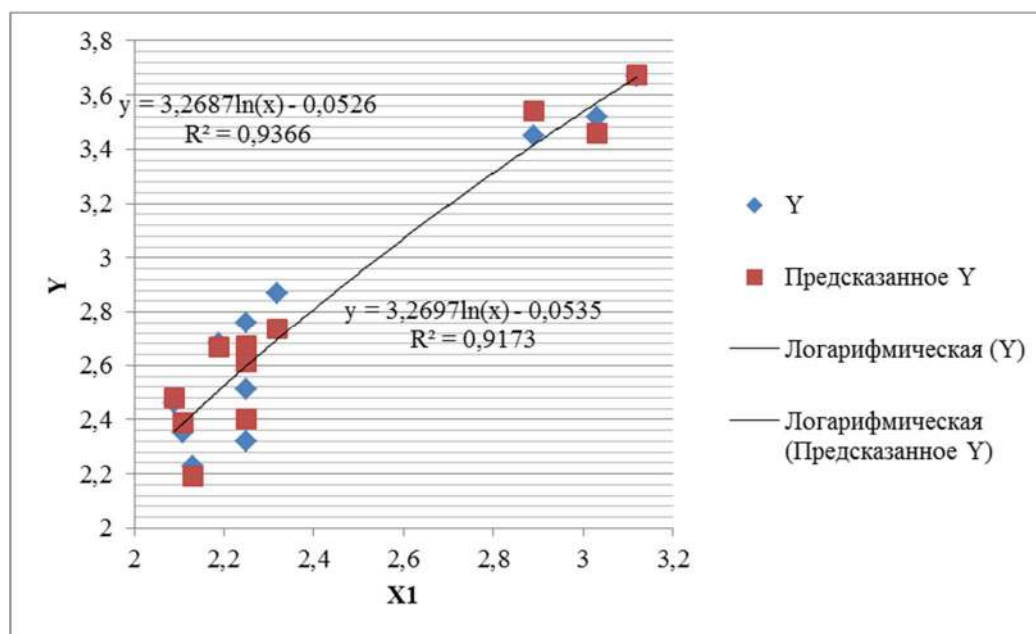


Рисунок 11 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и коэффициента кущения на В3 за 2020-2021 гг.

Figure 11 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and tillering coefficient on B3 for 2020-2021

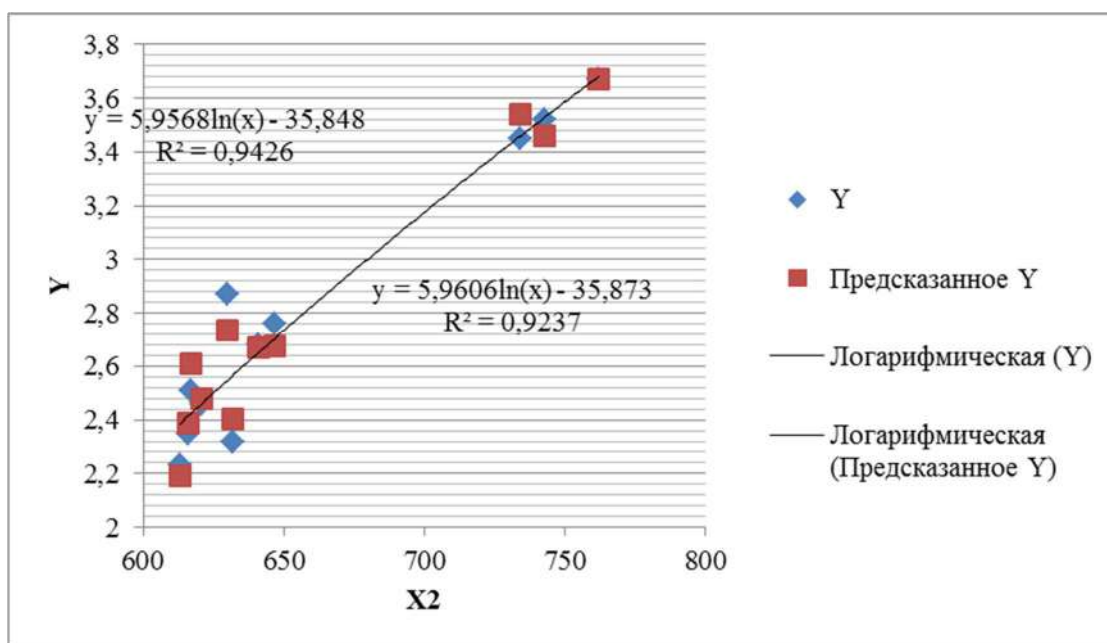


Рисунок 12 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и продуктивного стеблестоя (шт./м²) на В3 за 2020-2021 гг.

Figure12 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and productive stem (pcs/m²) on B3 for 2020–2021

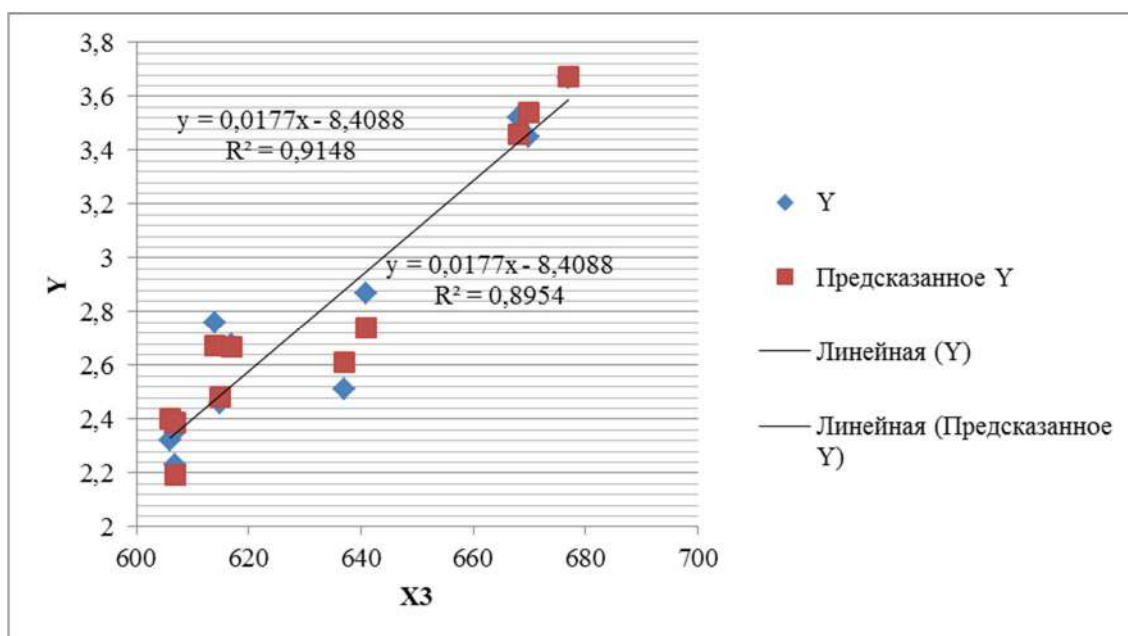


Рисунок 13 – Результаты анализа и график соответствия экспериментальных точек и предсказанных точек по регрессионной модели урожайности (т/га) и натуры семян (г/л) на В3 за 2020–2021 гг.

Figure 13 – The results of the analysis and the graph of the correspondence of experimental points and predicted points according to the regression model of yield (t/ha) and the nature of seeds (g/l) on B3 for 2020–2021

Изучение полученных графиков подбора с коэффициентами детерминации подтверждает высокую точность аппроксимации на варианте 3, где R-квадрат больше 0,8 (модель хорошо описывает зависимость урожайности от внесения биопрепаратов на структуру ярового ячменя).

Далее мы определили значение коэффициентов модели на варианте 3. Коэффициенты по р-значению меньше, чем 0,05, и соответствуют уравнению: $Y = 0,019; X_2 = 0,018; X_3 = 0,03$. Поэтому можно составить выражение для определения производства урожайности от определенного продуктивного стеблестоя и натуры зерна при внесении схемы биопрепаратов (Ультрамаг Фосфор, Ультрамаг Калий и Биостим зерновой и т.д.). Полученное уравнение:

$$Y = 0,010X_2 + 0,011X_3 - 8,012.$$

Теперь, если подставить количество продуктивного стеблестоя (шт./м²) и натуру зерна (г/л) в данное уравнение при дозе биопрепаратов упомянутой выше, то в итоге мы получим планируемую урожайность ярового ячменя в аридных условиях Волгоградской области.

Выводы. На основании обработанных данных за 2020-2021 гг. можно сделать вывод, что между урожаем ярового ячменя сорта Новониколаевский, структурой и факторами климатических условий существуют прямые коррелятивные связи. Также была доказана прямая линейная связь с внесением биопрепаратов (Ультрамаг Фосфор, Ультрамаг Калий и Биостим зерновой и т.д.). С помощью математической обработки получено уравнение соответствия модели точек тесноты связи по структуре урожая ярового ячменя.

Библиографический список

1. Беляков А. М., Назарова М. В. Исследования и опыт применения технологии прямого посева в условиях в Волгоградской области и ее вклад в формирование экологически сбалансированных агроландшафтов // Сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5 (12).
2. Влияние системы применения стимулирующих препаратов Мегамикс на продуктивность посевов ярового ячменя / А. Н. Бурунов, В. Г. Васин, А. О. Стрижаков, А. В. Васин // Самара АгроВектор. 2021. Т. 1. № 1. С. 10-22.
3. Влияние регуляторов роста с ретардантными свойствами и норм высева на рост и развитие озимой пшеницы Немчиновская 17 / С. И. Воронов, Ю. Н. Плескачев, С. Б. Говоркова, Е. В. Савинов // Аграрная Россия. 2021. № 7. С. 7-13.
4. Водный режим почвы и дозы макроудобрений при возделывании риса на системах капельного орошения / И. П. Кружилин, В. В. Мелихов, М. А. Ганиев [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2017. № 2. С. 12-15.
5. Измаилова Д. С. Урожайность и параметры адаптивности сортов твердой озимой пшеницы в условиях Предгорно-степной зоны Крыма // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 25 (188). С. 31-39.
6. Кривошеев С. И., Шумаков В. А. Оценка сортового состава озимой пшеницы в курской области по параметрам экологической пластичности и стабильности // МСХ. 2020. № 5. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-sortovogo-sostava-ozimoy-pshenitsy-v-kurskoy-oblasti-po-parametram-ekologicheskoy-plastichnosti-i-stabilnosti>.
7. Малоков Е. И. Результаты изучения экологической адаптивности и стабильности сортов яровой твердой пшеницы в условиях юго-востока ЦЧЗ // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 4 (48). С. 66-69.
8. Митрофанов Д. В. Влияние атмосферных осадков, продуктивной влаги и подвижных форм питательных веществ на продуктивность кукурузы в различных севооборотах и бессменном посеве на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Животноводство и кормопроизводство. 2018. № 3. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-atmosfernyh-osadkov-produktivnoy-vlagi-i-podvizhnyh-form-pitatelnyh-veschestv-na-produktivnost-kukuruzy-v-razlichnyh>.

9. Сайдяшева Г. В., Зайцева К. Г. Эффективность биомодифицированного удобрения и микробиологического препарата на яровом ячмене в условиях лесостепи Поволжья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021. Т. 16. № 2 (62). С. 39-42.

10. Создание и выявление ценных селекционных линий крупяного направления на основе межвидовых гибридов твёрдой 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). <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-i-vyyavlenie-tsennyh-selektсионnyh-linij-kрупяного-napravleniya-na-osnove-mezhvidovyh-gibridov-tvyordoy-pshenitsy-i-polby>.

11. Солонкин А. В., Балакшина В. И., Сухарева Е. П. Влияние условий выращивания на урожайность сортов озимой пшеницы // Научно-агрономический журнал. 2018. № 2 (103). С. 54-55.

12. Характер и направленность изменений климатических параметров Волгоградской области / В. В. Мелихов, А. А. Зибаров, Н. П. Мелихова, А. В. Романова // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 60-67.

13. Assessing the product quality and biological activities of barley (*Hordeum vulgare* L.) grasses at different harvest times / Jing-Kun Yan [et al.]. 2022. Vol. 46. 101549.

14. Mycorrhizal biofertilization improves grain yield and quality of hulless Barley (*Hordeum vulgare* ssp. *nudum* L.) under water stress conditions / Maroua Jerbi, Sonia Labidi, Frédéric Laruelle [et al.]. 2022. Vol. 104. 103436.

Информация об авторе

Гузенко Алексей Юрьевич, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий земледелия в агролесоландшафтах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (ФНЦ агроэкологии РАН), (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8237-6495>. E-mail: guzenko.family@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-32

INFLUENCE OF DIFFERENT CULTIVATION METHODS ON THE NUMBER OF LEAVES, GREEN MASS AND OUTPUT OF DRY LEAVES OF FLAVOR VARIETIES OF TOBACCO TYPE OF VIRGINIA

G.A. Kazimov

Research Institute of Agriculture, Baku, Azerbaijan

Received 12.08.2022

Submitted 10.03.2023

Abstract

Introduction. The article shows the influence of cultivation methods on the development of the tobacco variety «Kokker-347» of the Virginia type in the Sheki-Zagatala region after transplanting seedlings. An object. Variety of tobacco type Virginia. Materials and methods. Research work was carried out in 4 repetitions on an area of 28 m² on the territory of the base farm of the Scientific Research Institute of Agriculture of the Sheki Stronghold according to the following scheme: I. Field moisture capacity - 70-80-50% HB; 70-80-60% HB; 70-70-60% HB; II. Power conditions - N₃₀P₉₀K₉₀; N₄₅P₁₂₀ + 20 tons of manure; N₆₀P₁₅₀K₁₂₀ III. Feeding area - 120 × 40 cm; 110 × 40 cm; 90 × 40 cm. **Results and conclusions.** The overall analysis carried out to determine the yield was calculated based on the dry weight of the leaves in the air and the base moisture. After drying the wet leaf product, at a drying point in special chambers, at a temperature set from 60°C to 70°C, the mass of the dry leaf was weighed on a technical scale. It can be said that the yield of dry leaves obtained by different processing methods had a comparable effect between the variants. Thus, the highest yield against the background of N₄₅P₁₂₀ + 20 tons of manure on a feeding area of 120 × 40 cm at an irrigation rate of 70-80-50% 21.1 c/ha, at an irrigation rate of 70-80-60% 23.8 c/ha, at an irrigation rate of 70-70-60% 26.7 q/ha; on the feeding area of 110×40 cm at an irrigation rate of 70-80-50% 27.4 c/ha, at an irrigation rate of 70-80-60% 27.4 c/ha, at an irrigation rate of 70-70-60% 27, 0 q/ha; on a feeding area of 90×40 cm at an irrigation rate of 70-80-50% 28.8 c/ha, at an irrigation rate of 70-80-60 29.2 c/ha, at an irrigation rate of 70-70-60% 27.8 c/ha.

Key words: tobacco, variety, nutritional conditions, sowing scheme, vegetation, leaf, yield.

Citation. Kazimov G. A. Scientific foundations of the influence of mineral fertilizer norms on the stage of development of various phenophases of aromatic varieties of tobacco such as Virginia. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023. 1(69). 303-314 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-32.

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

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

УДК 633.71

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ НА КОЛИЧЕСТВО ЛИСТЬЕВ, ЗЕЛЕНУЮ МАССУ И ВЫХОД СУХИХ ЛИСТЬЕВ АРОМАТНЫХ СОРТОВ ТАБАКА ТИПА ВИРДЖИНИЯ

Г. А. Казимов, старший научный сотрудник

Научно-Исследовательский Институт Земледелия, г. Баку, Азербайджан

Дата поступления в редакцию 12.08.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Показано влияние методов возделывания на развитие табачного сорта «Коккер-347» типа Вирджиния в Шеки-Загатайском регионе после пересадки рассады. **Объект.** Сорт табака типа Вирджиния. **Материалы и методы.** Научно-исследовательская работа проводилась в 4-кратной повторности на площади 28 м² на территории базового хозяйства Научно-Исследовательского Института Земледелия Шекинского Опорного Пункта по следующей схеме: I. Влагодность поля – 70-80-50 % НВ; 70-80-60 % НВ; 70-70-60 % НВ; II. Условия питания – N₃₀P₉₀K₉₀; N₄₅P₁₂₀ + 20 тонн навоза; N₆₀P₁₅₀K₁₂₀ III. Площадь питания – 120 × 40 см; 110 × 40 см; 90 × 40 см. **Результаты и выводы.** Общий анализ, проведенный для определения урожайности, рассчитывался на основе сухого веса листьев в воздухе и базовой влажности. После сушки влажного листового продукта на сушильном пункте в специальных камерах при температуре, установленной с 60 °С до 70 °С, массу сухого листа взвешивали на технических весах. Можно сказать, что урожайность сухих листьев, полученная различными способами обработки, имела сопоставимый эффект между вариантами. Таким образом, самая высокая урожайность на фоне N₄₅P₁₂₀+20 тонн навоза на площади питания 120×40 см при норме полива 70-80-50 % – 21,1 ц/га, при норме полива 70-80-60 % – 23,8 ц/га, при норме полива 70-70-60 % – 26,7 ц/га; на площади питания – 110×40 см – при норме полива 70-80-50 % – 27,4 ц/га, при норме орошения 70-80-60 % – 27,4 ц/га, при норме полива 70-70-60 % – 27,0 ц/га; на площади питания 90×40 см при норме полива 70-80-50% – 28,8 ц/га, при норме полива 70-80-60 – 29,2 ц/га, при норме полива 70-70-60 % – 27,8 ц/га.

Ключевые слова: табак, сорта табака, условия питания табака, схемы посева табака, вегетация табака, урожайность табака.

Цитирование. Казимов Г. А. Научные основы влияния норм минеральных удобрений на стадию развития различных фенофазах ароматных сортов табака типа Вирджиния. Известия НВ АУК. 2023. 1(69). 303-314. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-32.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Благоприятные почвенно-климатические условия Азербайджана, имеющаяся рабочая сила, способность перерабатывающих предприятий удовлетворять спрос на сырье за счет местной продукции и увеличение экспортного потенциала со-

здали благоприятные условия для более эффективного развития аграрного сектора. Выращивание табака в Азербайджане – одна из самых экономически прибыльных отраслей сельского хозяйства с важными историческими традициями.

В мире нет страны, где бы табак не употреблялся в различных формах. Поэтому более 90 стран мира значительно вовлечены в производство табака. Согласно статистике 2018 года, табак был выращен на более чем 4,2 миллионов гектарах в мире, было произведено более 6,7 миллионов тонн продукции [1]. Семена табака были завезены в Европу в 1518 году и впервые были посажены в качестве декоративного растения в Королевском саду в Лиссабоне, ввиду того что у него красивая группа цветов и у цветка есть свой запах [9]. Учитывая лечебную ценность табака, Жан Никот, посол Франции в Португалии, начал выращивать табак в своем дворце в 1550 году, отсюда и пошло его распространение по Европе. По этой причине выращивание табака вскоре стало распространяться в таких странах, как Португалия и Испания. Можно сказать, что доктор Жан Никот сыграл важную роль в распространении табака в Европе [15]. Для интенсивного развития табачной промышленности в пореформенной России было важно создать на Кубани специальное предприятие, занимающееся изучением и выращиванием табака. В научных учреждениях страны стали открываться небольшие лаборатории, связанные с выращиванием табака. Постепенно число исследователей в этих лабораториях стало увеличиваться, создавались новые отделы. В настоящее время Всероссийский институт табака, махорки и табачных изделий находится в Краснодаре и осуществляет научную поддержку табачной промышленности путем проведения фундаментальных производственных исследований [5, 6]. Наибольшее производство и предложение табака в Азербайджане приходится на Шеки-Закатальский экономический район. Таким образом, наряду с наличием богатых питательными веществами земель и природно-климатическими условиями в регионе, исторически сложившиеся традиции занятости населения в этих районах также позволили сохранить табачную промышленность [2].

Потребность сельскохозяйственных культур в питательных веществах в основном зависит от типа растения и его продуктивности. Когда одно и то же растение выращивается на одном и том же поле в течение длительного времени, питательный режим почвы становится неблагоприятным, если не применять соответствующую систему удобрения. Согласно этим примечаниям, посадка другого предшественника в поле была рассмотрена до выбора поля для эксперимента [3, 4]. Правильный выбор предшественников растений, наряду с получением высокой урожайности, также важен и для улучшения качества посева. До пересадки саженцев на поле для уничтожения сорняков и смягчения комков земли участок повторно обрабатывается дисковой бороной, далее проводится вспахивание борозды в соответствии со схемой посадки, предусмотренной в методологии. После осуществления необходимых агротехнических мероприятий перед посадкой саженцы табака, выращенные в питомнике, были вручную перенесены на поле [8]. Известно, что урожайность поля после посадки зависит от количества листьев на саженце табака. Если в зависимости от схемы посадки в поле количество растений на гектар будет больше, чем намеченное количество, тогда урожай листовых культур будет некачественным, а урожайность низкой. Поэтому, чтобы обеспечить нормальный рост листьев и высокую продуктивность на опытном поле, высеив проводился в соответствии с методологией, учитывающей количество растений на гектар на площадь питания. Оптимальное сочетание улучшенных агрометодов для выращивания рассады в почвенном субстрате

приводит к увеличению урожайности стандартных саженцев табака, нормальному количеству растений по скорости роста, что приводит к увеличению урожайности табака [7].

Основной целью исследования является повышение продуктивности и качественных показателей данных сортов табака на научных основаниях с учетом возрастающего спроса на ароматические сорта табака у табачных фермеров республики.

Материалы и методы. На протяжении исследовательских лет будут изучены следующие вопросы.

1. Изучения биологических особенностей растений табака.
2. Изучения влияния норм полива (70-80-60; 70-80-50; 70-70-60 %) на листовую продуктивность растений табака.
3. Изучения влияния норм полива (70-80-60; 70-80-50; 70-70-60 %) на качественные показатели листовой продуктивности растений табака.
4. Изучения влияния различных условий питания ($N_{30}P_{90}K_{90}$; $N_{60}P_{150}K_{120}$; $N_{45}P_{120} + 20$ тонн навоза) на листовую продуктивность растений табака.
5. Изучения влияния различных условий питания ($N_{30}P_{90}K_{90}$; $N_{60}P_{150}K_{120}$; $N_{45}P_{120} + 20$ тонн навоза) на показатели качества продуктов табачного листа.
6. Изучения влияния различных площадей питания (120×40; 110×40; 90×40 см) на урожай листьев растений табака.
7. Изучения влияния различных питательных площадей (120×40; 110×40; 90×40 см) на показатели качества изделий из табачного листа.

Принимая во внимание вышеизложенное, в целях дальнейшего увеличения производства высококачественной сухолистной продукции на научной основе с применением различных методов выращивания, в 2018–2020 гг. был проведен пилотный эксперимент на орошаемых землях Шеки-Загатальского района. В 2018–2020 гг. опыт закладывался на одном агрофоне на участке с одним типом рельефа. Опыт проводился в 4-кратной повторности, в 4 ряда по 28 м² на каждом участке, длина каждого ряда – 10 м. Опыт закладывался на почве серо-лесного-лугового типа в условиях орошения в Шекинском опорном пункте Научно-исследовательского института земледелия по следующей схеме.

I. Влагоемкость поля:

1. 70–80–50 % НВ.
2. 70–80–60 % НВ.
3. 70–70–60 % НВ.

II. Условия питания:

1. $N_{30}P_{90}K_{90}$.
2. $N_{45}P_{120} + 20$ т навоза.
3. $N_{60}P_{150}K_{120}$.

III. Площадь питания:

1. 120 × 40 см.
2. 110 × 40 см.
3. 90 × 40 см.

Результаты и обсуждение. Растение-предшественник опытного поля: обычно лучше сажать после злаков, чтобы получить из табака качественный продукт. Поэтому перед посадкой участок осматривали на предмет подбора грунта. В ходе осмотра на территории было обнаружено несколько видов растений (ячмень, пшеница, кукуруза, сорго, соя, овощи). Для посева выбрано зерновое поле. Таким образом, предшественником поля, предназначенного для проведения опыта в 2018-2020 гг., были зерновые (ячмень, пшеница).

Вспашка: Подготовка поля к посадке табака начинается с глубокой вспашки осенью. Глубина вспашки оказывает большое влияние на урожайность и качество табака. Мелкую вспашку можно производить на почвах с низким содержанием гумуса и низким плодородием. Такие почвы следует вспахивать только на глубину гумусового слоя. Учитывая важность пахотного периода, менять пахотный слой следует только осенью, когда почва достаточно увлажнена и созданы необходимые условия для разложения органического вещества.

Орошение опытного поля: Правильное орошение имеет большое значение для регулирования развития и роста растений табака. При слишком большом количестве влаги в почве нарушается нормальный процесс питания растения, листья табака истончаются, аромат снижается. Поэтому табачное растение целесообразно своевременно и с необходимой нормой полива поливать.

Наиболее прогрессивным методом поверхностного орошения является бороздовой полив. В отличие от других методов орошения, этот метод не нарушает структуры почвы и требует меньшего количества поливов. Бороздовой полив используется для орошения сельскохозяйственных культур, выращиваемых преимущественно рядами [19].

Для орошения опытного участка использовалась внутрихозяйственная субартезианская водопроводная система. В течение вегетационного периода поля поливали 6 раз в год, преимущественно по бороздам.

Ломка табачного листа: Очистка табачного листа – одна из самых производительных работ. Это связано с тем, что наиболее важно собирать листья табака на стадии полной зрелости (т. е. пазухи листьев и главные жилки становятся светло-желтыми, края листьев полностью желтеют и загибаются книзу, на них образуются светло-окрашенные пузырьки, пазухи листьев становятся шершавыми, разветвленными и легко отделяются от ствола). Таким образом, если листья собирают в это время, содержащиеся в них органические кислоты не теряются и продукт из листьев получается хорошего качества. Появление пятен созревания на поверхности листьев табака, загибание кончиков листьев и звук «щелчков» при надламывании являются выражением технической культивации [24]. Уборку табака начинают с «подчистки» нижних (рассадных) листьев, которые, как правило, не используются для производства табачного сырья. Начинают сбор с нижних рядов, а продолжают по мере созревания верхних ярусов [14]. Иногда ее проводят одновременно с уборкой листьев первой ломки. Однако своевременная «подчистка» растений повышает его урожай и качество [11].

По биологическим свойствам сортов табака типа Вирджиния можно собирать их по частям несколько раз. В опытном поле ломки в основном выполнялись вручную. Дефектные (почерневшие, оборванные, зараженные) листья удаляли с поля до начала основной ломки. Всего на участке было проведено 6 ломок листьев.

Сушка листьев табака: Нарушение технологических режимов сушки негативно сказывается на качестве табака Вирджиния. В процессе сушки улучшаются внешний вид, цвет, вкус, биохимические и технологические свойства сырья [22].

Листья сушили в течение 7-8 дней при температуре 40-45 °С в современной сушильной камере «Riello Burners» (Болгария), установленной в Шекинском районе. Высушенный табачный лист сдавали в пункт приема табака.

Влияние норм орошения и условий питания на количество листьев на растении табака сорта Вирджиния. Результаты исследования показали, что гибриды (Вирджиния) сорта табака Трапезонд 182 существенно различались по количеству листьев. Так, если у сортов табака Трапезонд 182 число листьев составляло 26-29, то у гибридов этот показатель равнялся 36-42, а в некоторых случаях даже больше [10].

В отличие от других растений продуктом табачного растения являются его листья. Поэтому большое количество листьев на растении сопровождается увеличением будущей продуктивности. Для определения количества листьев количество листьев на контрольных растениях (10 растений) группировали после повторения и определяли количество листьев на растении, результаты приведены в таблице 1.

Анализ таблицы 1 показывает, что самый высокий показатель «количество листьев» среди вариантов был получен на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ т удобрения и на площади питания 120×40 см при норме полива 70–80–50 % – 32,7 шт., при норме полива 70–80–60 % – 33,2 шт., при норме полива 70–70–60 % – 31,9 шт.; на площади питания 110×40 см при норме полива 70–80–50 % – 28,7 шт., при норме полива 70–80–60 % – 30,8 шт., при норме полива 70–70–60 % – 29,0 шт.; на площади питания 90×40 см при норме полива 70–80–50 % – 28,0 шт., при норме полива 70–80–60 % – 28,6 шт. и при норме полива 70–70–60 % – 27,8 шт.

Влияние норм полива и условий питания на зеленую массу листьев табака сорта Вирджиния (рисунок 1). Не допускается сушка листьев табака типа Вирджиния на открытом воздухе. Из-за биологических особенностей этих сортов сушить их следует только в сушильных камерах. поэтому на приемные пункты поступает зеленая масса листьев этих сортов. С учетом этого растения на опытном поле собирали в виде зеленой массы и отдавали на сушку.



Рисунок 1 – Общий вид табака сорта типа Вирджиния

Figure 1 – General view of tobacco of the Virginia variety

Собранную зеленую массу перед сдачей взвешивали на технических весах и полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 1 - Влияние норм орошения и условий питания на количество листьев на растении табака сорта Вирджиния

Площадь питания см	Норма полива	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀						N ₄₅ P ₁₂₀ +20 тонн навоз						N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀			
		Сумма повторений	I	II	III	IV	Сумма повторений	I	II	III	IV	Сумма повторений	I	II	III	IV	Сумма повторений
шт.	%	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
120×40	70-80-50	29,3	27,7	28,9	26,5	28,1	32,8	29,1	31,4	32,7	31,5	31,4	30,6	29,8	31,8	30,9	30,9
	70-80-60	28,7	27,5	26,3	22,7	26,3	31,7	30,6	31,4	29,6	30,2	31,0	28,7	28,5	28,2	29,1	29,1
	70-70-60	29,0	26,3	27,1	21,2	25,9	33,1	31,4	32,0	31,1	31,9	33,3	30,8	28,9	31,8	31,2	31,2
110×40	70-80-50	24,3	26,8	25,1	20,6	24,4	29,5	31,0	28,7	28,4	29,4	30,2	27,9	29,2	27,9	28,8	28,8
	70-80-60	25,4	27,1	24,2	26,5	25,8	28,7	30,9	27,6	29,2	29,1	29,2	27,1	28,9	29,2	28,6	28,6
	70-70-60	26,7	25,3	23,8	23,8	24,9	30,1	29,7	31,3	26,9	29,5	28,8	31,1	27,9	28,6	29,1	29,1
90×40	70-80-50	24,1	25,9	24,0	26,4	25,1	27,1	30,2	29,8	28,9	29,0	29,1	28,7	29,3	28,1	28,8	28,8
	70-80-60	25,5	26,1	26,2	26,2	26,0	28,1	29,4	31,0	30,7	29,8	28,7	30,2	28,9	27,0	28,7	28,7
	70-70-60	24,1	24,4	24,9	23,8	24,3	27,2	30,5	28,7	29,2	28,9	30,1	28,7	26,9	26,3	28,0	28,0

Таблица 2 - Влияние норм полива и условий питания на зеленую массу листьев табака сорта Вирджиния

Table 2 – Influence of irrigation norms and nutrition conditions on the green mass of Virginia type tobacco leaves

Площадь питания см	Норма полива %	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀						N ₄₅ P ₁₂₀ +20 тонн навоз						N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀					
		Зелёный масса	Ломки зелёный лист		После цветения		Зелёный масса	Ломки зелёный лист		После цветения		Зелёный масса	Ломки зелёный лист		После цветения				
			I ломке	II ломке	ц/га	%		ц/га	%	I ломке	II ломке		ц/га	%	I ломке	II ломке	ц/га	%	
120×40	70-80-50	145,7	39,3	26,9	106,4	73,1	155,0	46,5	30,0	108,5	70,0	149,3	44,8	30,0	104,5	70,0			
	70-80-60	150,0	40,5	27,0	109,5	73,0	167,1	48,5	29,0	118,6	71,0	160,7	46,6	28,6	114,1	71,4			
	70-70-60	156,4	42,2	27,9	114,2	73,1	172,1	49,9	28,9	122,2	71,1	167,9	47,0	27,9	120,9	72,1			
	70-80-50	165,0	44,6	27,0	120,4	73,0	190,7	55,3	30,0	135,4	70,0	176,4	49,4	28,0	127,0	72,0			
110×40	70-80-60	170,0	45,9	27,0	124,1	73,0	195,7	56,7	28,9	140,0	71,1	180,7	50,6	28,0	130,1	72,0			
	70-70-60	163,6	44,2	27,1	119,4	72,9	192,8	55,9	30,0	136,9	70,0	185,0	51,8	28,0	133,2	72,0			
	70-80-50	168,6	49,9	29,6	118,7	70,4	205,7	59,7	29,0	146,0	31,0	188,6	52,8	27,9	135,8	72,1			
	70-80-60	174,3	47,0	26,9	127,3	73,1	208,6	60,5	29,0	148,1	31,0	194,3	54,4	28,0	139,9	72,0			
90×40	70-70-60	172,1	46,4	26,9	125,7	73,1	198,5	57,6	29,0	140,9	31,0	191,4	53,4	27,8	138,0	72,2			

Данные в таблице 2 и на рисунке 2 показывают, что на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ т навоза, 120×40 см площади питания, поливной нормы 70-80-50 %, общая масса зеленого продукта – 158,6 ц/га, 46,5 ц/га (29,3 %) I ломки, 112,1 ц/га (70,7 %) после цветения, поливной нормы 70-80-60 %, общая масса зеленого продукта – 173,6 ц/га, 48,5 ц/га (27,9 %) I ломки, 125,1 ц/га (72,1 %) после цветения, поливной нормы 70-70-60 %, в общая масса зеленого продукта – 177,9 ц/га, 49,9 ц/га (28,0 %) I ломки, 129,0 ц/га (72,5 %) после цветения; 120×40 см площадь питания, поливной нормы 70-80-50 %, общая масса зеленого продукта – 188,6 ц/га, 55,3 ц/га (29,3 %) I ломки, 133,3 ц/га (70,7 %) после цветения, поливной нормы 70-80-60 %, общая масса зеленого продукта 199,3 ц/га, 56,7 ц/га (28,4%) I ломки, 142,6 ц/га (71,6 %) после цветения, поливной нормы 70-70-60 %, общая масса зеленого продукта – 187,9 ц/га, 55,9 ц/га (29,7 %) I ломки, 132,0 ц/га (70,3 %) после цветения; 90×40 см в площадь питания, поливной нормы – 70-80-50 %, общая масса зеленого продукта – 210,7 ц/га, 59,7 ц/га (28,3 %) I ломки, 151,0 ц/га (71,7 %) после цветения, поливной нормы 70-80-60 %, общая масса зеленого продукта 215,7 ц/га, 60,5 ц/га (28,1 %) I ломки, 154,5 ц/га (71,9 %) после цветения, поливной нормы 70-70-60 %, общая масса зеленого продукта – 197,9 ц/га, 57,6 ц/га (29,1 %) I ломки, 140,3 ц/га (70,9 %) после цветения.

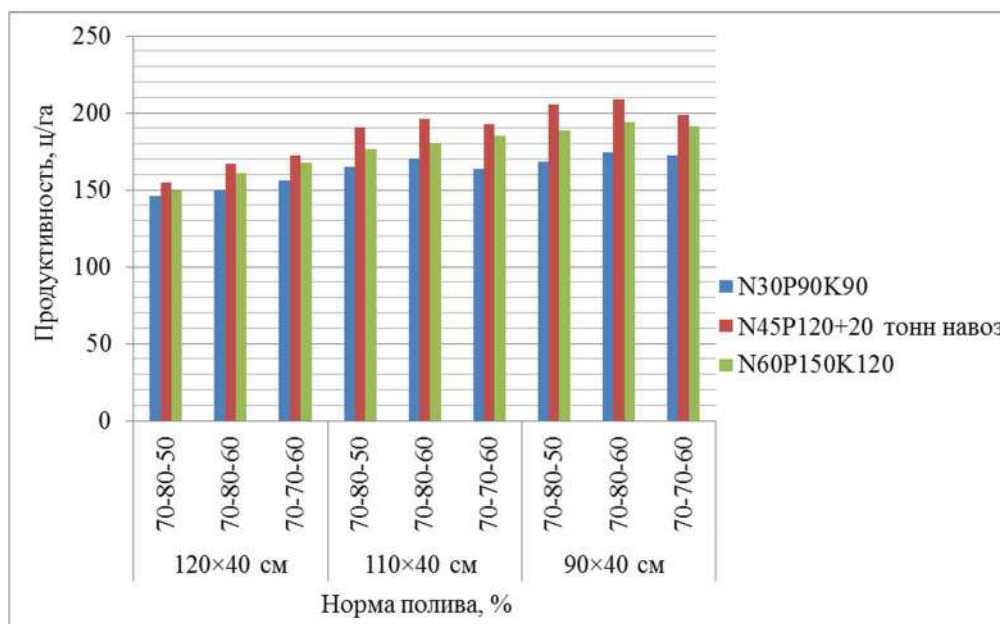


Рисунок 2 – Продуктивность зеленой массы листьев табака сорта Вирджиния в зависимости от нормы полива, площади и условий питания

Figure 2 – Productivity of the green mass of Virginia tobacco leaves depending on the irrigation rate, area and food conditions

Влияние норм полива и условия питания на урожай сухих листьев табака типа Вирджиния. Исходя из многолетнего опыта сорт табака типа Вирджиния при пересадке в поле следует заделывать реже, чем другой сорт табака Ориентал. Установлено, что уменьшение количества растений на гектар до 16 000 вместо 22 000 может привести к увеличению площади листьев на 35,3 %, увеличению сухого вещества листа – до 4,6 % и повышению продуктивности – на 12,6 %. По этому сорту табака можно получить дополнительную урожайность 2,7 ц с 1 га посевной площади при схеме посева 90×40 см [12]. Самая высокая урожайность среди вариантов – $N_{45}P_{120} + 20$ тон навоза на фоне площади питания 90×40 см, поливной нормы 70-80-50 % – 29,5 ц/га, 70-80-60 % нормы полива 30,1 ц/га и 70-70-60 % – 27,7 ц/га получено при норме орошения [13].

Таблица 3 – Влияние норм орошения и площади питания на сухих листовую урожайность табака сорта типа Вирджиния
Table 3 - Influence of irrigation norms and nutrition conditions on the number of leaves on a plant
of a tobacco variety of the Virginia type

Площадь питания	Норма полива	N ₃₀ P ₉₀ K ₉₀					N ₄₅ P ₁₂₀ +20 тонн навоз					N ₆₀ P ₁₅₀ K ₁₂₀				
		Сумма повторений	I повторить	II повторить	III повторить	IV повторить	Сумма повторений	I повторить	II повторить	III повторить	IV повторить	Сумма повторений	I повторить	II повторить	III повторить	IV повторить
см	%	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.	шт.
120×40	70-80-50	20,4	21,2	19,9	22,0	18,5	21,1	20,8	21,4	22,6	19,6	20,9	20,2	21,8	22,4	19,2
	70-80-60	21,0	22,1	20,4	21,2	20,3	23,8	23,2	25,5	25,4	21,1	22,5	23,6	23,2	24,1	19,1
	70-70-60	21,7	21,6	22,7	20,4	22,1	24,1	25,4	24,7	24,0	22,3	23,2	22,6	23,7	24,1	22,4
110×40	70-80-50	23,4	24,7	25,1	20,7	23,1	26,7	27,6	26,4	24,9	27,9	24,7	26,7	23,0	25,7	23,4
	70-80-60	23,8	25,4	22,6	21,9	25,3	27,4	28,7	27,1	26,8	27,0	25,3	24,5	26,6	24,9	25,2
	70-70-60	22,9	23,5	21,8	22,6	23,7	27,0	29,1	26,8	27,3	24,8	25,9	27,8	24,3	24,8	26,7
90×40	70-80-50	23,6	24,9	25,1	20,7	23,7	28,8	28,7	30,2	27,5	28,8	26,4	27,1	26,8	25,4	26,3
	70-80-60	24,1	23,8	26,4	22,2	24,0	29,2	31,4	28,9	29,1	27,4	27,7	26,6	28,7	27,9	27,6
	70-70-60	23,1	23,6	24,8	21,3	22,7	27,8	30,0	27,4	26,8	27,0	26,8	27,1	26,9	27,0	26,2

Урожайность табака зависит от общего развития растений, количества листьев и величины листьев [20]. В результате применения приемов, направленных на повышение урожайности табака, высота растений увеличилась на 25 %, а урожайность – на 34,9 ц/га [21]. Расчетные нормы удобрений соблюдены с дополнительной прибавкой урожайности 5,0 т/га на фоне минеральных удобрений $N_{216}P_{150}K_{135}$. Это означает, что на варианте без удобрений будет собрано не более 28-35 ц/га [16, 23].

Продуктивность табака зависит от общего развития растений, количества и размера листьев. Для определения продуктивности табака после сушки влажного листового продукта на сушильном пункте в специальных камерах при температуре, установленной с 60 °С до 70 °С, взвешивали массу сухого листа на технических весах. Полученные данные приведены в таблице 3.

Ссылаясь на цифры в таблице, можно сказать, что урожайность сухих листьев, полученная различными способами обработки, имела сопоставимый эффект между вариантами. Таким образом, самая высокая урожайность на фоне $N_{45}P_{120}+20$ тон навоза на площади питания 120×40 см при норме полива 70-80-50% – 21,1 ц/га, при норме полива 70-80-60 % – 23,8 ц/га, при норме полива 70-70-60 % – 26,7 ц/га; на площади питания 110×40 см при норме полива 70-80-50 % – 27,4 ц/га, при норме орошения 70-80-60 % – 27,4 ц/га, при норме полива 70-70-60 % – 27,0 ц/га; на площади питания 90×40 см при норме полива 70-80-50 % – 28,8 ц/га, при норме полива 70-80-60 – 29,2 ц/га, при норме полива 70-70-60 % – 27,8 ц/га.

Выводы. 1. Самый высокий показатель количества листьев среди вариантов был получен на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ тон удобрения и на площади питания 90×40 см, поливной нормы 70-80-50 %, общая масса зеленого продукта – 210,7 ц/га, 59,7 ц/га (28,3%) I ломки, 151,0 ц/га (71,7 %) после цветения, поливной нормы 70-80-60 %, общая масса зеленого продукта – 215,7 ц/га, 60,5 ц/га (28,1 %) I ломки, 154,5 ц/га (71,9 %) после цветения, поливной нормы 70-70-60 %, общая масса зеленого продукта – 197,9 ц/га, 57,6 ц/га (29,1 %) I ломки, 140,3 ц/га (70,9 %) после цветения.

2. Самый высокий показатель зеленой массы листьев табака был получен на фоне $N_{45}P_{120} + 20$ тон навоза, 90×40 см площади питания, поливной нормы 70-80-50 %, общая масса зеленого продукта – 210,7 ц/га, 59,7 ц/га (28,3 %) I ломки, 151,0 ц/га (71,7 %) после цветения, поливной нормы 70-80-60 %, общая масса зеленого продукта – 215,7 ц/га, 60,5 ц/га (28,1 %) I ломки, 154,5 ц/га (71,9 %) после цветения, поливной нормы 70-70-60 %, общая масса зеленого продукта – 197,9 ц/га, 57,6 ц/га (29,1 %) I ломки, 140,3 ц/га (70,9 %) после цветения.

3. Наивысшая урожайность в этом варианте была получена на фоне $N_{45}P_{120}+20$ тон навоза на площади питания 90×40 см, при норме орошения 70-80-50 % от общего урожая 28,8 ц/га, при норме орошения 70-80-60 % – 29,2 ц/га и при норме орошения 70-70-60 % – 27,8 ц/га.

Библиографический список

1. Аббасов Б. Х., Казымов Г. А., Алиева А. И. Технология возделывания ароматных сортов табака типа Вирджиния в Азербайджане. Баку: Азерпринт ММС, 2021. С. 18-19.
2. Аббасов В. Х. Аграрное хозяйство. Баку: Экопринф, 2017. 468 с.
3. Аббасов Б. Х., Казимов Г. А. Промышленное развитие табаководства в Азербайджане // Сельская жизнь. 2021. С. 1-8.
4. Аксай У., Боз И., Гулиев Ю. Органическое сельское хозяйство в Азербайджане. ФАО, 2018. С. 87.
5. Бахрушева И. В. Цветоводство. Екатеринбург: Лит Рес, 2016. С. 37.
6. Бубнова Н. Н. Исследования факторов, определяющих токсичность табака для кальяна и совершенствование его технологии. Краснодар, 2020. 168 с.

7. Гнучих Е. В. Никотиносодержащая продукция, регулирование, идентификация, табачные изделия, электронные системы доставки никотина, табак нагреваемый, химический состав аэрозоля. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, 2018. С. 44–49.

8. Гулиева С. А. Влияние густоты стояния и удобрений на продуктивность табака товарных сортов в Шеки-Закатальском районе (Азербайджан) // Бюллетень наука и практики. 2022. Т. 8. № 9. С. 125-132.

9. Дурсун Курт, Гунгор Йылмаз Урожайность и характеристики урожайности по ручным группам у восточного табака // Анадолуский журнал сельскохозяйственных наук. 2018. № 3. С. 155-160.

10. Жигалкина Г. Н., Павлюк И. В. Оценка новых гибридных комбинаций сорта табака Трапезонд-182 // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: материалы Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2015. С. 104-108.

11. Ибрагим Э., Корай Ч., Мустафа Б. Влияние различных навозов на развитие томатов и минеральное питание // Университет Сулеймана Демиреля, журнал сельскохозяйственного факультета. 2018. С. 295-302.

12. Иваницкий К. И., Павлюк И. В., Жигалкина Г. Н. Сортоиспытание новых сортов табака. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий, 2018. № 2. С. 59-62.

13. Казимов Г. А. Роль различных методов выращивания в повышении урожайности сорта табака тира вирджиния Коккер 347 // Актуальные проблемы, селекции, семеноводства и сохранения плодородия почв. Воронеж, 2021. С. 152-158.

14. Карабаджак К. Табаководство в Турции и географический журнал // Журнал географических наук. Анкарский университет, 2017. С. 46-48.

15. Кая А., Инан Н. Табак, подвергшийся воздействию засушливых и стерильных солей // Журнал сельского хозяйства и природы Университета Кахраманмараш Сютчю Имам. 2018. № 21 (4). С. 560-563.

16. Ковальчукова А. А., Иваницкий К. И. Развитие селекционных работ по табаку // Научное обеспечение инновационных технологий производства и хранения сельскохозяйственной и пищевой продукции: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. Краснодар, 2018. С. 35-39.

17. Мамедов С. А., Гурбанов Х. Н. Научное обоснование внесения в почву минеральных удобрений // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в сельскохозяйственном производстве: материалы научной конференции. Гянджа, 2018. С. 96-101.

18. Мамедова И. М. Размещение производительных сил в аграрной сфере в регионах и экономические проблемы развития. Гянджа, 2018. С. 161.

19. Мустафаева Р. Р. Основные направления государственной поддержки развития аграрного сектора // Аграрная наука Азербайджана. 2018. № 3. С. 14-17.

20. Павлюк И. В., Жигалкина Г. Н., Соломотин В. А. Итоговые показатели хозяйственно-ценных признаков новых сортов табака (по данным за пять лет испытаний). Краснодар: Научный журнал КубГАУ. 2017. № 128 (04). С. 1-15.

21. Плотникова Т. В., Тютюникова Е. М., Соболева Л. И. Влияние обработки семян стимулятором роста Мелафен на формирование рассады и урожайность табака // Земледелие. 2020. № 2. С. 19-21.

22. Самойленко Н. П., Кандашкина И. Г., Белинская Н. Г. Качество табачного сырья типа Вирджиния с разными внешними показателями // Наука, Производство, Бизнес: современное состояние и пути инновационного развития аграрного сектора на примере Агрохолдинга «Байсерке-Агро»: сборник трудов. 2019. С. 99-104.

23. Сатункин И. В., Гулянов Ю. А., Григорьев А. А. Влияние расчётных норм минеральных удобрений и глубины основной обработки чернозёма южного при умеренном режиме орошения на продуктивность и качество клубней картофеля // Посвященной 50-летию масштабной программы развития мелиорации земель: материалы Международной научно-практической интернет-конференции. Волгоград, 2016. С. 127-131.

24. Экербичер Х. Ч., Уфук Бербероглу, Инджи М. Б. Борьба за среду, свободную от табачного дыма: от прошлого к настоящему. Сакарья: Медицинский факультет Университета Сакарья, 2018. С. 470-474.

25. Arsov Z., Kabranova R. A new approach in the production of oriental tobacco in north Macedonia // Dokumenty I International scientific conference Global studies of tobacco, tobacco products, and innovative nicotine-containing products: status and perspectives. Krasnodar, 2020. P. 198-210.

Информация об авторах

Казимов Габил Адил оглы, старший научный сотрудник, отдела устойчивого земледелия и диверсификации растений, Научно-исследовательский институт земледелия, Моб: (+994)50 592-82-74. e-mail: qabil.adiloglu@yahoo.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-33

A STUDY OF VALUABLE TRAITS OF A NEW VARIETY OF SPRING BARLEY «POVOLZHISKY PRIZ» IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

**Yu.Yu. Nikonorova, L.A. Kosykh, E.V. Stolpivskaya,
A.V. Shipovalova, N.N. Ermilina**

*Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Povolzhsky Research Institute of Breeding and Seed Production
named after P.N. Konstantinov, Samara region, Kinel*

Received 12.01.2023

Submitted 20.02.2023

Summary

This article describes a comprehensive assessment of new varieties of spring barley in a competitive variety testing. The studied varieties turned out to be more resistant to the extreme conditions of the Middle Volga region zone than they are recommended for cultivation in the 7th region.

Abstract

Introduction. A grain breeder is faced with the task of creating and introducing into production new varieties of spring barley, which are intended for feed and food directions. The purpose of the study is a comprehensive assessment of the competitive variety testing of new varieties of spring barley, including the promising variety «PovolzhskyPriz» in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. **Object.** The main objects of research were new varieties of spring barley: Volga 49 (included in the State Register in 2021), «PovolzhskyYantar» (included in the State Register in 2021) and «PovolzhskyPriz», which in 2021 was transferred to the State Seed Inspection. The Golden Eagle variety was used as a standard. **Materials and methods.** The experimental part of the work was carried out in 2019-2021 in the experimental fields of the Povolzhsky Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov, the branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences. Agrotechnics carried out sowing in 4-fold repetition, with a seeding rate of 4.5 million germinating seeds per 1 hectare on plots with an area of twenty-five square meters. The samples were studied in the nursery of the competitive variety testing during the years of the experiment, the plant height of the variety «PovolzhskyPriz» was 59 cm, 4.3 points in resistance to lodging, which is 8 % better than the standard (Berkut variety). And the varieties «Povolzhsky 49» and «PovolzhskyYantar» with plant heights of 54.5 and 56.9 cm - 5.0 and 4.6 points. According to the characteristics of the main ear, it can be noted that the new varieties had an excess of 5 to 12% of the grains from the standard. This significantly affected the grain weight of the main ear, so in the «PovolzhskyPriz» variety, the grain weight from the ear exceeded the standard by 10%. In the varieties «Povolzhsky 49» and «PovolzhskyPriz», the yield of grain from the total biomass is 2-3% higher than the standard. The excess in yield over the standard had new varieties - «PovolzhskyYantar» - 0.31 t/ha (10%), «PovolzhskyPriz» - 0.28 t/ha (4%). All the presented varieties are characterized by high values of the volume weight of grain corresponding to the norms for harvesting barley - more than 630 g/l; they form a large grain. The size of the variety «PovolzhskyPriz» was 79%, which is 19% higher than the standard. The weight of 1000 grains in new varieties is more than 40 g. The content of crude protein in

spring barley grain for the period 2019 - 2021 ranged from 13.3 % to 14.4 %. There were no significant varietal differences in the protein content in barley grain for the period 2019 - 2021. **Results and conclusions.** The new varieties «Povolzhsky Yantar», «Povolzhsky 49» and the promising variety «Povolzhsky Priz» turned out to be more productive and successfully passed the competitive variety testing, in connection with which they are recommended for cultivation in the Middle Volga region.

Key words: double-row spring barley, variety, lacustrine, yield, breeding.

Citation. Nikonorova Yu.Yu., Kosykh L.A., Stolpivskaya E.V., Shipovalova A.V., Ermilina N.N. Study of valuable traits in a new variety of spring barley Volga prize in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 314-321 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-33.

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

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

УДК 633.162:631.527

ИЗУЧЕНИЕ ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ У НОВОГО СОРТА ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ «ПОВОЛЖСКИЙ ПРИЗ» В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Ю. Ю. Никонова, младший научный сотрудник

Л. А. Косых, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. В. Столпивская, научный сотрудник

А. В. Шиповалова, младший научный сотрудник

Н. Н. Ермилина, младший научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,

Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства

им. П.Н. Константинова, Самарская область, г. Кинель

Дата поступления в редакцию 12.01.2023

Дата принятия к печати 20.02.2023

Актуальность. Перед селекционером зерновых культур стоит задача создать и внедрить в производство новые сорта ярового ячменя, которые предназначены для кормового и пищевого направления. **Цель исследования** заключается в комплексной оценке конкурсного сортоиспытания новых сортов ярового ячменя, в том числе перспективного сорта Поволжский приз в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. Основными **объектами исследования** выступали новые сорта ярового ячменя: Поволжский 49 (включен в Госреестр в 2021 г.), Поволжский янтарь (включен в Госреестр в 2021 г.) и Поволжский приз, который в 2021 году передан в ГСИ. В качестве стандарта использован сорт Беркут. **Материалы и методы.** Экспериментальная часть работы проводилась в 2019-2021 гг. на опытных полях Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова – филиала СамНИЦ РАН. Агротехникой осуществлялся посев в 4 – кратной повторности, с нормой высева 4,5 млн всхожих семян на 1 га на делянках с площадью двадцать пять квадратных метров. Результаты. Исследования образцов осуществлялись в питомнике конкурсного сортоиспытания в годы эксперимента. У сорта Поволжский приз высота растения составила 59 см, по устойчивости к полеганию 4,3 балла, что на 8% лучше стандарта (сорт Беркут). А сорта Поволжский 49 и Поволжский янтарь с высотой растений 54,5 и 56,9 см – в 5,0 и 4,6 балла. По характеристикам главного колоса можно отметить, что новые сорта имели превышения в количестве от 5 до 12% зерен от стандарта. Это значительно отразилось на массе зерна главного колоса: так, у сорта Поволжский приз масса зерна с колоса превысила стандарт на 10%. У сортов Поволжский 49 и Поволжский приз выход зерна от общей биомассы на 2 – 3% больше стандарта. Превышение по урожайности над стандартом имели новые сорта: Поволжский янтарь – 0,31 т/га (10%), Поволжский приз – 0,28 т/га (9 %). Все представ-

ленные сорта характеризуются высокими значениями объемной массы зерна, соответствующими нормам на заготовительный ячмень – больше 630 г/л; формируют крупное зерно. У сорта Поволжский приз крупность составила – 79%, что на 19% выше стандарта. Масса 1000 зёрен у новых сортов более 40 г. Содержание сырого протеина в зерне ярового ячменя за период 2019-2021 гг. варьировало от 13,3% до 14,4%. Существенных сортовых различий по содержанию белка в зерне ячменя за период 2019-2021 гг. не наблюдалось. **Выводы.** Новые сорта Поволжский янтарь, Поволжский 49 и перспективный сорт Поволжский приз оказались более продуктивными и успешно прошли конкурсное сортоиспытание, в связи с чем рекомендованы для возделывания по Среднему Поволжью.

Ключевые слова: двухрядный яровой ячмень, сорта ярового ячменя, озерненность ячменя, урожайность ярового ячменя, селекция ярового ячменя.

Цитирование. Никонорова Ю.Ю., Косых Л.А., Столпивская Е.В., Шиповалова А.В., Ермилина Н.Н. Изучение ценных признаков у нового сорта ярового ячменя Поволжский приз в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 314-321. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-33.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Яровой ячмень – одна из важнейших сельскохозяйственных культур, растение активно используется как крупными агропромышленными предприятиями, так и малыми хозяйствами в севообороте и для удовлетворения кормовых нужд [11].

Самарская область и большая часть Среднего Поволжья относятся к зоне рискованного земледелия. Условия вегетации требуют возделывания приспособленных сортов, устойчивых к абиотическим (повышенному температурному режиму, недостатку влаги) и биотическим факторам (устойчивость к вредным болезням) [9]. Для создания новых сортов в Среднем Поволжье основное внимание уделяют группе комплексов генов у родительских форм, например, устойчивости к стрессовым факторам, высокоурожайности, скороспелости, устойчивости к вредным болезням [2, 9].

Конкурсное сортоиспытание является одним из завершающих этапов в создании новых сортов. В процессе этого этапа осуществляется всесторонняя комплексная оценка сортов, выведенных и предлагаемых для использования в разных почвенно-климатических зонах региона [2, 4].

Цель работы заключается в комплексной оценке конкурсного сортоиспытания новых сортов ярового ячменя, в том числе перспективного сорта Поволжский приз в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Материалы и методы. Полевые исследования проводились в 2019-2021 гг. на полях Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН, расположенного в Кинельском районе Самарской области. Посев осуществляли селекционной сеялкой СН– 10Ц. Агротехникой осуществлялся посев в 4–кратной повторности, с нормой высева – 4,5 млн всхожих зерен на 1 га. Площадь делянки составляла 25 м². Уборку делянок проводили комбайном SAMPO-130.

В годы исследований средняя температура воздуха за период май – август составила 19,1 (2019 г.) до 22,9 °С (2021 г.). Наиболее увлажненным был год 2020 г, когда количество выпавших осадков составило 130,5 мм. Величина гидротермического коэффициента за вегетационный период ярового ячменя соответствовала 0,48 (2019 г.), 0,52 (2020 г.), 0,40 (2021 г.) и являются недостаточно увлажненными годами ($ГТК \leq 1,0$).

Почва опытного участка – чернозем типичный малогумусный (в среднем 5–6%), среднесильный, легкоглинистый. Содержание питательных элементов в почве: подвижного фосфора – 61,4–77,0 мг/кг (среднее); обменного калия – 374,0–423,0 мг/кг (очень высокое); легкогидролизуемого азота – 28,5–49,4 мг/кг (низкое и среднее). По степени кислотности почва опытного участка слабокислая (рН = 5,4) [5].

Объектом исследований выступил новый перспективный сорт ярового ячменя кормового направления Поволжский приз, переданный на ГСИ в 2021 году.

В качестве стандарта использован сорт Беркут (Целинный 5 х Донецкий 40) х (Донецкий 4 х Донецкий 8), разновидность – субмедикум. Сорт получен в 2005 г. в Республике Татарстан, характеризуется как среднеспелый, засухоустойчивый, очень сильновосприимчив к пыльной головне. Благодаря крупному зерну, используется не только в кормовых целях, но и в крупяной промышленности.

Для сравнения приведены данные изучения новых сортов Поволжский 49 и Поволжский янтарь, включенные в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию в 2021 и 2022 гг. Данные сорта относятся к экологической группе, засухоустойчивые, среднеспелые, устойчивые к полеганию, высокоурожайные. Характеризуются как среднеустойчивые к твердой головне и устойчивые к пыльной головне [5, 10].

Изучение физических и химических свойств селекционного материала проводилось согласно нормативно техническим документам [10].

Математическая обработка данных проводилась с использованием компьютерной программы «MicrosoftOfficeExcel» согласно методике полевого опыта [3].

Результаты и обсуждение. Новый сорт Поволжский приз получен путем скрещивания сортов (Комбайнер х Омский) х Унумлиарпа х Нутанс 553 (рисунок 1).

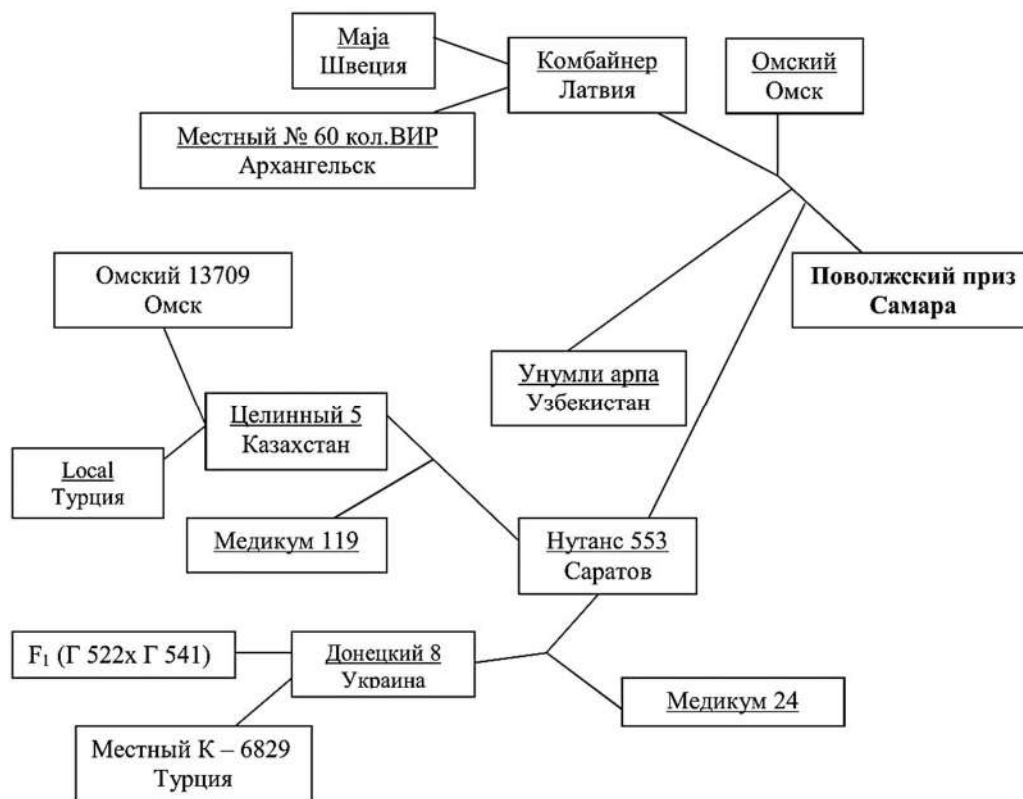


Рисунок 1 – Родословная сорта ячменя ярового Поволжский приз

Figure 1 – Pedigree of spring barley variety Volga prize

Внутривидовая гибридизация осуществлялась в 2010 г. Селекционное название – Субмедикум 2149/17. Поволжский приз передан на государственное сортоиспытание в 08.11.2021 г., заявка №84846/7853224. Данный сорт рекомендуется для возделывания в Средневолжском (7) регионе Российской Федерации.

В 2011 году проведено размножение на тепличном участке (F1), в 2012 г. – размножение в полевых условиях в СП (F2). С 2016 г. сорт изучался в КП, а с 2017 г. линия (Субмедикум 2149/17) проходила испытание в КСИ. В 2021 г. передан на Государственное сортоиспытание.

Перспективный сорт Поволжский приз относится к засухоустойчивому, средне-спелому (вегетационный период 65-80 суток), устойчив к полеганию сорту.

По разновидности сорт относится к субмедикуму, с среднерослым и полупрямо-стоящим кустом, без опущения нижнего влагалищного листа. Также у данного сорта цилиндрический колос средней длины и плотности, двухрядное и рыхлое соломенно-желтого цвета (рисунок 2). Ости длинные, и они длиннее колоса, параллельные, средней грубости, кончики остей могут иметь зазубренность (в зависимости от условий выращивания) и слабую антоциановую окраску. Стерильный колосок слегка отклоненный. Опущение основной щетинки зерновки длинное. Зерновка средняя, основание зерна голое, крупное.



Рисунок 2 – Перспективный сорт ярового ячменя Поволжский приз:
а) Общий вид колоса; б) общий вид растения

Figure 2 – Promising variety of spring barley Volga prize:
a) General appearance of the ear; b) general appearance of the plant

При изучении основного показателя для сортов длины вегетационного периода в конкурсном сортоиспытании по данным (рисунок 3) видно, что у сортов Поволжский янтарь и Поволжский приз вегетационный период составил 71 сутки, по сравнению со стандартом он меньше на 1 сутки. А наиболее скороспелым из изучаемых образцов оказался сорт Поволжский 49, продолжительность вегетации составила 69 суток.

Устойчивость к полеганию – это один из основных показателей при выведении новых зерновых культур. Если посевы полегли, то это приводит к большим потерям урожая, затрудняется механизированность уборки. Также идёт ухудшение хозяйственно-биологической ценности зерна из-за воздействия болезней [3].

В питомнике конкурсного сортоиспытания в годы эксперимента нами отмечена определенная закономерность между высотой растений и устойчивостью к полеганию. Так, у сорта Поволжский приз высота растения составила 59 см, по устойчивости к полеганию – 4,3 балла, что на 8% лучше стандарта. А сорта Поволжский 49 и Поволжский янтарь с высотой растений 54,5 и 56,9 см – в 5 и 4,6 балла.

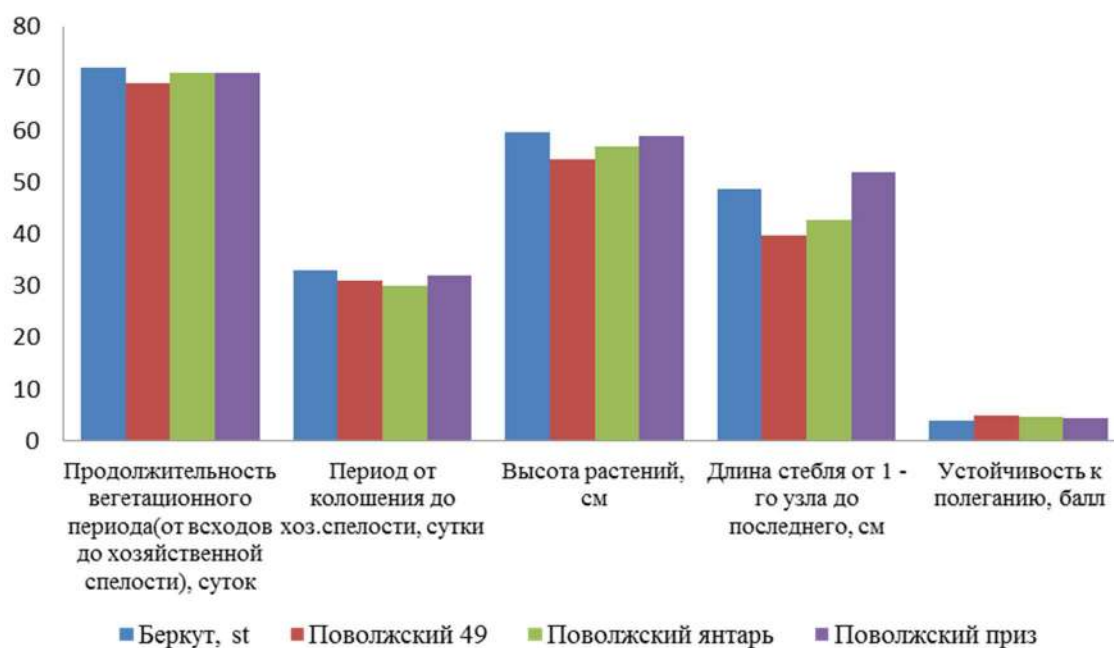


Рисунок 3 – Биологическая особенность новых сортов ярового ячменя и перспективного сорта Поволжский приз (2019-2021 гг.)

Figure 3 – Biological feature of new varieties of spring barley and the promising variety Volga Prize (2019-2021)

При внедрении нового сорта в производство доминирующим показателем является урожайность. На данный показатель большое влияние оказывает группа комплексных элементов структуры урожая, к ней относятся характеристика колоса, масса зерна, количество продуктивных растений [6].

Таблица 1 – Сравнительная оценка новых сортов ярового ячменя, средние данные за 2019-2021 гг.

Table 1 – Comparative evaluation of new varieties of spring barley, average data for 2019-2021

Сорт	Беркут, st	Поволжский 49	Поволжский янтарь	Поволжский приз	НСР05
Число растений в шт./м ²	272±4,9	283±7,1	247±2,5	307±6,1	8,05
Число продуктивных стеблей шт./м ²	701±1,5	756±14,2	701±3,7	920±9,0	12,51
Число зерён с растения, шт.	29±1,0	28±1,5	27±1,5	34±1,0	3,58
Число зерён с колоса, шт.	13±1,5	16±1,0	14±1,5	15±1,0	2,29
Число зёрен, шт./м ²	9698±74,0	11914±101,1	10246±58,5	14271±70,3	432,73
Масса зерна с растения, г	1,15±0,06	1,19±0,07	1,30±0,01	1,42±0,03	0,07
Масса зерна с колоса, г	0,62±0,02	0,71±0,01	0,65±0,02	0,69±0,01	0,05
Выход зерна от общей биомассы, %	48,69±0,67	52,46±0,58	51,2±0,81	52,5±1,05	0,77

Анализируя данные главного колоса, можно отметить, что новые сорта превышали по этому признаку стандарт (сорт Беркут) в количестве от 5 до 12% зерен. Это значительно отразилось на массе зерна главного колоса: так, у сорта Поволжский приз масса зерна с колоса превысила стандарт на 10 % (таблица 2).

В среднем за три года изучения выход зерна от общей биомассы составил 49-53% у оцениваемых сортов. У сортов Поволжский 49 и Поволжский приз выход зерна на 2-3 % больше стандарта (сорт Беркут).

Урожайность зерна зависит от трех элементов, таких как количество колосьев на растении, число зерен в колосе и масса семян. В зависимости от погодных условий эти элементы могут меняться, уровень урожайности может поддерживаться при сокращении одного параметра за счет компенсации другим [13,14].

Таблица 2 – Хозяйственно-биологические свойства новых сортов ярового ячменя, (2019-2021 гг.)

Table 2 – Economic and biological properties of new varieties of spring barley, (2019-2021)

Сорт	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Крупность, %	Белок, %	Урожайность, т/га
Беркут, st	42±2	656±8	60,5±12,9	14,0±1,8	2,83
Поволжский 49	43±9	638±46	70,1±12,3	14,4±2,0	2,75
Поволжский янтарь	46±4	654±39	73,0±7,9	13,7±1,6	3,14
Поволжский приз	42±4	644±15	79,1±6,7	13,3±1,1	3,11
НСР 05	4,42	37,52	10,25	1,74	0,34

По результатам изучения новых сортов в среднем за три года урожайность варьировала от 2,75 т/га до 3,14 т/га (таблица 3). Превышение по урожайности над стандартом имели новые сорта: Поволжский янтарь – 0,31 т/га (10%), Поволжский приз – 0,28 т/га (9%).

Все представленные сорта характеризуются высокими значениями объемной массы зерна, соответствующими нормам на заготовительный ячмень – больше 630 г/л; формируют крупное зерно. У сорта Поволжский приз крупность составила 79%, что на 19% выше стандарта. Масса 1000 зёрен у новых сортов более 40 г. Содержание сырого протеина в зерне ярового ячменя за период 2019-2021 гг. варьировало от 13,3 до 14,4%. Существенных сортовых различий по содержанию белка в зерне ячменя за период 2019-2021 гг. не наблюдалось.

Выводы. Новые сорта Поволжский янтарь, Поволжский 49 и перспективный сорт Поволжский приз оказались более устойчивыми к экстремальным условиям возделывания и успешно прошли конкурсное сортоиспытание, в связи с чем, рекомендованы для возделывания по Среднему Поволжью.

Перспективный сорт Поволжский приз в среднем за три года имел достоверную прибавку по урожайности от 0,11 т/га в сравнении со стандартным сортом. У сорта масса 1000 зерен составила 42 г, натура – 644 г/л, содержание белка – 13,3%, а крупность – 79%.

Библиографический список

1. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зёрен» в условиях лесостепи Омской области / О. А. Юсова, П. Н. Николаев, Н. И. Анисков, И. В. Сафонова // Достижения науки и техники АПК. 2020. № 34 (2). С. 24–28.
2. Влияние сроков сева на структуру урожая ярового ячменя / С. А. Моисеев, Е. А. Рябкин, В. И. Каргин, В. Е. Камалихин // Тенденции развития науки и образования. 2022. № 81-1. С. 13-15.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
4. Косых Л. А., Столпивская Е. В., Никонорова Ю. Ю. Поволжский янтарь - перспективный сорт ярового ячменя для Средневолжского региона // Земледелие. 2021. № 8. С. 32-36.

5. Косых Л. А., Столпивская Е. В., Никонорова Ю. Ю. Новый сорт ярового ячменя Поволжский 49 для Средневолжского региона // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 92. С. 101-105.
6. Кукушкина Л. А., Вуклов В. В. Оценка исходного материала на крупность, скороспелость и продуктивность для создания сортов ярового ячменя в условиях среднего Поволжья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 6 (92). С. 29-37.
7. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М., 2019. 384 с.
8. Новый среднеспелый сорт ярового ячменя Омский 101 / П. Н. Николаев, О. А. Юсова, Н. И. Аниськов, И. В. Сафонова, Я. В. Ряполова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. Т. 180. № 2. С. 83-88.
9. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/3e5/3e5941f295a77fdcfed2014f82ecf37f.pdf>.
10. Сортосовые особенности растений ярового ячменя по устойчивости к абиотическим стрессовым факторам на фоне различного уровня азотного питания / Л. М. Ерошенко, Л. А. Марченкова, О. В. Павлова, Р. Ф. Чавдарь, Т. Г. Орлова, И. А. Дедушев // Аграрная Россия. 2022. № 1. С. 8-12.
11. Юсова О. А., Николаев П. Н. Изменение урожайности и качества зерна ячменя ярового с повышением адаптивности сортов // Зерновое хозяйство России. 2021. № 2 (74). С. 75-80.
12. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future / K. Nakala, L. Jauhianer, A. A. Rajala, M. Jalli, M. Kujal // Field Crops Research. 2020. V. 259.
13. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems // BIO OF Coferences. 2020. V. 27. P.00049.
14. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India / R. D. Lodhi, L. C. Prasad, S. S. Bornare [et al.] // Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2015. Vol. 47. No 2. P. 143–159.

Информация об авторах

Никонорова Юлия Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76. ORCID ID: 0000-0003-0376-261X, тел.89198012544 e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Косых Лариса Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, ученый секретарь, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76. ORCID ID: 0000-0002-1804-5851; тел.89053037653 e-mail: laramart163@mail.ru

Столпивская Егения Валерьевна, научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76. ORCID ID: 0000-0003-0187-0545; тел.89379950576 e-mail: Stolpivskaya@mail.ru

Шиповалова Анна Валерьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76. ORCID ID: 0000-0002-1325-9412, тел.89879513314

Ермилина Наталья Николаевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, 446442, Самарская обл., г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76. ORCID ID: 0000-0002-3008-671X; тел.89279095700

**ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-34

**EFFECTIVENESS OF A NEW FEED ADDITIVE
IN LATE DRYING PERIOD OF COWS****I. F. Gorlov¹, M. I. Slozhenkina¹, L. V. Khoroshevskaya¹, N. I. Mosolova¹,
E. S. Vorontsova¹, N. A. Tkachenkova¹, V. A. Puzankova^{1,2}, N. N. Moroz²**¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd*²*Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Elista*

Received 21.12.2022

Submitted 10.03.2023

*This work was carried out under grant RNF 22-16-00041, GNU NIIMMP***Abstract**

Introduction. Modern industrial dairy cattle breeding in the Russian Federation has highly milk yielding cattle which require a particularly careful choice of diet, especially at the stage of drying period and the beginning of lactation. Any violations in the diets of highly productive cows or reduction of quality of feed ingredients lead to ketosis development at the most productive stage of lactation which results in loss of part of the herd and dairy products and causes great financial losses in milk production. To maintain metabolic processes in the body of dry cows and especially newborn cows at the beginning of lactation, it is necessary to observe a number of necessary conditions such as cattle washing, control of body weight of cows, control of quality and quantity of feed, control of accumulation of ketone bodies in urine and milk of individuals, introduction of various kinds of buffer additives into cows ration which are effective means to solve main problems of feeding and keeping highly productive cattle breeds. **Materials and methods.** Studies of the new test feed additive "KD-Bish" were conducted in the period of 2022 on Holstein cows of high-yielding dairy cattle breed. For the experiment two groups of cows were formed in the transition to the second phase of the dry period for 30 cows in each group. The first group was fed a standard diet. The second group received the supplement "KD-Bish" in the morning feeding in addition to the basic diet. There were 80 g of dry bishophite and 300 g of sugar per head of the total mass of feed per day in the late drying period for 21 days before calving. Cows' productivity results were evaluated during the first 90 days of lactation. **Results and conclusions.** As a result of the studies it was found that when feeding the new complex feed additive "KD-Bish" there is an optimal balance of cows' diets, which leads to increased quantitative and qualitative indicators of subsequent dairy productivity. At the same time, the use of the tested feed additive in the diet of cows in the late dry period has improved the health of lactating animals, which in general provides higher economic indicators.

Key words: ketosis, disease, blood glucose level, ketone bodies, feed, new cows, diet balance, milking herd cows, immune system status and livestock survival, lactation period, laboratory tests, feed additive "KD-Bish".

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Khoroshevskaya L. V., Mosolova N. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Puzankova V. A., Moroz N. N. Effectiveness of a new feed additive in late drying period of cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 322-332 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-34.

Author's contribution. All of 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 no conflict of interest.

УДК 636.5.034:636.085.8

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ В ПОЗДНИЙ СУХОСТОЙНЫЙ ПЕРИОД КОРОВ

И. Ф. Горлов¹, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

М. И. Сложенкина¹, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук

Л. В. Хорошевская¹, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Н. И. Мосолова¹, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник

Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук

Н. А. Ткаченко¹, научный сотрудник, аспирант

В. А. Пузанкова^{1,2}, соискатель

Н. Н. Мороз², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград

²Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, г. Элиста

Дата поступления в редакцию 21.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041, ГНУ НИИММП.

Актуальность. Современное промышленное молочное скотоводство РФ обладает высокоудойным поголовьем скота, которое требует особо тщательного подбора рациона, особенно на стадии сухостойного периода и начала лактации. Любые нарушения в рационе питания высокопродуктивных коров или снижение качества кормовых ингредиентов приводят к развитию кетоза на наиболее продуктивной стадии лактации, что приводит к потере части поголовья и молочной продукции и наносит большой финансовый ущерб производству молока. Для поддержания обменных процессов в организме коров сухостойного периода, и особенно новотельных коров на старте лактации, требуется соблюдение ряда необходимых условий, таких как моцион скота, контроль за массой тела коров, контроль за качеством и количеством корма, контроль за накоплением кетоновых тел в моче и молоке отдельных особей, введением в рацион коров различного рода буферных добавок, являющихся эффективным средством для решения основных проблем кормления и содержания высокопродуктивных пород КРС. **Материалы и методы.** Исследования новой испытуемой кормовой добавки «КД-Биш» проводились в течение 2022 года на коровах голштинской породы крупного рогатого скота молочного направления высокой продуктивности. Для проведения опыта были сформированы две группы коров при переходе на вторую фазу сухостойного периода по 30 голов в каждой группе. Первая группа кормилась стандартным рационом. Вторая группа получала в утреннее кормление к основному рациону добавку «КД-Биш». На голову приходилось 80 г сухого бишофита и 300 г сахара от общей массы корма в сутки в поздний сухостойный период в течение 21 дня до отела. Оценку результатов продуктивности коров проводили в течение первых 90 дней лактации. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований выявлено, что скармливание новой комплексной кормовой добавки «КД-Биш» оптимально балансирует рацион коров, что приводит к повышению количественных и качественных показателей последующей молочной продуктивности. При этом использование испытуемой кормовой добавки в рационе коров в поздний сухостойный период позволяет улучшить здоровье лактирующих животных, что в целом обеспечивает более высокие экономические показатели.

Ключевые слова: кетоз, кетоновые тела, новотельные коровы, сбалансированность рациона коров, поголовье дойного стада коров, состояние иммунной системы коров, сохранность поголовья коров, лактационный период коров, кормовая добавка «КД-Биш».

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В., Мосолова Н. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Пузанкова В. А., Мороз Н. Н. Эффективность использования новой кормовой добавки в поздний сухостойный период коров. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 322-332. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-34.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Молочное скотоводство является ведущей и наиболее трудоемкой отраслью сельского хозяйства России, и поэтому в условиях жестких экономических санкций сохранение высокопродуктивного поголовья, увеличение сроков эксплуатации животных и увеличение объемов производства молока-сырья становится важнейшей задачей агропромышленного комплекса. Известно, что ведущей породой в отрасли молочного скотоводства является голштинская порода крупного рогатого скота как самая высокопродуктивная в мире [6, 7], которая, однако, зачастую подвержена различным заболеваниям. Согласно информации ряда исследователей [5, 8, 10], современная молокопроизводящая отрасль несет серьезные экономические потери из-за такой патологии, как кетоз, который связан с неправильным питанием и нарушением обмена веществ у коров, особенно новотельных, что впоследствии приводит к снижению естественной резистентности организма, появлению различных заболеваний, уменьшению продуктивности до 30-40 % от генетически заложенного потенциала и сокращению сроков использования наиболее ценного высокопродуктивного поголовья животных.

Комлацкий В. И., Еременко О. Н. [5] подчеркивают, что физиология коровы позволяет ей потреблять в составе дневного рациона только определенное, ограниченное количество сухого вещества, питательность которого обязана полностью восполнить потребности организма в питательных веществах, при недостатке которых происходит нарушение метаболизма в организме животного, что приводит к включению компенсаторных функций организма, когда организм коровы начинает получать энергию не только из корма, но и использовать запасы своего тела. Во время интенсивного раздоя после отела недостаток в питательных веществах рациона приводит к отрицательному энергетическому балансу и снижению уровня глюкозы и инсулина в крови, к расщеплению собственных жировых и белковых запасов. Интенсивный процесс расщепления жировых и белковых отложений собственного организма является патологией, создает условие для образования большого количества кетоновых тел, или ацетонов, и называется кетозом.

Воронова И. В. [12] сообщает, что кетоновые тела сами по себе не являются чужеродными для организма коровы, так как представляют собой источник быстрой энергии для многих органов и тканей организма, а также участвуют в синтезе молочного жира. Однако при их значительном накоплении в крови организма они начинают выделяться с молоком через почки, легкие и кожу.

По данным Разумовского Н. [8], кетоновые тела концентрируются в организме в различных жизненно важных органах. При этом накопление их в сердечной мышце ведет к миокардиодистрофии, в печени – к жировой дистрофии, в репродуктивных органах – к бесплодию и преждевременному выбытию животных из стада, к снижению молочной продуктивности.

Гусаров И. В., Корнилова О. А., Боголюбова Н. В., Фоменко П. А., Богатырёва Е. В. [6] считают, что для компенсации отрицательного энергетического баланса и снижения интенсивности кетоза необходимо давать животным высокоэнергетический рацион с увеличенной долей легко ферментируемых крахмалистых кормов.

Однако, по мнению исследователей [7], в переходные периоды из-за неправильного кормления наиболее часто возникает ацидоз рубца, когда рН его содержимого снижается до 5,2-5,5 вместо 6,5-7,0 в норме. Содержание повышенного уровня легкоусвояемых углеводов в рубце приводит к интенсификации в нем процессов ферментации, что создает угрозу угнетения развития полезной микрофлоры из-за закисления

рубца, и как следствие, может привести к диарее и снижению продуктивности. В связи с этим эффективным средством для решения основных проблем кормления и содержания высокопродуктивных пород КРС является не только создание надежной кормовой базы и обеспечение сбалансированных рационов, но и применение различных высоко технологичных кормовых добавок, препятствующих проявлению кетоза.

Анализ литературных источников [12-14] показывает, что, несмотря на ряд положительных результатов применения различных препаратов и добавок в кормлении высокопродуктивных молочных коров, у них во время раздоя все же еще очень часто регистрируются случаи нарушения обмена веществ и различные заболевания неинфекционного характера, такие как мастит, паралич, дистрофия яичников, жировое перерождение печени, патология костной системы, при которых высокопродуктивных особей приходится преждевременно выбраковывать.

Согласно научным исследованиям, проведенным в условиях индустриальных комплексов по производству молока в различных регионах страны, количество высокопродуктивных животных, подверженных заболеванию кетозом, составляет от 20 до 80 % [2, 11].

Целью исследования является изучение эффективности использования новой кормовой добавки «КД-Биш» (ТУ 10.91.10-271-10514645-2022) для предотвращения признаков кетоза путем скармливания ее коровам во второй половине сухостойного периода, а также определение последующей продуктивной способности животных.

Материалы и методы. Исследования новой кормовой добавки проводились в 2022 году на одном из крупнейших молочных комплексов юга России ООО СП «Донское» (Калачевский район Волгоградской области) на коровах голштинской породы. Для проведения опыта были сформированы две группы коров при переходе на вторую фазу сухостойного периода по 30 голов в каждой группе. Первая группа коров была контрольной, животным которой скармливали рационы, разработанные и изготовленные на основе кормов местного производства. Вторая группа коров потребляла те же корма, но в поздний сухостойный период, который длится 21 день до отела, получала в утреннее кормление дополнительно к основному рациону кормовую добавку «КД-Биш». При этом на голову приходилось 80 г сухого бишофита и 300 г сахара. Оценку результатов продуктивности проводили за первые 90 дней лактации.

Испытуемая добавка вводилась непосредственно в миксер-кормораздатчик ИСРК-12Ф при приготовлении кормосмеси (рисунок 1).



Рисунок 1 – Кормление поголовья коров голштинской породы в ООО СП «Донское»

Figure 1 – Feeding of Holstein cows in Donskoe JV LLC

При проведении опыта проводился ежедневный визуальный осмотр состояния и поведения животных, соблюдались установленные в хозяйстве зоогигиенические параметры микроклимата.

В хозяйстве принята беспривязная система содержания с круглогодичным однотипным кормлением полнорационной кормосмесью. Все процессы на ферме механизированы и выполняются согласно стандартам, принятым в хозяйстве.

Расчет рациона для коров сухостойного и новотельного периодов с оптимальным количеством основных и концентрированных кормов производился исходя из индивидуальной потребности и состояния.

Мониторинг количества жевательных движений за один цикл отрывгивания – проглатывания проводился путем наблюдения и подсчета. Также определялась упитанность коров в процессе лактации по методике ВИЖ по 5-балльной шкале, где 1 балл соответствует истощению, а 5 баллов – чрезмерному ожирению.

Основываясь на данных о том, что накопление кетонных тел происходит в крови, моче и молоке больных животных, большинство методов выявления больных кетозом коров основаны на лабораторном или экспресс-анализе образцов этих жидкостей, в зависимости от формы протекания заболевания: субклинической, острой, подострой, хронической.

Для определения содержания бета-гидроксимасляной кислоты в молоке использовались тестовые полоски Keto-Test™ Elanco Animal Health (производитель SKK Japan). Данный экспресс-метод основан на ферментатическом изменении цвета тестовой полоски в присутствии бета-гидроксимасляной кислоты.

С периодичностью раз в 10 дней в утренние часы доения коров производили отбор средних проб молока индивидуально от каждого испытуемого животного и наносили маркировку с номером животного. В каждую отобранную среднюю пробу молока лаборантом на временной период в 3 минуты опускалась тестовая полоска, после чего она извлекалась, с ее поверхности стряхивались остатки молока. По истечении одной минуты индикаторная тест-полоска изменяла цвет и ее необходимо приложить к прилагаемой стандартной цветовой шкале для определения концентрации ВНА в исследуемой пробе молока по интенсивности окраски.

На молочном комплексе СП «Донское» используется роботизированное доение на доильной карусели GEA DairyProQ производства Германии (рисунок 2).



Рисунок 2 – Роботизированная карусель для доения коров в ООО СП «Донское»

Figure 2 – Robotized carousel for milking cows in Donskoe JV LLC

Молочную продуктивность и качество молока испытуемого поголовья коров определяли раз в декаду по результатам контрольных доек начиная с 10 дня лактации.

Одним из важнейших микробиологических параметров качества молока является количественное содержание соматических клеток. Повышенное содержание соматических клеток не только влияет на сортность и цену продукта, но и может свидетель-

ствовать о наличии какого-либо воспалительного процесса в организме животного. Для определения содержания уровня соматических клеток, использовали анализатор соматических клеток в молоке «Соматос-МИНИ».

Показатели экономической эффективности от применения новой испытуемой кормовой добавки определяли по общепринятым методикам.

Достоверность полученных результатов оценивали с использованием критерия Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Разработанная с нашим участием кормовая добавка «КД-Биш» состоит из смеси сухого бишофита и дисахарида из группы олигосахаридов (сахароза) в процентном соотношении 21,0 : 79,0. В рацион коров на одну голову вносится 380 г добавки. Химический состав новой кормовой добавки «КД-Биш» представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав кормовой добавки «КД-Биш»

Table 1 – The chemical composition of the feed additive «KD-Bish»

Элемент	Концентрация химических элементов, мкг/г (среднее ± погрешность, P=0,95)
Mg	20667,03±206,6
K	156±15,6
Ca	76,93±7,693
Na	36,27±3,627
P	25,76±2,576
Fe	18,8±1,88
Mn	8,023±0,8023
Zn	4,473±0,4473
Si	3,539±0,3539
B	1,357±0,1357
Al	1,324±0,1324
I	0,516±0,05
Сахароза (C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁)	79000±0,790

В изучаемой добавке также содержатся в незначительных количествах кобальт, медь, никель, селен и другие микроэлементы.

По данным ряда исследователей [7, 9], кормовой рацион для второй фазы сухостоя должен состоять из тех же компонентов, которые животное будет получать на раздое и содержать энергии – до 6,4-6,6 МДж ЧЭЛ/кг СВ, сырого протеина – до 140-150 г/кг СВ. В состав рациона сухостойных коров необходимо включать витаминно-минеральные добавки для обеспечения организма животных витаминами и микроэлементами, которые способствуют усилению иммунитета новотельной коровы и организма будущего телёнка. Воронова И. В. [4] отмечает, что во время сухостойного периода очень важно сохранить кондицию животных. По ее данным, при потере массы животными в разы увеличивается риск заболевания кетозом уже перед отёлом.

Гусаров И. В., Корнилова О. А., Боголюбова Н. В., Фоменко П. А., Богатырёва Е. В. [6] подчеркивают, что главная задача при кормлении коров в позднем сухостое – не допустить сильного снижения потребления корма, так как в этот период у коровы происходит физиологическое снижение потребления корма, но при этом идет интенсивный рост плода. Поэтому концентрацию питательных веществ в рационе увеличивают.

Оценка правильности кормления испытуемого поголовья коров проводилась путем определения продолжительности жвачки и количества жевательных движений за один цикл (не менее 55-60 жевательных движений).

Анализ упитанности коров в различные периоды содержания свидетельствовал о большей сбалансированности рационов коров опытной группы необходимыми питательными веществами и о более полной обеспеченности организма коров опытной группы необходимой энергией [1, 3, 9, 11].

Мониторинг балльной оценки упитанности коров за период опыта отражен в таблице 2.

Таблица 2 – Мониторинг балльной оценки упитанности коров за период опыта, n=30

Table 2 – Monitoring of ball rating of fatness of cows during the experiment period, n=30

Упитанность в баллах по методике ВИЖ	Контрольная группа		Опытная группа	
	Кол-во коров	%	Кол-во коров	%
	Сухостойный период, 2 фаза			
1	-	-	-	-
2	1	3,3	1	3,3
3	28	93,4	27	90,0
4	1	3,3	2	6,7
5	-	-	-	-
На 10 день лактации				
1	-	-	-	-
2	2	6,6	2	6,6
3	28	93,4	27	90,0
4	-	-	1	3,4
5	-	-	-	-
На 90 день лактации				
1	-	-	-	-
2	3	10	2	6,6
3	27	90	28	93,4
4	-	-	-	-
5	-	-	-	-

В период последней фазы сухостоя 20 % коров контрольной группы имели отклонения в продолжительности жевательных движений за один цикл, в то время как по опытной группе, где коровы потребляют с рационом испытываемую кормовую добавку, только 7,0 % поголовья имеет отклонения по количеству жевательных движений за один цикл. В начале периода лактации уже 35 % коров контрольной группы имели отклонения в продолжительности жевательных движений за один цикл, но к концу опыта этот показатель сократился до 23 %. Аналогично по опытной группе, в начале лактации отклонения в продолжительности жевательных движений за один цикл имело 12 % коров, к 90-му дню лактации отклонения в продолжительности жевательных движений за один цикл не выявлено.

При кормлении стандартным рационом случаи кетоза в разной степени наблюдались у 60 % животных от количества растелившихся коров. Это, очевидно, связано с тем, что магний, входящий в состав кормовой добавки, является важнейшим «строительным» материалом для костной ткани, а также входит в состав различных ферментов и играет активную роль в процессе обмена веществ. Наряду с кальцием, магний обеспечивает нормальное функционирование нервной и мышечной систем. Для стабильного функционирования нервной и мышечной систем решающим является соотношение кальция и магния в крови. Магний тесно связан с кальцием и фосфором. Магний участвует в регуляции кислотно-щелочного равновесия и активации многих ферментных систем, в частности активирует фосфатазу и участвует в углеводном обмене. Анализ эффективности кормовой добавки «КД-Биш» показал, что в опытной группе случаи заболевания кетозом в разной степени составляли 12,9 %, или реже в 4,6 раз.

У опытной группы коров на раздое за первые 90 дней лактации выявлено стабильное содержание соматических клеток, до 120 000 ед. в куб. см, что соответствует по соматике нормам высшего сорта молока, и отсутствие повышенного уровня кетоновых тел, что говорит о здоровом поголовье коров опытной группы. Коровы контрольной группы, не получавшие с рационом испытываемую добавку, за тот же период лактации имели худшие показатели по уровню соматических клеток, которые доходили до 250 000 ед. в куб. см, 12 % коров находились в зоне риска по концентрации ВНВА (таблица 3).

Таблица 3 – Шкала оценки результатов определения содержания ВНВА в пробе молока, n=30

Table 3 – Scale of assessment of the results of BHBA determination in a milk sample, n=30

Интерпретация результатов	Содержание ВНВА [$\mu\text{mol/l}$]	Контрольная группа (голов)	Опытная Группа (голов)
В пределах нормы (-)	0-99	24	30
Зона риска (+/-)	100-199	4	-
Субклиническая форма (+)	200-499	2	-
Клиническая форма (++)	500+	-	-

За счет применения кормовой добавки и восполнения дефицита энергии и витаминно-минерального уровня отмечалось повышение иммунитета у животных опытной группы. Выбытие животных в контрольной и опытной группах в новотельный период не отмечалось.

Данные об изучаемых пробах молока контрольной и опытных групп по уровню жира и белка отражены на рисунке 3.

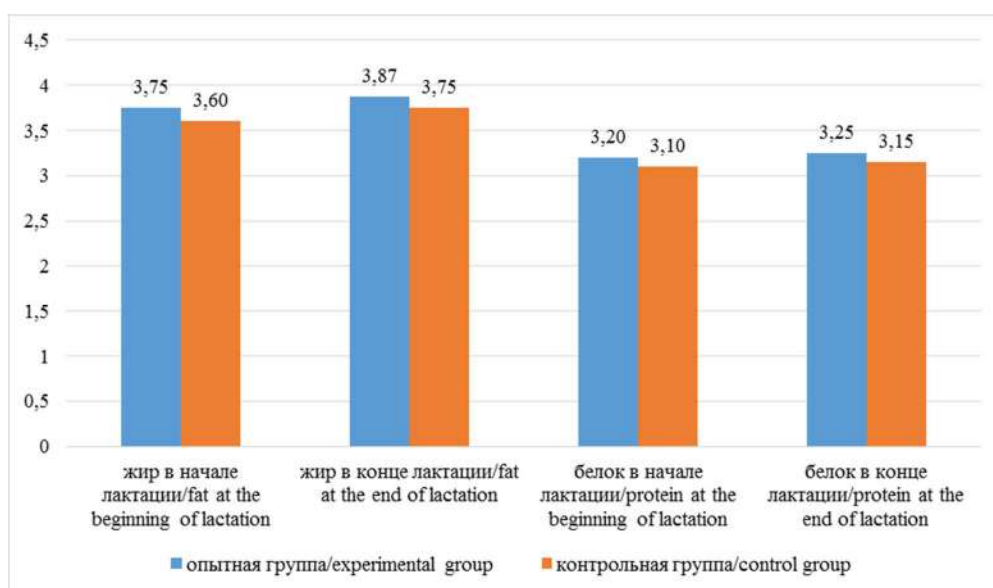


Рисунок 3 – Динамика содержания уровня массовой доли белка и жира в молоке коров контрольной и опытных групп в начале и на 90 день лактации

Figure 3 – Dynamics of mass protein and fat content in milk of control and experimental cows at the beginning and at day 90 of lactation

Согласно приведенному анализу по изменению массовой доли белка и жира в молоке опытной группе коров в сравнении с контрольной группой установлено, что за счет улучшения рубцового пищеварения и синтеза глюкозы в организме животного под действием пропилен глюколя и других компонентов изучаемой новой кормовой добавки, у коров опытной группы массовая доля жира выше на 0,1 % в начале лактации и на

0,2 % при выходе на пик лактации. Аналогично под действием испытуемой добавки в рубце коров опытной группы микрофлора рубца более активно синтезирует микробный протеин, необходимый для формирования молочного белка, поэтому у коров опытной группы также выявлено увеличение массовой доли белка на 0,1 % в начале лактации и на 0,2 % при выходе на пик лактации. Интенсивность молокоотдачи была высокой и находилась на уровне 1,70-1,81 кг/мин по обеим группам.

Самый высокий суточный удой на пике лактации получен от коров опытной группы – 38,6 кг, что на 4,5 кг (34,1 кг), или на 11,6 % больше по сравнению с уровнем удоя на пике лактации коров контрольной группы, что отражено на рисунке 4.



Рисунок 4 – Динамика продуктивности коров и выхода на пик лактации

Figure 4 – Dynamics of cow productivity and yield to peak lactation

Из графика видно, что поголовье коров опытной группы под влиянием испытуемой добавки при равных условиях кормления, массы животного, количества отелов, условий содержания начало свою лактацию с более высоких удоев по сравнению с контрольной группой. Опытная группа вышла на пик лактации в 38 дней, что на 7 дней раньше контрольной группы. Это положительно сказалось на продуктивности животных за весь период лактации и увеличило экономическую эффективность за счет применения испытуемой кормовой добавки. За период опыта средний надой на голову по опытной группе – 33,74 кг, что на 3,96 кг, или 11,7 % выше аналогичного показателя контроля.

За счет количественного увеличения надоя и улучшения качественных показателей молока по уровню массовой доли белка и жира в молоке коров опытной группы под воздействием испытуемой добавки, после подсчета затрат и выручки от реализации продукции установлен экономический эффект в размере 6257 рублей на одну голову.

Выводы. В наших исследованиях выявлено достоверное превосходство рационов с вводом испытуемой кормовой добавки. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что при скармливании кормовой добавки «КД-Биш», состоящей из смеси сухого бишофита и дисахарида из группы олигосахаридов (сахароза), коровы опытной группы получают оптимально сбалансированный по необходимым питательным веществам и энергии рацион, что приводит к увеличению надоев молока с более качественными показателями по массовой доле белка, жира, соматическим клеткам и наличию кетонных тел, сохранности здоровья продуктивных животных, что в целом обеспечивает более высокие экономические показатели.

Библиографический список

1. Анисимова Е. И., Сычева О. В. Сравнительный анализ признаков молочной продуктивности симментальского скота различной линейной принадлежности // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 34-37.
2. Бабайлова Г. П., Бузмакова Е. Д. Влияние голштинизации на хозяйственно полезные показатели коров-первотелок черно-пестрой породы // Аграрная Россия. 2017. № 7. С. 32-35.
3. Васильева О. К. Взаимосвязь упитанности, молочной продуктивности и воспроизводительных качеств коров-первотелок // Генетика и разведение животных. 2019. № 2. С. 71-76.
4. Воронова И. В. Современные аспекты кормления молочных коров // Вестник Ульяновской ГСХА. 2021. № 1. С. 164-169.
5. Комлацкий В. И., Еременко О. Н. Особенности улучшения воспроизводства стада коров // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 167. С. 75-83.
6. Контроль жизнеспособности молочных коров / И. В. Гусаров, О. А. Корнилова, Н. В. Боголюбова, П. А. Фоменко, Е. В. Богатырёва // Молочнохозяйственный вестник. 2020. № 2 (38). С. 51-65.
7. Лукичев Д. Л., Лукичев В. Л. Влияние эффективного выращивания на параметры воспроизводства ремонтных телок // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 8. С. 136-141.
8. Разумовский Н. Профилактика кетоза у новотельных коров // Животноводство России. 2021. № 9. С. 37-41.
9. Харинотова А. С. Взаимосвязь между селекционными признаками у коров голштинской породы разных линий // Вестник аграрной науки. 2020. № 3 (84). С. 184-189.
10. Челнокова М. И., Щербакова Н. А. Диагностика и терапия мастита коров // Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 1. С. 20-24.
11. Ширяев Г. В. Субклинический кетоз как фактор снижения репродуктивных показателей высокопродуктивных коров // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 4. С. 219-228.
12. Correlation of productive longevity and reproductive functions in dairy cows / S. Yu. Harlap, O. V. Gorelik, S. L. Safronov, S. A. Gritsenko, A. A. Belookov, V. V. Zhuravel // Agrarian science. 2022. № 9. P. 65-68.
13. Issues of feeding strategy for lactating cows in Vietnamese smallholder dairy farms / N. N. Bang, N. V. Chanh, N. X. Trach, D. N. Khang, B. J. Hayes, J. B. Gaughan, R. E. Lyons, N. T. Hai, D. M. McNeill // Animals 2021. No 11. P. 729.
14. Tereshchenko V. A., Ivanov E. A., Ivanova O. V. Using of pine nut shell in feeding of lactating cows // Journal of Mountain Agriculture on the Balkans. 2019. V. 22. № 2. P. 1-7.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), заведующий кафедрой «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28), доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, ORCID: 0000-0002-8683-8159. E-mail: niimmp@mail.ru.

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), профессор кафедры «Технологии пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, ORCID: 0000-0001-9542-5893. E-mail: niimmp@mail.ru.

Хорошевская Людмила Викторовна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор сельскохозяйственных наук. E-mail: niimmp@mail.ru.

Мосолова Наталья Ивановна, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор биологических наук, ORCID: 0000-0001-6559-6595. E-mail: niimmp@mail.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), кандидат биологических наук. E-mail: esvoronts@mail.ru.

Ткаченко Наталья Андреевна, научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0002-2324-4222. E-mail: niimmp@mail.ru.

Пузанкова Вера Александровна, соискатель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09). E-mail: niimmp@mail.ru

Мороз Наталья Николаевна, доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова» (358011, Республика Калмыкия, г. Элиста, 5 микрорайон, комплекс КГУ, строение 3, учебный корпус № 4, тел.: +79061766516), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0001-8970-7595. E-mail: moroz_nn73@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-35

THE EFFECT OF THE FEED ADDITIVE «KREZACIN» ON THE METABOLISM OF REPAIR PIGS

A. T. Varakin¹, N. E. Khovatov², D. Sh. Gayirbegov², G. A. Simonov³

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*National research Mordovian State University named after N. P. Ogaryova, Saransk*

³*Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,*

North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, Vologda

Received 11.01.2023

Submitted 09.03.2023

Summary

Data on the evaluation of the effectiveness of the feed additive «Krezacin» in the diets of repair pigs are presented. According to the results of the experiment, the introduction of the studied feed additive into the diets of young pigs makes it possible to increase the digestibility of nutrients in diets, increase nitrogen absorption, as well as increase the use of calcium and phosphorus from the diets of young pigs.

Abstract

Introduction. Determination of the efficiency of incorporation into feed for replacement young animals (mumps) of the «Krezatsin» feed additive. **Materials and methods.** In the balance experiment, carried out during the scientific and economic experiment on the pig farm POOA «Center for Practical Training» of the Republic of Mordovia, a study was carried out to study the effect of the test feed additive on the digestibility of the diet and the absorption of nutrients from it in experimental animals. The experimental work was organized using crossbred pigs. **Results and conclusions.** The results of the study showed, that animals from the group: experimental - I, who were fed in addition to feed (complete mixed feed) the addition of krezacin at the rate of 5 mg per 1 kg of live weight of experimental pigs, had the best indicators of the digestibility of dietary nutrients. Their body retention of macronutrients was also higher. So, in piglets, who have reached the age of 5 months, from the group: experimental - I, compared with control, a higher digestibility level was established for the following indicators, in %: dry matter and organic, respectively - by 5.78 and 6.62; crude protein - by 8.36, crude fat - by 8.72, crude fiber - by 7.07 and nitrogen-free extractives - 4.82. The nitrogen uptake advantage was with the group, treated with 5.0 mg/kg of live weight of the feed additive «Krezatsin». The experimental pigs of this group absorbed 8.3 g more nitrogen, than control animals. The best result in the retention of calcium and phosphorus in the body of replacement pigs was when added to the diet for the group: experimental - I, the optimal dose of krezacin.

Key words: repair pigs, feed additive, «Krezacin», feed nutrients, digestibility and use.

Citation. Varakin A. T., Khovатов N. E., Gayirbegov D. Sh., Simonov G. A. The effect of the feed additive «Krezacin» on metabolism in repair pigs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 332-338 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-35.

Author's contribution. All authors of the study were directly involved in the planning, conducting or analyzing this work. The authors of this article are familiar with the submitted final version and approved it.

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

УДК 636.4.033.1.412.16

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ «КРЕЗАЦИН» НА ОБМЕН ВЕЩЕСТВ У РЕМОНТНЫХ СВИНОК

А. Т. Варакин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. Э. Ховатов², аспирант

Д. Ш. Гайирбегов², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Г. А. Симонов³, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва, г. Саранск

³Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский
институт молочного и лугопастбищного хозяйства, г. Вологда

Дата поступления в редакцию 11.01.2023

Дата принятия к печати 09.03.2023

Актуальность. Определение эффективности включения в корм для ремонтного молодняка (свинки) кормовой добавки «Крезацин». **Материалы и методы.** В балансовом опыте, проведённом во время научно-хозяйственного опыта на свиноводческом хозяйстве ПООА «Центр практического обучения» Республики Мордовия, было выполнено исследование по изучению влияния кормовой испытуемой добавки на переваримость рациона и усвоение из него питательных веществ у подопытных животных. Проведение экспериментальной работы было организовано с использованием помесных свинок. **Результаты и выводы.** Результаты исследования свидетельствовали о том, что животные из I опытной группы, которым скармливали в дополнение к корму (полнорационный комбикорм) добавку крезацина из расчёта 5 мг на 1 кг живой массы подопытных свинок, имели лучшие показатели переваримости питательных веществ рациона. Удержание в их теле макроэлементов также было выше. Так, у поросят, достигших возраста 5 месяцев, I опытной группы, по сравнению с контролем, был установлен более высокий уровень переваримости по следующим показателям, в %: сухому веществу и органическому, соответственно – на 5,78 и 6,62; сырому протеину – на 8,36, сырому жиру – на 8,72, сырой клетчатке – на 7,07 и безазотистым экстрактивными веществами – 4,82. Преимущество по усвоению азота было за группой, получавшей 5,0 мг/кг живой массы кормовой добавки «Крезацин». Подопытные свинки этой группы усвоили азота на 8,3 г больше, чем контрольные животные. Лучший результат по удержанию кальция и фосфора в теле ремонтных свинок был при добавке оптимальной дозы крезацина в рацион I опытной группы.

Ключевые слова: ремонтные свинки, кормовая добавка, «Крезацин», питательные вещества корма, переваримость и использование.

Цитирование. Варакин А. Т., Ховатов Н. Э., Гайирбегов Д. Ш., Симонов Г. А. Влияние кормовой добавки «Крезацин» на обмен веществ у ремонтных свинок. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 332-338. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-35.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Известно, что питательная ценность кормов определяется способностью удовлетворять потребность животного организма в питательных веществах. Она определяется не только их химическим составом, но и переваримостью (усвояемостью) в пищеварительном тракте животного.

Согласно данным в сообщении [1], на переваривание питательных веществ кормов животным организмом могут повлиять множество внешних факторов окружающей среды, в том числе и факторы стресса. Поэтому для лучшего переваривания и всасывания питательных веществ, получения максимальной продуктивности и профилактики стрессов, необходимо обратить внимание на использование в рационах животных различных адаптогенов и иммуностимуляторов.

Следует отметить, что в настоящее время имеет место существенный объём информации по изучению действия введения добавок биологически активных компонентов в рационы на животный организм. Однако переваримость рациона и усвоение из него питательных веществ у ремонтных свинок при использовании кормовой добавки «Крезацин» продолжает оставаться недостаточно изученным. Поэтому данный вопрос представляет значительный интерес как в теоретическом, так и в практическом аспектах.

«Крезацин» создан в Московском государственном научно-исследовательском институте химии и технологии элементоорганических соединений и Иркутском институте химии. Руководство данной работой осуществлял академик М. Г. Воронков. Кормовая добавка «Крезацин» по своему воздействию на организм относится к синтетическим иммуностимуляторам и адаптогенам. Кроме данных свойств, «Крезацин» обладает антиоксидантными, мембранопротекторными, противовоспалительными эффектами. По литературным данным, «Крезацин» обладает малотоксичными свойствами. Летальная его доза (ЛД₅₀) составляет, в мг на 1 кг: для мышей – 3500 и крыс – 6400, а для собак – 2500. Кроме этого, «Крезацин» принимает участие в окислительно-восстановительных процессах в клетках организма, а также оказывает стимулирование процессов заживления в тканях. В кормлении сельскохозяйственных животных и птицы применяется в качестве средства, которое стимулирует повышение естественной сопротивляемости организма болезням за счёт снижения влияния стресс-факторов. Препарат «Крезацин» также схож своими свойствами с физиологически активными веществами, содержащими кремний, – силатранами, так как триэтанолламмониевый катион данного препарата имеет протатрановую структуру.

Приказом Министерства здравоохранения и медицинской промышленности РФ № 151 от 26.07.94 «Крезацин» вошел в Фармакопею РФ и департаментом ветеринарии Минсельхозпрода РФ разрешён к применению в кормлении животных и птицы. Вместе с этим данное кормовое средство зарегистрировано в Общероссийском Классификаторе Продукции за № 93 3754.

Следует отметить, что рационы, сбалансированные по питательным и биологически активным веществам, позитивно влияют на рост и развитие, продуктивность и здоровье животных [2-4, 6-9, 11, 17, 18] и птицы [5, 13, 15].

В частности, это необходимо также учитывать в кормлении свиней [10, 12, 14, 16], например, при составлении рационов для ремонтного молодняка.

В связи с вышеизложенным мы изучали влияние кормовой добавки «Крезацин» на организм ремонтных свинок.

Целью исследований было определение эффективности использования кормовой добавки «Крезацин» в рационах ремонтного молодняка свиней.

В задачи исследований входило:

- определить уровень переваримости рациона у животных;
- установить усвоение азота организмом ремонтных свинок;
- определить использование кальция и фосфора из рационов молодняком свиней.

На основании полученных данных в эксперименте дать оценку использования кормовой добавки «Крезацин» в рационах ремонтного молодняка свиней.

Материалы и методы. В исследованиях использовали помесных ремонтных свинок (крупная белая х ландрас). Опытным группам свинок в состав рационов включали кормовую добавку крезацина.

Проведение научно-хозяйственного опыта было организовано в 2022 году на свиноводческом хозяйстве ПООА «Центр практического обучения» Республики Мордовия. Для эксперимента было подобрано 40 свинок, достигших возраста 30 дней и имеющих живую массу от 8,15 до 8,18 кг. Используя принцип аналогов, подопытные особи разбили на группы: контрольная, I опытная, II опытная и III опытная с включением в каждую по 10 свинок. Опыт поставили с использованием клинически здоровых животных с хорошим аппетитом. Для содержания свинок были организованы одинаковые условия.

При кормлении животных пользовались современными нормами РАСХН с включением в рационы полнорационных комбикормов. Молодняк в возрасте 30-42 суток потреблял комбикорм ПКС-3; 43-60 – СПК-4; 61-104 – СПК-5; 105-240 суток – СПК-6.

Рецептура комбикорма, соответственно, и содержание в нём энергии и питательных веществ для животных в каждой группе были аналогичными и отличались лишь содержанием кормовой добавки «Крезацин» в составе рациона для поросят. Контрольные животные получали комбикорм без добавки крезацина, а опытные их аналоги из I опытной, II опытной и III опытной в дополнение к комбикорму (основной рацион) получали добавку «Крезацин» из расчёта 5,0; 7,5 и 10 мг на 1 кг живой массы свинок соответственно.

Выявление действия испытываемых доз добавки «Крезацин» на показатели переваримости потребляемого корма и усвоения из него питательных веществ изучали на балансовом опыте, выполненном на фоне научно-хозяйственного. При этом в группы включали аналогичных свинок 5-месячного возраста (по 3 животных), получавших комбикорм СПК-6.

Статистическая обработка экспериментальных данных выполнена на компьютере с использованием программы «Statistica 10.0» по версии 2,6.

Результаты и обсуждение. Данные в опыте, приведённые в таблице 1, показали положительное влияние добавления в корм «Крезацина» на показатели переваримости рациона у ремонтных свинок.

Таблица 1 – Результаты использования добавки «Крезацин» на показатели переваримости рационов, %

Table 1 – The results of using the additive «Krezatsin» on digestibility indicators rations, %

Группа	Показатель					
	Сухое вещество	Органи - ческое ве- щество	Протеин	Жир	Клетчат-ка	БЭВ
Контроль- ная	67,33±0,1	69,46±0,8	57,82±0,1	44,27±0,1	27,52±0,1	80,36±0,1
I опытная	73,11±0,2	76,08±0,3	66,18±0,1	52,99±0,1	34,59±0,5	85,18±0,1
II опытная	70,57±0,6	73,8±0,2	64,89±0,1	48,96±0,2	33,87±0,6	82,55±0,1
III опытная	69,47±0,4	72,68±0,5	65,88±,1	50,3±0,1	33,42±0,2	80,68±0,1

Так, наиболее высокими показателями переваримости отличаются свинки I опытной группы, которым вводили в рацион испытываемой кормовой добавки из расчёта 5,0 мг на 1 кг живой массы.

Сравнивая их с контролем, необходимо отметить, что они имели при статистически достоверной разнице переваримость по сухому веществу выше на 5,78 % при уровне вероятности $P < 0,05$ и органическому веществу – на 6,62 при $P < 0,05$. Также у молодняка I опытной группы был установлен лучший, чем у контрольных свинок, уровень переваримости, %: по сырому протеину – на 8,36 со значением $P < 0,05$, сырому жиру – на 8,72 при значении $P < 0,05$, сырой клетчатке – на 7,07 ($P < 0,05$) и безазотистым экстрактивными веществами – на 4,82 % при $P < 0,05$.

При этом у свинок II и III опытных групп выявлено преимущество, в сравнении с контрольными аналогами, по уровню переваримости питательных веществ потребляемого корма. Однако эти опытные группы по изучаемым данным уступали молодняку I опытной группы. Следует отметить, что разница между изучаемыми показателями переваримости рационов у животных II и III опытных групп выявлена незначительной.

Результаты исследований свидетельствуют о том, что у свинок сравниваемых групп усвоение азота из рациона в связи с количеством используемого «Крезацина» также было неодинаковым, что отражено в таблице 2.

Таблица 2 – Использование азота корма ремонтным молодняком, г

Table 2 – The use of feed nitrogen by replacement young animals, g

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Принято с кормом	63,1±0,02	68,4±0,005	67,4±0,004	67,5±0,10
Экскреция с калом	26,3±0,21	23,1±0,07	24,0±0,7	23,1±0,47
Переварилось	36,8±0,36	45,3±0,10	43,4±0,8	44,3±0,40
Экскреция с мочой	3,21±0,004	3,43±0,001	3,42±0,001	3,4±0,003
Экскреция всего	29,5±0,26	26,5±0,07	27,4±0,7	26,5±0,43
Усвоилось в организме	33,6±0,42	41,9±0,10	40,0±0,8	41,0±0,40
% усвоения от принятого	53,2±0,83	61,2±0,17	59,3±1,6	60,7 ±0,86
% усвоения от переваренного	91,3±0,08	92,5±0,001	92,1±0,04	92,5±0,03

Данные таблицы 2 наглядно показывают, что преимущество по усвоению азота было за группой, получавшей 5,0 мг/кг живой массы кормовой добавки «Крезацин». Подопытные свинки этой группы усвоили азота на 8,3 г или 24,7 %, с разницей статистически достоверной и значением $P < 0,001$, больше, по сравнению с контрольной группой. Животные I опытной группы имели превосходство, в сравнении с II и III опытными, которое соответственно составило 1,9 и 0,9 г или 4,7 и 2,2 % ($P > 0,05$).

Использование кальция животными в зависимости от количества исследуемой кормовой добавки в рационах показано в таблице 3.

Таблица 3 – Усвоение кальция в организме ремонтных свинок, г

Table 3 – Assimilation of calcium in the body of replacement pigs, g

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Принято с кормом	14,5±0,01	15,7±0,01	15,5±0,01	15,5±0,01
Экскреция с калом	7,9±0,7	6,3±0,12	6,7±0,32	7,0±0,04
Экскреция с мочой	0,9±0,01	0,7±0,01	0,9±0,01	0,8±0,01
Экскреция всего	8,8±0,07	7,0±0,13	7,6±0,31	7,8±0,07
Использовано организмом	5,7±0,07	8,7±0,14	7,9±0,33	7,7±0,08
% использования от принятого	39,3±3,2	55,4±2,3	50,9±3,3	49,6±3,02

Данные исследования показали, что лучший результат по удержанию кальция в теле ремонтных свинок был при добавке в рацион крезацина из расчёта 5,0 мг на 1 кг живой массы. Превосходство первой опытной группы над контрольными аналогами по этому показателю составляло 3 г или 52,6 % ($P<0,001$), а над второй и третьей опытными группами – 0,8 или 10 % ($P>0,05$) и 1,0 г или 13 % ($P<0,01$) соответственно.

Использование фосфора молодняком свиней в зависимости от дозы в рационе крезацина приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Усвоение фосфора в организме ремонтных свинок, г

Table 4 – Assimilation of phosphorus in the body of replacement pigs, g

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Принято с кормом	11,6±0,01	12,6±0,01	12,4±0,01	12,4±0,01
Экскреция с калом	8,2±0,04	6,7±0,03	7,3±0,02	7,6±0,01
Экскреция с мочой	0,1±0,01	0,1±0,01	0,1±0,01	0,2±0,01
Экскреция всего	8,3±0,04	6,8±0,03	7,4±0,02	7,8±0,01
Использовано организмом	3,3±0,05	5,8±0,03	5,0±0,02	4,6±0,03
% использования от принятого	28,4±3,28	46,0±1,85	40,3±1,41	37,1±1,21

Данные таблицы 4 наглядно показывают, что использование фосфора из рационов и отложение его в теле ремонтных свинок находится в прямой зависимости от количества кормовой добавки «Крезацин» в суточном рационе животных.

Оптимальная дозировка изучаемой добавки 5,0 кг/кг живой массы для свинок I опытной группы способствовала повышению использования фосфора на 75,8 % ($P<0,001$), по сравнению с контрольной группой. У молодняка I опытной группы установлен лучший результат по сравнению со II и III опытными группами – 11,6 % ($P<0,001$) и 26,1 % ($P<0,001$) соответственно, что свидетельствует об эффективности использования кормовой добавки «Крезацин» в рационах молодняка свиней.

Выводы. Результаты проведённого исследования свидетельствуют о том, что введение кормовой добавки «Крезацин» в полнорационные комбикорма ремонтному молодняку свиней из расчёта 5,0 мг на 1 кг живой массы позволяет повысить уровень переваримости питательных веществ из рациона, при увеличении усвоения из него азота, а также повышает использование кальция и фосфора, что оказывает позитивное действие на обменные процессы в организме молодняка свиней.

Библиографический список

1. Байнер Ф. Стресс у поросят // Перспективное свиноводство: теория и практика. 2011. № 6. С. 5.
2. Биологическая ценность комплексной минеральной добавки для лактирующих коров / Г. А. Симонов [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 238-247.
3. Влияние минеральной добавки на уровень общего белка и его фракций в сыворотке крови коров / Г. А. Симонов [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 73-79.
4. Епифанов В. Г. Влияние кормовой добавки «Белков-М» на молочную продуктивность голштинизированных первотёлок // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2014. № 2 (34). С. 93-98.
5. Зерновое сорго в комбикормах для цыплят-бройлеров / С. В. Зотеев [и др.] // Птицеводство. 2017. № 6. С. 27-29.
6. Зотеев В. С., Зотеев С. В. Рыжиковый жмых в комбикормах для лактирующих коров // Молочное и мясное скотоводство. 2016. № 3. С. 29-32.

7. Зотеев В. С., Магомедов М. Ш., Алигазиева П. А. Комплексная минеральная добавка в рационе лактирующих коров в летний период // Проблемы развития АПК региона. 2014. Т. 18. № 2 (18). С. 58-61.
8. Качество молока коров при различных технологиях доения / Е. А. Тяпугин [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2015. Т. 23. № 3 (23). С. 75-78.
9. Оптимизация уровня меди в рационе холостых овцематок / В. С. Зотеев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 31-34.
10. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 152-161.
11. Переваримость питательных веществ рационов холостыми овцематками в летний период / А. С. Ушаков [и др.] // Эффективное животноводство. 2017. № 6 (136). С. 46-47.
12. Повышение воспроизводительной функции у свиней при использовании биологически активных добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 172-177.
13. Симонов Г. А., Гайирбегов Д. Ш., Федин А. С. Влияние препарата крезооферан на энергию роста ремонтного молодняка кур-несушек // Эффективное животноводство. 2013. № 5 (91). С. 22-23.
14. Симонов Г. А., Гуревич В. И. Тритикале в рационе лактирующих свиноматок // Эффективное животноводство. 2012. № 8 (82). С. 48-49.
15. Ферросил повышает продуктивность кур-несушек / Г. А. Симонов [и др.] // Комбикорма. 2015. № 4. С. 62.
16. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering. 2019. Vol. 9. Iss. 1. С. 3837-3841.
17. Milk productivity and quality depending on the composition of the diet / A. T. Varakin [et al.] // Agriinnovation 2021. IOP Publishing. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. Vol. 965.
18. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference. 2020. Vol. 222. P. 1-8.

Информация об авторах

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/000000003-0375-7108>; E-mail: varakinat58@mail.ru

Ховатов Николай Эдуардович, аспирант кафедры «Зоотехния» имени профессора С. А. Лапшина, Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарёва (Россия, 430904, Республика Мордовия, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 31, Аграрный институт); тел. 8 (8342) 25-41-65; E-mail: kafedra_zoo@mail.ru

Гайирбегов Джунайди Шарамазанович, профессор кафедры «Зоотехния» имени профессора С. А. Лапшина, Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарёва (Россия, 430904, Республика Мордовия, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 31, Аграрный институт); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; тел. 8 (8342) 25-41-65; E-mail: kafedra_zoo@mail.ru

Симонов Геннадий Александрович, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных Вологодского научного центра РАН, Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, 14); доктор сельскохозяйственных наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4559-233X>; E-mail: gennadiy0007@mail.ru

THE USE OF HIGH-PROTEIN NON-TRADITIONAL FEED SOURCES IN THE FORMULATIONS OF COMPOUND FEEDS FOR RAINBOW TROUT

S.I. Nikolaev¹, A.K. Karapetyan¹, A.A. Kashirina^{1,2}
Yu.M. Kolesnikova¹, A.E. Stavtsev³, S.Y. Lebedev¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Volgograd

³Research and Production Association «AGRO-MATIK», Vyksa, Nizhny Novgorod Region

Received 23.12.2022

Submitted 10.03.2023

*The study was conducted within the framework of Contract No. 19 dated 18.01.2019
of Agro-Matic LLC Topic: "The effectiveness of using protein concentrate in sheep feeding"*

Abstract

Introduction. As the demand for compound feed grows, so does the need for nutritious, environmentally friendly and cost-effective feed ingredients. In particular, as the demand for aquafeeds increases, the need for additional sources of protein and lipids increases. The use of non-traditional plant resources in the production of compound feed contributes to an increase in both nutritional and biological value, which leads to better absorption of fish by the body. In this regard, the study of the influence of local non-traditional food sources on the live weight of fish is relevant and has scientific and practical significance. **Object.** The object of the study was rainbow trout. **Materials and methods.** Scientific tests were carried out on rainbow trout on the basis of Individual Entrepreneur Kalmykova I.O. and Research Center «Breeding of valuable sturgeon breeds» of the Volgograd State Agrarian University. In the first experiment, the fish from the control group received the main diet with sunflower meal, and the analogs from the experimental group were fed with Gorlinka concentrate instead of sunflower meal. In the second experiment, the individuals of the control group received the main diet with fishmeal, the trout of the experimental group were fed compound feed, in which Agro-Matic concentrate was used instead of fishmeal. When performing research, both classical and modern research methods were used using the latest high-quality certified equipment. In the process of conducting research, we used the technological methods of feeding and keeping fish recommended in fish farming. The data obtained as a result of the research were subject to biometric processing with the determination of the reliability of the difference in indicators according to the Student's criterion. **Results and conclusions.** Thus, the complete replacement of sunflower meal in the compound feed with the Gorlinka protein concentrate contributed to an increase in live weight in individuals of the experimental group up to 6.93% (first experiment). In the second experiment, the replacement of fishmeal with the concentrate «Agro-Matic» as part of the compound feed made it possible to increase the mass of trout up to 4.15%. At the end of the research, we studied the hematological parameters of experimental fish. Both in the first and in the second experiment, an increase in erythrocytes and total protein in the blood of the fish of the experimental groups in comparison with the control group was noted, which makes it possible to judge the normal metabolic processes in the body.

Keywords: trout, feeding, compound feed, total gain, live weight, Gorlinka concentrate, Agro-Matic concentrate.

Citation. Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Kashirina A.A., Kolesnikova Yu.M., Stavtsev A.E., Lebedev S.Y. The use of high-protein non-traditional feed sources in the formulations of compound feeds for rainbow trout. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 339-345 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-36.

Author's contribution. All the authors took part in planning, conducting and analyzing the research results obtained in this experiment. The submitted article was approved by all authors.

Conflicts of interest. The authors declare that there are no conflicts of interest.

УДК 639.3.043.2:636.085.55

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЫСОКОБЕЛКОВЫХ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМОВЫХ
ИСТОЧНИКОВ В РЕЦЕПТУРАХ КОМБИКОРМОВ
ДЛЯ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

С. И. Николаев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. К. Карапетян¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
А. А. Каширина^{1,2}, преподаватель, специалист отдела мониторинга
Ю. М. Колесникова¹, преподаватель
А. Э. Ставцев³, кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор
С. Ю. Лебедев¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия²ФГБНУ «ВНИРО» («ВолгоградНИРО») г. Волгоград, Россия³ООО «НПО «АГРО-МАТИК», г. Выкса, Нижегородская область, Россия

Дата поступления в редакцию 23.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Исследование проведено в рамках договора № 19 от 18.01.2019 ООО «Агро-Матик» Тема:
«Эффективность использования белкового концентрата в кормлении овец»

Актуальность. С ростом спроса на комбикорма возрастает потребность в питательных, экологически безопасных и экономически эффективных кормовых ингредиентах. В частности, по мере роста спроса на акваорма возрастает потребность в дополнительных источниках белка и липидов. Применение нетрадиционных растительных ресурсов при производстве комбикормов способствует повышению как питательной, так и биологической ценности, что приводит к лучшему усвоению организмом рыбы. В связи с этим изучение влияния местных нетрадиционных кормовых источников на живую массу рыбы является актуальным и имеет научное и практическое значение. **Объект исследования.** Объектом исследования стала радужная форель. **Материалы и методы.** Научные испытания проводили на радужной форели на базе ИП Калмыкова И. О. и НИЦ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. В первом опыте рыба из контрольной группы получала основной рацион с подсолнечным шротом, а аналогам из опытной группы в рацион вводили концентрат «Горлинка» взамен подсолнечного шрота. Во втором опыте особи контрольной группы получали основной рацион с рыбной мукой, форели опытной группы скармливали комбикорм, в котором взамен рыбной муки использовали концентрат «Агро-Матик». При выполнении исследований применялись как классические, так и современные методы исследований с использованием новейшего высококласного сертифицированного оборудования. В процессе проведения исследований применяли рекомендуемые в рыбоводстве технологические приёмы кормления и содержания рыб. Полученные в результате исследований данные подлежали биометрической обработке с определением достоверности разницы показателей по критерию Стьюдента. **Результаты и выводы.** Так, полная замена в комбикорме шрота подсолнечного на белковый концентрат «Горлинка» способствовала повышению живой массы у особей опытной группы до 6,93 % (первый опыт). Во втором опыте в составе комбикорма замена рыбной муки на концентрат «Агро-Матик» позволила увеличить массу форели до 4,15 %. В конце проведения исследований нами были изучены гематологические показатели подопытных рыб. Как в первом, так и во втором опыте было отмечено увеличение эритроцитов и общего белка в крови рыб опытных групп в сравнении с контрольной, что позволяет судить о нормально протекающих обменных процессах в организме.

Ключевые слова: форель радужная, кормление форели, общий прирост форели, живая масса форели, кормовые концентраты, «Горлинка», «Агро-Матик».

Цитирование. Николаев С. И., Карапетян А. К., Каширина А. А., Колесникова Ю. М., Ставцев А. Э., Лебедев С. Ю. Применение высокобелковых нетрадиционных кормовых источников в рецептурах комбикормов для радужной форели. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 339-345. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-36.

Авторский вклад. Все авторы принимали участие в планировании, проведении и анализе результатов исследования, полученных в данном эксперименте. Представленная статья была одобрена всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Аквакультура является самым быстрорастущим сектором сельского хозяйства, и ожидается, что производство продолжит увеличиваться. Постоянный успех отечественной аквакультуры и признанный вклад, который она вносит в глобальную продовольственную безопасность, зависят от обеспечения кормами из надежных источников [2, 3, 4]. Доступным способом укрепления кормовой базы объектов аквакультуры является использование так называемых нетрадиционных кормов. Производство кормов местного производства для рыбоводства может быть значительно удешевлено [5, 8, 11, 12].

В Российской Федерации эта проблема стоит особенно остро из-за сложной внешнеполитической ситуации, нестабильности национальной валюты и высокой зависимости предприятий аквакультуры от импортных комбикормов и поставок рыбы для производства продукции [6, 7, 9, 10].

Коллективом авторов была рассмотрена возможность включения в рецептуры комбикормов для форели двух альтернативных кормовых источников: первого – концентрата «Горlinkка» и второго – концентрата «Агро-Матик».

В последние годы в низовьях Волги активно развивается маслоперерабатывающая промышленность, использующая в качестве побочных продуктов жмых и шрот. Волгоградская область является центром производства растительного масла. Известно, что горчичный жмых содержит антипитательные вещества и не должен скармливаться животным и птице. Сотрудниками кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ совместно с ООО Волгоградским горчичным заводом «Родос» была разработана технология обезвреживания жмыхов из семян горчицы, в результате которой был получен кормовой продукт под названием горчичный белоксодержащий кормовой концентрат «Горlinkка», в котором содержание антипитательных факторов полностью было исключено.

Поиск более дешевых и доступных источников белка, позволяющих снизить потребление рыбной муки, является актуальной задачей для дальнейшего развития отрасли аквакультуры [1, 3, 4]. Высококачественная рыбная мука, производимая в Российской Федерации, изготавливается из импортного сырья и влияет на цену комбикорма, существенно повышая стоимость конечного продукта (мяса форели). Помимо рыбной муки, дополнительными источниками белка в комбикормах могут служить мясная мука, гидролизированные дрожжи, личинки насекомых и растительные компоненты.

Поэтому использование белковых концентратов растительного происхождения для различных видов гидрoидов в рыбоводстве имеет большой потенциал в этом направлении.

Разработана совместная технология белкового концентрата «Агро-Матик» сотрудниками кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» и ООО НПО «Агро-Матик».

Объект исследования. Объектом исследований явилась радужная форель.

Материалы и методы. Первый научно-хозяйственный опыт на радужной форели проводили в условиях ИП Калмыкова И.О. Рыбу в группы формировали по принципу аналогов. Рыба контрольной группы получала комбикорм с подсолнечным шротом, а рыбе из опытной группы в комбикорме заменяли полностью подсолнечный шрот на

горчичный концентрат «Горлинка». Второй научно-хозяйственный опыт на радужной форели проводили в условиях НИЦ «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Подопытная форель была распределена по методу аналогов на две группы (контрольная и опытная). Форели из контрольной группы скармливали комбикорм, выработанный по стандартному рецепту с рыбной мукой, а аналогам из опытной группы в комбикорме заменяли 75 % рыбной муки на концентрат «Агро-Матик» на основе белого люпина. Условия кормления и содержания у рыб подопытных групп были идентичными.

Результаты и обсуждение. Живая масса как для сельскохозяйственных животных и птицы, так и для объектов аквакультуры является исключительно важным показателем учитываемым при проведении исследований по испытанию качества кормов (таблица 1).

Таблица 1 – Живая масса подопытной форели, г (первый научно-хозяйственный опыт)

Table 1 – Live weight of experimental trout, g (first scientific and economic experience)

Показатель живой массы	Группа	
	контрольная	опытная
Начало исследования	27,01 ±0,12	26,95±0,12
Конец исследования	1074,79±8,73	1147,34±8,08***

Форель в конце исследования в опытной группе имела живую массу 1147,34 г, что больше на 6,93 %, чем у аналогов контрольной группы (1074,79 г). В конце исследования нами был рассчитан прирост живой массы за период проведения опыта, он составил в контрольной группе 1047,78 г, в опытной – 1120,39 г (рисунок 1).

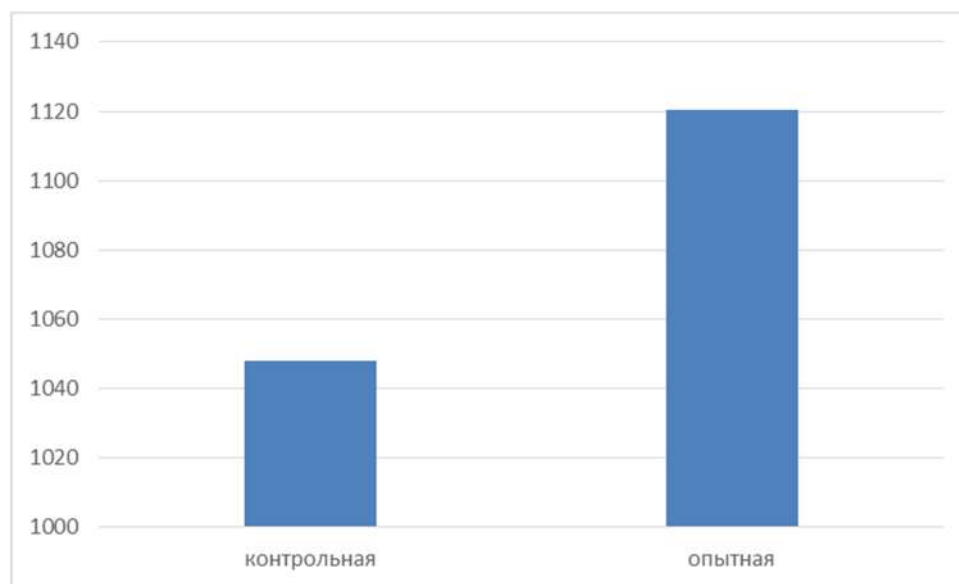


Рисунок 1 – Прирост живой массы рыбы за период опыта, г

Figure 1 – Live weight gain of fish over the period of the experiment, g

Результаты исследований показали, что включение в комбикорм концентрата «Горлинка» взамен шрота подсолнечного способствовало снижению концентрации лейкоцитов в крови особей опытной группы в сравнении с контролем и повышению эритроцитов, гемоглобина, общего белка. Следует отметить, что изучаемые показатели крови были в пределах физиологической нормы, что свидетельствует о хорошо протекающих обменных процессах в организме рыб подопытных групп.

Выявлено улучшение товарных качеств рыб при включении в рецептуру комбикормов концентрата «Горлинка». Так, скармливание форели опытной группы комбикормов с полной заменой шрота подсолнечного на белковый концентрат способствовало повышению их мышечной массы на 7,42 %.

За счет низкой стоимости концентрата «Горлинка» по сравнению с подсолнечным шротом удалось снизить затраты на комбикорма в натуральном и стоимостном выражении, что положительно отразилось на уровне рентабельности производства рыбы.

Опыт по изучению влияния концентрата «АгроМатик» в составе комбикорма на показатели роста форели проводили в течение 22 недель (таблица 2).

Таблица 2 – Живая масса подопытной форели, г (второй научно-хозяйственный опыт)

Table 2 – Live weight of experimental trout, g (second scientific and economic experience)

Показатель живой массы	Группа	
	контрольная 1	опытная 2
Начало исследования	101,67±0,58	102,81±0,55
Конец исследования	906,33±6,72	943,97±5,88***

Исследования показали, что живая масса форели в конце исследования в опытной группе в сравнении с контрольной была больше на 4,15 % (живая масса в контрольной группе – 906,33 г, в опытной – 943,97 г). Прирост живой массы позволил установить, что частичное включение концентрата «Агро-Матик» взамен рыбной муки в рецептуру комбикорма положительно влияет на живую массу рыбы (прирост был выше в опытной на 4,53 % в сравнении с контрольной) (рисунок 2).

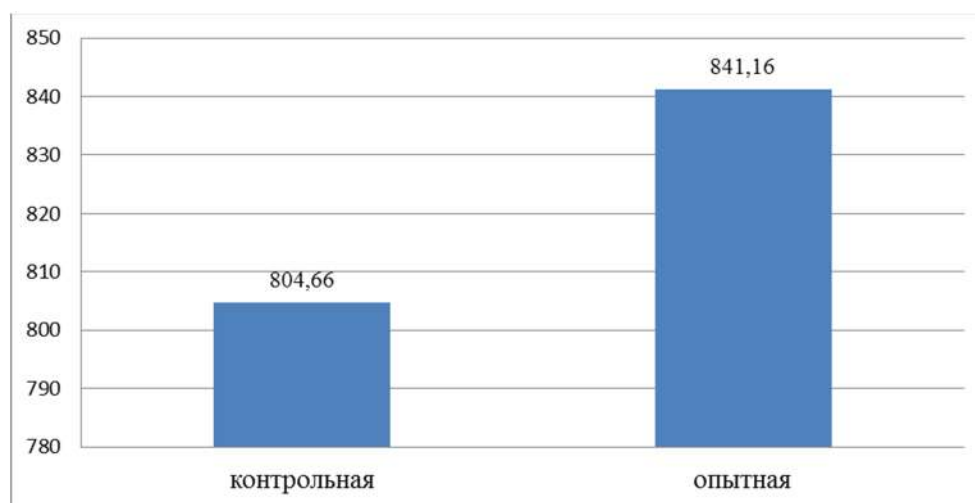


Рисунок 2 – Прирост живой массы рыбы за период опыта, г

Figure 2 – Live weight gain of fish during the experiment period, g

Проведенный гематологический анализ не выявил отклонений от норм в показателях крови рыб подопытных групп.

Таким образом, ввод в комбикорм концентрата «Агро-Матик» взамен рыбной муки позволил повысить товарные качества рыбы опытной группы.

Выводы. Рекомендуем для расширения кормовой базы в форелеводстве, повышения питательной ценности комбикормов и снижения их себестоимости, повышения рыбопродуктивно-биологических показателей радужной форели:

- вводить в комбикорма белоксодержащий горчичный концентрат «Горлинка»;
- использовать в рецептах комбикормов белковый концентрат «Агро-Матик» на основе белого люпина.

Библиографический список

1. Васильев А. А., Косарева Т. В., Федоров И. П. Влияние температуры воды на сроки инкубации икры форели // Современные способы повышения продуктивных качеств сельскохозяйственных животных, птицы и рыбы в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы Международной научно-практической конференции. Саратов: Издательство "Научная книга", 2015. С. 10-15.
2. Васильев А. А., Руднева О. Н., Руднев М. Ю. Эффективность выращивания радужной форели в установке замкнутого водоснабжения при использовании государственной поддержки (на примере Саратовской области) // Рыбное хозяйство. 2020. № 3. С. 109-112.
3. Максимова О. С., Гусева Ю. А., Васильев А. А. Интенсивность роста радужной форели при использовании в составе рациона гидролизата соевого белка // Аграрный научный журнал. 2016. № 10. С. 19-23.
4. Оптимизация выращивания гибридов русского и сибирского осетра при использовании в рационе кормовой добавки «Абиотоник» / И. В. Поддубная, А. А. Васильев, В. В. Сучков, Л. А. Сивохина // Аграрный научный журнал. 2023. № 1. С. 93-97.
5. Повышение продуктивности осетров при использовании отечественных комбикормов / Ю. М. Батракова, А. Э. Ставцев, А. Э. Японцев, Е. А. Морозова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 69-74.
6. Поддубная И. В., Васильев А. А., Сучков В. В. Эффективность выращивания гибридов осетровых рыб с использованием в рационе биологически активных веществ / И. В. Поддубная, А. А. Васильев, В. В. Сучков // Аграрный научный журнал. 2022. № 2. С. 50-53.
7. Продуктивность клариевого сома при скормливании гуминовых веществ / А. А. Коробов, Ю. Н. Зименс, А. А. Васильев, П. И. Тищенко, О. А. Скачкова // Зоотехния. 2022. № 7. С. 26-30.
8. Тыщенко В. И., Терлецкий В. П. Особенности генетической структуры трех популяций лососевых рыб, используемых в рыбном хозяйстве // Аграрная Россия. 2022. № 12. С. 28-33.
9. Тюлин Д. Ю., Васильев А. А., Бригида А. В. Оценка эффективности естественного воспроизводства рыб в условиях Волгоградского водохранилища // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2022. Т. 16. № 11 (202). С. 730-742.
10. Эффективность применения некоторых бав в составе продукционных кормов для осетровых рыб / С. В. Пономарев, Ю. В. Федоровых, А. Б. Ахмеджанова, О. А. Левина, А. Л. Никифоров-Никишин, В. А. Климов // Рыбное хозяйство. 2022. № 4. С. 58-64.
11. Effect of feeding plant-based diet to broodstock on the utilization of plant-based diet in the offspring of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* / T. Yamamoto, H. Matsunari, K. Murashita, H. Yoshinaga, H. Oku, H. Furuita, M. Miura // Aquaculture. 2023. P. 739330.
12. Effect of feed restriction and refeeding on body condition, digestive functionality and intestinal microbiota in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / M. Messina, L. Iacumin, G. Pascon, F. Tulli, E. Tibaldi, G. Cardinaletti // Fish Physiology and Biochemistry. 2023. P. 1-21.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Карапетян Анжела Кероповна, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Каширина Анастасия Александровна, соискатель, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com; специалист отдела мониторинга ВБР Волгоградского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии» («ВолгоградНИРО») (400001, г. Волгоград, ул. Пугачевская, дом 1), e-mail: volgogradniro@vniro.ru

Колесникова Юлия Михайловна, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: yulya.batrakova.95@mail.ru

Ставцев Андрей Эрнестович, кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор общества с ограниченной ответственностью "научно-производственное объединение «АГРО-МАТИК» (607061, Нижегородская область, г. Выкса, Досчатинское шоссе, д. 30/2), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

Лебедев Степан Юрьевич, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kafedra-kormlenie@volgau.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-37

PECULIARITIES OF FORMATION OF QUANTITATIVE AND QUALITATIVE INDICATORS OF MEAT PRODUCTION OF GOBS OF INDIVIDUAL GENOTYPES (GG, GC AND CC) ACCORDING TO THE GH GENE

**D. A. Randelin, O. A. Sutorma, S. I. Nikolaev, A. V. Randelin,
Yu. M. Kolesnikova**

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 7.11.2022

Submitted 15.01.2023

Abstract

Relevance. Traditional methods of breeding beef cattle allow you to create new breeds, types, lines to improve individual herds. However, this is a long process. It is possible to assess the breeding value of an animal only after its cultivation and productive use, it not only takes a lot of time, but also requires a lot of labor and financial costs. In recent years, breeding based on genetic markers associated with productivity has become widespread in animal husbandry. This method makes it possible to determine the breeding value of an animal in the first days after birth on the basis of molecular genetic studies.

Materials and methods. The research was carried out on animals of the Russian mosquito breed. DNA preparations were isolated from blood samples taken from experimental bulls. Typing of alleles of the studied genes was carried out using restriction of amplification products by restorative AluI endonucleases (for the GH gene), followed by electrophoretic analysis of restriction products in agarose gel. Steers were raised by meat technology, their slaughter was carried out according to the VNIIMS method (1984), carcass cutting was carried out according to GOST R52601-2006. **Results and conclusions.** Based on the typing of the alleles of the CH (growth hormone) gene in Russian gobies, the genotypes GG, GC and CC associated with quantitative and qualitative indicators were identified. In the process of studying meat productivity, it was found that individuals with GC and CC genotypes had a live weight at the age of 12 months more than peers with the GG genotype by 2.4 and 5.9%, and in 16 – by 2.8 and 6.2%, and in 16 – by 2.8 and 6.2%. Bulls with the CC genotype were superior to analogues with GC GG genotypes by an average daily increase of 5.1 and 9.9%. As a result of the carcass deboning, it was found that the pulp mass in the group of young animals with the SS genotype was 10.4 and 5.2% more than that of their peers. As a result of the carcass deboning, it was found that the pulp mass in the group of young animals with the SS genotype was 10.4 and 5.2% more than that of their peers. As a result of the study of qualitative indicators of average samples of carcass pulp, it was found that the fat content was higher in the meat of individuals carrying the GG genotype, in comparison with peers (GC and CC) by 1.2 and 1.8%, respectively, while the protein content was higher than that of peers (GG and GC) in the meat of young animals with the CC genotype by 0.3 and 0.1%, the meat of bulls carrying the GG genotype in comparison with their peers was more biologically complete. In terms of the content of essential amino acids in the pulp sample, they surpassed their

peers (GC and CC) by 1.2 and 2.4%. The efforts required for cutting meat, characterizing its tenderness, were less in young animals with the GG genotype than in their peers, respectively, by 18.7% and 25.0%. The profitability of meat production was higher in individuals carrying the CC genotype than in peers (GG and GC) by 4.5% and 2.1%, respectively.

Key words: *DNA, alleles, genes, genotype, meat qualities, chemical and biochemical composition of meat.*

Citation. Randelin D. A., Sutorma O. A., Nikolaev S. I., Randelin A.V., Kolesnikova Yu. M. Features of the formation of quantitative and qualitative indicators of meat productivity of bulls of individual genotypes (GG, GC and CC) according to the GH gene. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 345-352 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-37.

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

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

УДК 636.2.033.082

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МЯСНОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ БЫЧКОВ ОТДЕЛЬНЫХ ГЕНОТИПОВ (GG, GC и CC) ПО ГЕНУ GH

Д. А. Ранделин, доктор биологических наук, профессор

О. А. Суторма, доктор биологических наук, доцент

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. В. Ранделин, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Ю. М. Колесникова, преподаватель

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 07.11.2022

Дата принятия к печати 15.01.2023

Актуальность. Традиционные методы селекции мясного скота позволяют создавать новые породы, типы, линии, совершенствовать отдельные стада. Однако это длительный процесс. Оценить племенную ценность животного возможно только после его выращивания и продуктивного использования: это не только занимает много времени, но и требует многочисленных трудовых и финансовых затрат. В последние годы в животноводстве получает широкое распространение селекция по генетическим маркерам, ассоциированным с продуктивностью. Данный метод позволяет определить племенную ценность животного в первые дни после рождения на основе молекулярно-генетических исследований. **Материалы и методы.** Исследования проводились на животных русской комолой породы. Из образцов крови, отобранной у подопытных бычков, были выделены препараты ДНК. Типирование аллелей исследованных генов проводили с помощью рестрикции продуктов амплификации реструцирующими эндонуклеазами AluI (для гена GH) с последующим электрофоретическим анализом продуктов рестрикции в геле агарозы. Бычки выращивались по мясной технологии, их убой проводили по методу ВНИИМС (1984), разделку туш осуществляли согласно ГОСТ Р 52601-2006. **Результаты и выводы.** На основании типирования аллелей гена GH (гормона роста) у бычков русской комолой породы выявлены генотипы GG, GC и CC, ассоциированные с количественными и качественными показателями. В процессе изучения мясной продуктивности установлено, что особи с генотипами GC и CC имели живую массу в возрасте 12 месяцев больше, чем сверстники с генотипом GG на 2,4 и 5,9 %, и в 16 – на 2,8 и 6,2 % и в 16 – на 2,8 и 6,2 %. Бычки с генотипом CC превосходили аналогов с генотипами GC GG по среднесуточному приросту на 5,1 и 9,9 %. В результате обвалки туши установлено, что масса мякоти по группе молодняка с генотипом CC была – на 10,4 и 5,2 % больше, чем у сверстников. В результате исследования качественных показателей средних проб мякоти туш установлено, что содержание жира было выше в мясе особей носителей генотипа GG, в сравнении со сверстниками (GC и CC) соответственно на 1,2 и 1,8 %, тогда как содержание белка было выше, чем у

сверстников (GG и GC), в мясе молодняка с генотипом CC на 0,3 и 0,1 %. Мясо бычков носителей генотипа GG в сравнении с сверстниками было более полноценным в биологическом плане. По содержанию в пробе мякоти незаменимых аминокислот они превосходили сверстников (GC и CC) на 1,2 и 2,4 %. Прилагаемые усилия, необходимые для разрезания мяса и характеризующие его нежность, были меньше у молодняка с генотипом GG, чем у сверстников, соответственно на 18,7 % и 25,0 %. Рентабельность производства мяса была выше у особей – носителей генотипа CC, чем у сверстников (GG и GC), соответственно на 4,5 % и 2,1 %.

Ключевые слова: ДНК, аллели, генотипы бычков, мясные качества бычков, химический состав мяса бычков, биохимический состав мяса бычков.

Цитирование. Ранделин Д. А., Суторма О. А., Николаев С. И., Ранделин А. В., Колесникова Ю. М. Особенности формирования количественных и качественных показателей мясной продуктивности бычков отдельных генотипов (GG, GC и CC) по гену GH. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 345-352. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-37.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Успех селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом во многом зависит от интенсивности отбора племенного поголовья, базирующегося на точности его оценки племенных качеств. На эффективность селекции существенное влияние оказывает возраст оценки молодняка. Снижение возраста оценки племенных качеств животных, в частности способствует и повышению селекционного эффекта. Повысить точность оценки племенных качеств и снизить возраст оценки племенной ценности молодняка возможно за счёт использования современных молекулярно-генетических исследований.

Использование в селекции ДНК технологии позволяет выявить желательные генотипы молодняка при рождении. На современном этапе установлены генетические маркеры, ассоциированные с определенными показателями продуктивности животных [2, 4, 5, 7, 8, 14].

В работах исследователей [3, 9, 10, 12, 13] отмечается, что установлены межпопуляционные и межпородные особенности по полиморфизму аллелей и отдельных генов, ассоциированных с уровнем продуктивности и качеством продукции сельскохозяйственных животных, в частности мясного скота.

Исследователи [1, 6, 11] отмечают высокую роль в селекции гормона роста GH, ассоциированного с интенсивностью роста и распределением энергии в организме молодняка крупного рогатого скота. Гормон роста GH обладает широким спектром влияния на обменные процессы в организме животных.

Проведение отбора животных для ремонта стад в раннем возрасте с учетом наличия в их генотипах генетических маркеров, ассоциированных с секционируемыми признаками, будет способствовать повышению эффективности селекционно-генетического прогресса на уровне популяций, пород.

Целью наших исследований ставилось изучение особенностей развития, формирования мясных качеств туш, пищевой ценности мякоти молодняка русской комолой породы разных генотипов по гормону роста GH.

Материалы и методы. Экспериментальные работы проводились в ООО «Дон-Агро» Светлоярского района Волгоградской области на бычках русской комолой породы. По итогам типирования аллелей гена GH из обследованного поголовья в возрасте 8 мес. было сформировано 3 группы молодняка численностью 10 голов в каждой с гено-

типами GG; GC и CC. Согласно литературным данным, генотип GG ассоциирован с «мраморностью» мяса, GC – с высокой массой туш и «мраморностью» мяса, CC – с массивностью туш и низкой «мраморностью» мяса.

Молекулярно-генетическое типирование проводилось на основании образцов крови, отобранных из яремной вены бычков.

Выделение препаратов ДНК из крови молодняка было проведено с применением набора DiatomTM DNA Prep 200 (фирма «IsoGen», Москва).

Полимеразная цепная реакция (ПЦР) проводилась с помощью набора GenePakTM PCR Core (фирма «IsoGen», Россия) и набора Encyclo PCR kit (фирма «Evrogen», Россия). Синтез праймеров проведен в НПФ «Литех».

Исследования аллелей изучаемого гена осуществляли путем рестрикции продуктов амплификации реструцирующими экзонуклеазами Alul с дальнейшим электрофоретическим анализом полученных продуктов в геле агарозы.

Подопытный молодняк с 8- до 16-месячного возраста содержался беспривязно в стандартных помещениях. Кормление и поение животных проводилось в выгульных дворах. Рационы разрабатывали согласно рекомендациям А. П. Калашникова и др. (2003) и были рассчитаны на получение среднесуточного прироста 1000-1100 грамм. Контрольный убой подопытных бычков проводили в возрасте 16 месяцев по 5 голов из каждой группы.

Материал, полученный экспериментальным путем, обработан с помощью биометрических программ, Microsoft Office, Statistic и Structure. Достоверность разницы определяли по методу «Стьюдента-Фишера» при трех уровнях вероятности.

Результаты и обсуждение. Рационы для подопытных бычков были составлены с использованием программы «Корм Оптима» и рассчитаны на получение среднесуточного прироста 1000-1100 г и состояли из сена злаково-бобового, сенажа из суданской травы, зерносмеси, патоки, соли поваренной и премиксов.

Результаты исследований показали, что интенсивнее росли бычки с генотипом CG и CC. Так особи с генотипами CG и CC имели живую массу больше, чем их сверстники с генотипом GG в возрасте 12 месяцев – на 2,3 ($P>0,95$) и 5,8 % ($P>0,99$), и в 16 – на 2,8 ($P>0,95$) и 6,3 % ($P>0,99$). Показатели абсолютного прироста живой массы у животных с генотипом CC были выше, чем у сверстников соответственно на 9,45 ($P>0,999$) и 4,74 ($P>0,95$).

Бычки с генотипом CC имели среднесуточный прирост живой массы выше, чем сверстники с генотипами GG и CG на 9,9 ($P>0,95$) и 5,1 % ($P>0,95$).

При этом молодняк с гетерозиготным генотипом CG имел среднесуточный прирост, выше в сравнении со сверстниками с гомозиготным генотипом GG на 4,5 % ($P>0,95$) (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика роста подопытного молодняка разных генотипов (n=10)

Table 1 – Growth dynamics of experimental young animals of different genotypes (n=10)

Показатель	Генотип		
	GG	GC	CC
Живая масса в возрасте, 8 мес.	206,3±2,94	208,2±2,12	211,7±2,51
16 мес.	442,4±2,90	454,4±3,04	470,1±2,81
Абсолютный прирост, кг (8-16 мес.)	236,1±1,92	246,7±1,80	258,4±2,34
Среднесуточный прирост, г (8-16 мес.)	983,7±9,39	1027,9±10,60	1080,8±9,32
Относительный прирост, % (8-16 мес.)	214,4	218,5	222,1

Относительный прирост живой массы у особей с генотипом СС был выше в сравнении со сверстниками на 7,70 и 3,60 %. Важными показателями при оценке мясных качеств бычков являются их убойные характеристики. При проведении контрольного убоя установлено, что масса парных туш особей с генотипом СС была больше, чем у сверстников с генотипами GG и GC на 9,9 ($P>0,999$) и 4,8 % ($P>0,95$), а выход туш – выше на 1,6 и 0,8 %.

Масса внутреннего сала была больше у бычков с генотипом GG в сравнении со сверстниками, носители генотипа GC и СС на 2,9 и 9,2 % ($P>0,95$) (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты контрольного убоя и обвалки туш подопытных бычков, (n=5)

Table 2 – Results of the control slaughter and deboning of carcasses of experimental bulls, (n=5)

Показатель	Генотип		
	GG	CG	CC
Масса парной туши, кг	237,8±2,03	247,8±1,98	259,6±2,12
Выход туши, %	55,26	56,10	56,91
Масса внутреннего жира, кг	14,2±0,32	13,8±0,28	13,0±0,21
Убойный выход, %	58,56	59,23	59,75
Масса мякоти, кг	186,1±1,89	195,3±1,54	205,4±1,67
Выход мякоти, %	78,89	79,49	79,80
Индекс мясности	4,66	4,79	4,87

По убойной массе молодняк с генотипом СС превосходил сверстников с генотипами GG и CG на 8,2 ($P>0,999$) и 4,2 % ($P>0,99$), а по убойному выходу – на 1,2 и 0,5 %.

Обвалка туш молодняка показала, что у особей данного генотипа масса мякоти в сравнении со сверстниками с генотипами GG и CG была больше соответственно на 10,4 ($P>0,999$) и 5,2 % ($P>0,99$).

Наиболее высокий показатель индекса мясности установлен у животных с генотипом СС. Разница в их пользу по индексу составила соответственно у генотипов GG и CG – 0,2 и 0,1.

Проведенные анализы показали, что в мякоти туш больше сухого вещества содержалось у молодняка с генотипом GG. Содержание жира в их мякоти туш было больше, в сравнении с генотипами GC и СС на 1,2 ($P>0,999$) и 1,8 % ($P>0,999$). Наиболее низкое содержание жира в мякоти выявлено у представителей с генотипом СС. При этом белка содержалось больше в мясе особей с генотипом СС. Они превосходили по данному показателю сверстников с генотипами GG и GC соответственно на 0,3 и 0,1 %.

У бычков – носителей генотипа GG – энергетическая ценность 1 кг мяса была выше, в сравнении со сверстниками с генотипами GC на 5,2 % и СС – на 7,8 % ($P>0,999$). Оптимальное соотношение белка и жира в средней пробе мякоти (1 : 0,75) отмечено также у особей с генотипом GG.

Исследования показали, что белка было синтезировано больше в мякоти туш бычков с генотипом СС в сравнении со сверстниками с генотипами GG и CG на 12,3 ($P>0,999$) и 5,5 % ($P>0,99$). Жира было синтезировано в мякоти молодняка с генотипом GG больше, чем у сверстников с генотипами GC и СС на 4,27 ($P>0,95$) и 3,53 % ($P>0,95$) (таблица 3).

Выявлены различия и по содержанию аминокислот в средней пробе мякоти туш. По содержанию незаменимых аминокислот в мякоти бычки с генотипом GG превосходили сверстников с генотипами CG и СС на 1,2 и 2,4 %, и заменимых – на 0,6 и 0,8 %.

Технологические свойства мякоти также были более ценными у бычков с генотипом GG. Влагоудерживающая способность их мяса была больше, чем у сверстников соответственно с генотипами GC и СС на 0,6 ($P>0,95$) и 1,7 % ($P>0,999$), тогда как по-

казатель уваримости был меньше на 0,5 ($P>0,95$) и 1,8 % ($P>0,999$). Кулинарно-технологический показатель (КТП) мяса у бычков носителей генотипа GG был выше, чем у сверстников, соответственно на 0,05 и 0,14. Также выявлены различия по показателям, характеризующим нежность мякоти. Наиболее высокой нежностью характеризовалось мясо, полученное от молодняка с генотипом GG. Так, усилия, прилагаемые при разрезании длиннейшего мускула спины бычков с генотипом GG, в сравнении со сверстниками генотипами GC и CC были ниже соответственно на 0,06 кг/см², или 18,7 % ($P>0,95$) и 0,13 кг/см², или 25,0 % ($P>0,95$).

Таблица 3 – Химический состав мякоти туш (n=5)

Table 3 – Chemical composition of carcass pulp (n=5)

Показатель	Генотип		
	GG	GC	CC
Влага, %	66,00 ± 0,16	66,96 ± 0,13	67,46 ± 0,18
Сухое вещество, %	34,00 ± 0,16	33,04 ± 0,13	32,54 ± 0,18
В т.ч.: белок	18,84 ± 0,13	19,12 ± 0,10	19,18 ± 0,15
жир	14,18 ± 0,09	12,96 ± 0,12	12,41 ± 0,06
зола	0,98 ± 0,01	0,96 ± 0,01	0,95 ± 0,01
Энергетическая ценность 1 кг мякоти, МДж	8,72 ± 0,06	8,29 ± 0,03	8,09 ± 0,03
Соотношение протеина и жира	1:0,75	1:0,68	1:0,65
Синтезировано в мякоти туш, кг: белка	35,06 ± 0,29	37,34 ± 0,37	39,39 ± 0,18
жира	26,39 ± 0,23	25,31 ± 0,30	25,49 ± 0,24
энергии	1622,79 ± 16,58	1619,04 ± 19,14	1661,69 ± 15,48

Пищевая ценность мякоти туш животных во многом зависит от количества и качества содержащейся в них жировой ткани.

При этом большое значение имеет химический состав ткани. Так, во внутреннем жире-сырце особей с генотипами GG содержание сухого вещества было выше, чем у сверстников с генотипами GC и CC, соответственно на 0,85 ($P>0,95$) и 0,82 % ($P>0,95$) и жира – на 0,73 ($P>0,95$) и 1,15 % ($P>0,94$). Белка содержалось больше в жировой ткани бычков носителей генотипа CC в сравнении со сверстниками с генотипами GG и GC на 0,34 ($P>0,99$) и 0,45 % ($P>0,99$).

Жировая ткань подопытного молодняка в зависимости от его генотипа имела особенности и по технологическим свойствам.

Температура плавления жировой ткани особей с генотипами GG была ниже, чем у бычков с генотипом GC и CC, на 0,49 и 0,79 °C ($P>0,99$) и показатель йодного числа меньше соответственно на 0,22 и 0,28% ($P>0,95$).

В работах отдельных ученых отмечается взаимосвязь биологической ценности мяса с его компонентами, в том числе липидами. Среди липидов высокой активностью обладают фосфолипиды и холестерин. Нами установлено, что в окопечном жире-сенце бычков с генотипом GG в сравнении со сверстниками содержание фосфолипидов было выше на 1,35 и 2,42 % ($P>0,95$), холестерина – на 4,33 ($P>0,95$) и 10,11 % ($P>0,999$) эфиров холестерина – на 6,18 ($P>0,999$) и 16,67 % ($P>0,999$).

В процессе чистопородных исследований существенных различий в характере обрамления мускульных волокон опорных соединительных тканей у бычков разных генотипов не выявлено. На срезах мускулов виден параллельный ход мышечных пучков с разделяющими их прослойками липидов разной толщины. Значительной толщиной жировой прослойки в срезах мускула отмечаются особи – носители генотипа GG, и тонкой – генотипа CC.

В процессе исследований установлено влияние генотипа молодняка по гену GH на интенсивность синтеза и свойства жира. Наиболее значительное количество жировой ткани было синтезировано в теле особей носителей генотипа GG. В теле молодняка данного генотипа было синтезировано жира-сырца больше в сравнении со сверстниками с генотипами GC и CC соответственно на 6,6 ($P>0,95$) и 18,8 % ($P>0,999$).

При этом выявлены особенности локализации жировой ткани в организме подопытного молодняка. Подкожной жировой ткани в теле особей с генотипом GG было синтезировано больше, чем у сверстников с генотипами GC и CC, на 5,42 и 10,3 % ($P>0,95$), межмышечной – на 12,3 ($P>0,99$) и 41,1 % ($P>0,999$), внутреннего жира-сырца – на 2,9 и 9,2 % ($P>0,95$).

При этом нами выявлены различия по содержанию отдельных липидов в жировой ткани, в зависимости от генотипа бычков.

Таблица 4 – Структура липидов во внутреннем в жире-сырце, подопытного молодняка мг/кг ($n=5$)

Table 4 – The structure of lipids in the internal in raw fat, experimental young animals, mg / kg ($n=5$)

Содержится липидов	Генотип		
	GG	GC	CC
Холестерина	27,98±0,26	26,82±0,22	25,41±0,19
Эфиров холестерина	1,89±0,01	1,78±0,01	1,62±0,01
Фосфолипидов	285,34±1,38	281,55±2,19	278,60±2,34
Триглицеридов	628,14±3,15	638,37±2,50	642,51±2,87

При этом наименее биологически активных триглицеридов было выявлено больше в жировой ткани бычков с генотипом CC. Их преимущество над сверстниками с генотипами GG и GC по данному показателю составило 2,29 % ($P>0,95$) и 0,65 %.

Биологическая ценность жира и говядины в целом формируется за счет ряда факторов, в том числе и наличия насыщенных и ненасыщенных жирных кислот, и их соотношения.

В результате исследования установлено, что в целом жирных кислот содержалось больше в жировой ткани особей носителей генотипа GG. В жировой ткани особей данного генотипа в сравнении со сверстниками с генотипами GG и GC жирных кислот содержалось больше на 0,34 и 0,61 %. Следует отметить, что по количеству мононенасыщенных жирных кислот их превосходство составило 0,58 и 1,44 % и полиненасыщенным – 8,28 ($P>0,95$) и 8,65 % ($P>0,99$). Содержание насыщенных кислот в жировой ткани было выше на 0,95 и 0,39 % у молодняка – носителя генотипа CC.

В результате экономического анализа, проведенного по окончании эксперимента, установлено, что при реализации молодняка по рыночным ценам (без учета мраморности мяса) уровень рентабельности производства мяса был выше в группе бычков с генотипом CC, чем у сверстников (GG и GC) на 4,5 – 2,1 %.

Выводы. Бычки русской комолой породы – носители генотипа CC по генотипу роста GH – имели более высокую интенсивность роста, их туши характеризовались лучшей обмускуленностью и более высокой массой. У бычков – носителей генотипа GG – выявлен более активный синтез жира-сырца в тканях. Для получения от молодняка «мраморной» говядины целесообразно разводить особей с генотипом GG и более постной – с генотипом CC по гену роста GH.

Библиографический список

1. Анализ полиморфизма генов CAPN1 и GH у скота казахской белоголовой породы в связи с особенностями мясной продуктивности / М. И. Селионова, В. Р. Плехтукоева, И. И. Дмитрик [и др.] // Главный зоотехник. 2020. № 6. С. 27-34.

2. Ассоциация полиморфизма генов DGAT1 и GHR с показателями молочной продуктивности коров черно-пестрой породы / И. В. Виноградова, О. В. Костюнина, А. А. Сермягин [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 2. С. 8-11
3. Бейшова И. С. Рост и развитие животных казахской белоголовой породы разных генотипов по генам соматотропного каскада // Главный зоотехник. 2019. № 6. С. 32-40.
4. Качество туш мясного скота различных генотипов по гену тиреоглобулина (TG5) / Т. А. Седых, Л. А. Калашникова, Р. С. Гизатуллин, В. И. Косилов // Зоотехния. 2020. № 7. С. 4-8.
5. Повышение мясной продуктивности бычков калмыцкой породы на основе оптимизации генетических факторов / И. Ф. Горлов, Б. К. Болаев, Д. А. Ранделин, Д. В. Николаев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2(50). С. 235-240.
6. Показатели продуктивности у генотипированного молодняка абердин-ангусской породы по гену BGN / В. М. Габидулин, С. А. Алимова, А. Н. Фролов, А. А. Салихов // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019. № 4. С. 24.
7. Юдин Н. С., Ларкин Д. М. Происхождение, селекция и адаптация российских пород крупного рогатого скота по данным полногеномных исследований // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 5. С. 559-568.
8. Comparative FISH mapping of BMPR1B, BMP15 and GDF9 fecundity genes on cattle, river buffalo, sheep and goat chromosomes / A. Farhadi [et al.] // Journal of genetics. 2013. V. 92. № 3. P. 595-597.
9. Conventional Cytogenetics in Black Bengal Goats / B. Mandal [et al.] // International Journal Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. V. 7. P. 518-525.
10. Elevated haplotypes frequencies reveal similarities for selection signatures in Western and Russian Simmental populations / G. Meszaros [et al.] // Journal of Central European Agriculture. 2019. V. 20. № 1. С. 1-11.
11. Fatty acid composition of blood lipids of young beef cattle of different genotypes of CAPN1, GH, TG5, LEP genes / M. I. Selionova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 341. № 1. P. 012079.
12. Feeding behavior as the new breeding traits in pigs / A. A. Sermyagin [et al.] // Agricultural Biology. 2020. V. 55. № 6. P. 1126-1138.
13. Multiple intrasyntenic rearrangements and rapid speciation in voles / S. A. Romanenko [et al.] // Scientific reports. 2018. V. 8. № 1. P. 1-9.
14. Selionova M. I., Podkorytov N. A. Polymorphism of the gene GDF9 in sheep of Prikatun type of Altai Mountains breed and its correlation with indices of meat rate productivity // Theory and Practice of Meat Processing. 2021. Vol. 6. No 1. P. 4-9.

Информация об авторах

Ранделин Дмитрий Александрович, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор биологических наук, профессор, e-mail: randelin_dm@mail.ru

Суторма Оксана Александровна, заместитель декана по научной работе факультета перерабатывающих технологий и товароведения ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор биологических наук, доцент, e-mail: o.sutorma@volgau.com

Николаев Сергей Иванович, заведующий кафедрой «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, E-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Ранделин Александр Васильевич, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор E-mail: raydelin_al@mail.ru

Колесникова Юлия Михайловна, преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), E-mail: yulya.batrakova.95@mail.ru

MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATORS OF THE BLOOD OF BROILER CHICKENS WHEN INTRODUCING A FEED ADDITIVE INTO DRINKING WATER

A. A. Ryadnov¹, V. V. Salomatin¹, D. A. Zlepkin¹, V. A. Zlepkin¹,
E. S. Vorontsova¹, T. V. Konobley¹, E. P. Zinin^{1,2}, O. A. Volkova¹

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Joint-stock company «Poultry Farm «Krasnodonskaya», Volgograd region

Received 12.09.2022

Submitted 15.02.2023

The work was carried out within the framework of the thematic task plan for the implementation of research works by the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Volgograd State Agrarian University" by order of the Ministry of Agriculture of Russia at the expense of the federal budget in 2022 on the topic "Scientific justification and evaluation of the effectiveness of the use of modern bioavailable drugs that can increase the physiological status, productivity and quality poultry products".

Abstract

Introduction. The use of ecologically safe biologically active feed additives and preparations in the feeding of broiler chickens that have a positive effect on their physiological state, meat productivity and safety is relevant. **Materials and methods.** Morphological and biochemical blood tests in experimental broiler chickens were performed during the scientific and economic experiment. To carry out studies at the daily age of chickens, four groups of young birds of 100 heads each were formed using the method of analogues. The duration of the experiment was 40 days. Complete compound feeds were used for experimental chickens: PC-0, PC-2, PC-5, PC-6 and PC-7. The feed additive «Smart Biotic» was additionally injected into the drinking water of chickens of the I, II and III experimental groups during the entire growing period (up to 40 days) at the rate of 1 liter of water: I experimental group - 0.55 ml, II experimental group - 0.63 ml and III experimental group - 0.70 ml. **Results and conclusions.** In the scientific and economic experience of experimental broiler chickens, the genetic parameters corresponded to the physiological norm. Broiler chickens at 37 days of age exceeded the control group in terms of the number of leukocytes in the blood by 2.59; 4.43 (P<0.05) and 3.17 %, respectively, erythrocytes - by 3.31; 9.93 (P<0.01) and 7.72 % (P<0.05), hemoglobin content - by 2.62 (P<0.05); 5.41 (P<0.001) and 4.19 % (P<0.01), glucose - by 7.63 (P<0.05); 14.01 (P<0.001) and 9.06 % (P<0.01); blood serum content: total protein - by 3.39 (P<0.05); 5.38 (P<0.001) and 4.09 % (P<0.01), albumin - by 4.10 (P<0.05); 7.71 (P<0.001) and 5.83 % (P<0.05), globulins - by 2.91 (P<0.05); 3.81 (P<0.01) and 2.91 % (P<0.05), cholesterol - by 4.30; 16.04 (P<0.01) and 11.75 % (P<0.05); total calcium - by 2.94; 9.93 (P<0.001) and 5.88 % (P<0.01), inorganic phosphorus - by 2.29; 8.71 (P<0.01) and 5.50 % (P<0.05). Thus, the established changes in hematological parameters in the experimental bird indicate an increase in redox and metabolic processes in broiler chickens of the experimental groups.

Citation. Ryadnov A. A., Salomatin V. V., Zlepkin D. A., Zlepkin V. A., Vorontsova E. S., Konobley T. V., Zinin E. P., Volkova O. A. Morphological and biochemical blood parameters of broiler chickens when a feed additive is introduced into drinking water. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 353-360 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-38.

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

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

УДК 636.5.033.087:612.11/12

**МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ
ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ВВЕДЕНИИ
В ПИТЬЕВУЮ ВОДУ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ**

А. А. Ряднов¹, доктор биологических наук, профессор
В. В. Саломатин¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Д. А. Злепкин¹, доктор биологических наук, профессор
В. А. Злепкин¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Е. С. Воронцова¹, кандидат биологических наук
Т. В. Коноблей, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Е. П. Зинин^{1,2}, аспирант, главный технолог по птицеводству
О. А. Волкова¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград²АО «Птицефабрика Краснодонская», Волгоградская область

Дата поступления в редакцию 12.09.2022

Дата принятия к печати 15.02.2023

Работа выполнена в рамках тематического плана-задания на выполнение научно-исследовательских работ федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» по заказу Минсельхоза России за счет средств федерального бюджета в 2022 году по теме «Научное обоснование и оценка эффективности применения современных биодоступных препаратов, способных повышать физиологический статус, продуктивность и качества продукции сельскохозяйственной птицы»

Актуальность. Использование в кормлении цыплят-бройлеров экологически безопасных биологически активных кормовых добавок и препаратов, оказывающих положительное влияние на их физиологическое состояние, мясную продуктивность и сохранность, является актуальным. **Материалы и методы.** Морфологические и биохимические исследования крови у подопытных цыплят-бройлеров выполнили во время проведения научно-хозяйственного опыта. Для выполнения исследований в суточном возрасте цыплят по методу аналогов сформировали 4 группы молодняка птицы по 100 голов в каждой. Продолжительность опыта составила 40 дней. Для подопытных цыплят использовали полнорационные комбикорма: ПК-0, ПК-2, ПК-5, ПК-6 и ПК-7. В питьевую воду цыплятам I, II и III опытных групп в течении всего периода выращивания (до 40 дней) дополнительно вводили кормовую добавку «Smart Biotic» из расчёта на 1 л воды: I опытная группа - 0,55 мл, II опытная - 0,63 мл и III опытная группа - 0,70 мл. **Результаты и выводы.** В научно-хозяйственном опыте у подопытных цыплят-бройлеров гематологические показатели соответствовали физиологической норме. Цыплята-бройлеры в 37-дневном возрасте превосходили контрольную группу по количеству лейкоцитов в крови соответственно на 2,59; 4,43 (P<0,05) и 3,17 %, эритроцитов - на 3,31; 9,93 (P<0,01) и 7,72 % (P<0,05), содержанию гемоглобина - на 2,62 (P<0,05); 5,41 (P<0,001) и 4,19 % (P<0,01), глюкозы - на 7,63 (P<0,05); 14,01 (P<0,001) и 9,06 % (P<0,01); в сыворотке крови по содержанию: общего белка - на 3,39 (P<0,05); 5,38 (P<0,001) и 4,09 % (P<0,01), альбуминов - на 4,10 (P<0,05); 7,71 (P<0,001) и 5,83 % (P<0,05), глобулинов - на 2,91 (P<0,05); 3,81 (P<0,01) и 2,91 % (P<0,05), холестерина - на 4,30; 16,04 (P<0,01) и 11,75 % (P<0,05); общего кальция - на 2,94; 9,93 (P<0,001) и 5,88 % (P<0,01), неорганического фосфора - на 2,29; 8,71 (P<0,01) и 5,50 % (P<0,05). Таким образом, установленные изменения гематологических показателей у подопытной птицы указывают на усиление окислительно-восстановительных и обменных процессов у цыплят-бройлеров опытных групп.

Ключевые слова: цыплята-бройлеры, кормовая добавка «Smart Biotic», питьевая вода, гематологические показатели цыплят-бройлеров, сыворотка крови цыплят.

Цитирование. Ряднов А. А., Саломатин В. В., Злепкин Д. А., Злепкин В. А., Воронцова Е. С., Коноблеи Т. В., Зинин Е. П., Волкова О. А. Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду кормовой добавки. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 353-360. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-38.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Егоров И. А., Егорова Т. В., Криворучко Л. И. и др. [2] сообщают, что при интенсивном ведении птицеводства в условиях промышленной технологии содержания птицы биологически полноценное кормление является решающим фактором получения её высокой продуктивности.

Последнее время большое значение уделяется использованию в кормлении молодняка птицы экологически безопасных биологически активных кормовых добавок и препаратов, оказывающих положительное влияние на его продуктивность и физиологическое состояние.

Поэтому изучение новых эффективных кормовых и биологически активных добавок для птицы актуально.

Ранее сообщалось [6], что необходимым условием применения в рационах сельскохозяйственной птицы новых кормовых добавок является определение их влияния на физиологическое состояние и уровень течения обменных процессов в её организме. К методам, позволяющим дать объективную оценку этого влияния, относится исследование крови.

Состав крови, обладая сравнительным постоянством, представляет собой лабильную систему, тем самым отражая окислительно-восстановительные и метаболические процессы в организме. При этом определение количественных и качественных показателей ряда компонентов крови является одним из методов оценки состояния здоровья цыплят-бройлеров [5].

В практике птицеводства для более объективной оценки физиологического состояния и характера обмена веществ у молодняка всё более широкое применение находят морфологические и биохимические исследования крови [4].

Поэтому изучение влияния кормовой добавки «Smart Biotic» на морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров является актуальным для практического производства.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования были выполнены в производственных условиях АО «Птицефабрика Краснодонская» Иловлинского района Волгоградской области.

Для проведения научно-хозяйственного опыта в суточном возрасте по методу аналогов было сформировано четыре группы (контрольная и 3 опытные) по 100 голов в каждой. Продолжительность исследований составила 40 дней.

В кормлении подопытного молодняка птицы использовали следующие комбикорма: ПК-0, ПК-2, ПК-5, ПК-6 и ПК-7. Полнорационные комбикорма, используемые в опыте, по набору ингредиентов, концентрации энергии, содержанию питательных и биологически активных веществ для всех сравниваемых групп молодняка птицы были одинаковыми. Различие состояло в том, что в питьевую воду цыплятам I, II и III опытных групп в течение 40 дней дополнительно вводили кормовую добавку «Smart Biotic», в основе которой содержатся гуминовые и фульвовые вещества органического происхождения, из расчёта на 1 л воды: I опытная группа – 0,55 мл, II опытная – 0,63 мл и III опытная группа – 0,70 мл.

Плотность посадки, питательность рационов, фронт кормления и поения, параметры микроклимата и режим освещения у подопытного молодняка кур были одинаковыми.

У подопытных цыплят в возрасте 37 дней из каждой сравниваемой группы у 6 голов был произведён забор крови. Гематологические показатели у подопытных бройлеров определяли по общепринятым методикам. Результаты исследований были обработаны статистически с определением уровня достоверности различий между группами.

Результаты и обсуждение. Как объект интерьерных исследований значительный интерес представляет кровь, состав которой характеризует различные стороны обменных процессов, а также функциональное состояние организма в целом [1].

Погодаев В. А. и др. [7] подчёркивают, что при изучении влияния биологически активных веществ на организм животных большое значение имеют интерьерные показатели. Самым важным из них является кровь, которая обуславливает наличие или отсутствие изменений, происходящих в организме под влиянием тех или иных факторов.

Все процессы, происходящие в организме птицы в той или иной степени, отражаются на морфологическом составе и физико-химических свойствах крови, что даёт возможность судить об интенсивности окислительных процессов и уровне обмена веществ [3].

Данные гематологических показателей свидетельствуют о том, что они у подопытного молодняка птицы находились в пределах физиологической нормы.

При этом дополнительное введение в питьевую воду молодняку птицы опытных групп разного количества кормовой добавки «Smart Biotic» способствовало увеличению в крови количества эритроцитов, лейкоцитов и уровня гемоглобина, в сравнении с контрольной группой (таблица 1).

Таблица 1 – Количество эритроцитов, лейкоцитов и концентрация гемоглобина в крови подопытного молодняка птицы (n = 6)

Table 1 – The number of erythrocytes, leukocytes and the concentration of hemoglobin in the blood of experimental young birds (n = 6)

Показатель	Группа			
	контрольная	I-опытная	II-опытная	III-опытная
Эритроциты, $10^{12}/л$	$2,72 \pm 0,04$	$2,81 \pm 0,04$	$2,99 \pm 0,07^{**}$	$2,93 \pm 0,07^{*}$
Лейкоциты, $10^9/л$	$25,52 \pm 0,32$	$26,18 \pm 0,41$	$26,65 \pm 0,34^{*}$	$26,33 \pm 0,28$
Гемоглобин, г/л	$95,50 \pm 0,92$	$98,00 \pm 0,58^{*}$	$100,67 \pm 0,56^{***}$	$99,50 \pm 0,76^{**}$

В оценке физиологического состояния организма, его резистентности и иммунологической реактивности, одно из важнейших мест занимают лейкоциты, которые выполняют защитную, антиоксидантную, транспортную и другие функции.

Исследованиями установлено, что цыплята-бройлеры по количеству лейкоцитов в крови превосходили контрольную группу соответственно на 0,66 (2,59 %); 1,13 (4,43 %; $P < 0,05$) и $0,81 \cdot 10^9/л$ (3,17 %).

Введение в питьевую воду молодняку кур опытных групп разного количества кормовой добавки способствовало увеличению в крови количества эритроцитов и уровня гемоглобина, в сравнении с контрольной группой.

При этом цыплята-бройлеры I, II и III опытных групп в 37-дневном возрасте по количеству эритроцитов в крови превосходили птицу контрольной группы соответственно на $0,09 \cdot 10^{12}/л$ (3,31 %); $0,27 \cdot 10^{12}/л$ (9,93 %; $P < 0,01$) и $0,21 \cdot 10^{12}/л$ (7,72 %; $P < 0,05$).

Превосходство по количеству эритроцитов в крови между опытными группами установлено у цыплят-бройлеров II группы, которые превосходили по данному показателю молодняк птицы I и III групп на $0,18 \cdot 10^{12}/л$ (6,40 %; $P < 0,05$) и $0,06 \cdot 10^{12}/л$ (2,05 %), соответственно.

Аналогичная тенденция у подопытной птицы выявлена и по содержанию гемоглобина в крови. Концентрация гемоглобина в крови молодняка птицы I, II и III опытных групп была выше, чем в контрольной группе, соответственно на 2,50 (2,62 %; $P < 0,05$);

5,17 (5,41 %; $P < 0,001$) и 4,0 г/л (4,19 %; $P < 0,01$). Преимущество по уровню гемоглобина в крови между опытными группами установлено у цыплят II группы, которые превосходили по изучаемому показателю I и III группы соответственно на 2,67 (2,72 %; $P < 0,01$) и 1,17 г/л (1,18 %).

Остренко К.С. и др. [9] указывают, что повышение количества эритроцитов в крови цыплят-бройлеров свидетельствует об улучшении гемопоэза.

По изменению содержания общего белка и белковых фракций в сыворотке крови можно судить об интенсивности белкового обмена в организме молодняка птицы.

Также Селина Т. В., Ядрищенская О. А., Мальцева Н. А. [10] подчёркивают, что основную часть сухого вещества плазмы крови составляют белки, выполняющие различные функции, в частности, служащие исходным материалом для построения различных органов и тканей.

Также сообщалось [11, 12], что белки крови играют важную роль в образовании комплексов с углеводами, липидами, гормонами и другими веществами. Кроме того, велика их роль в транспортировке питательных веществ, продуктов обмена, в свёртывании крови, в водном обмене.

Биохимические показатели крови, отражающие белковый обмен в организме подопытной птицы приведены в таблице 2.

Проведёнными исследованиями выявлено, что дополнительное введение в питьевую воду молодняку кур опытных групп разного количества кормовой добавки «Smart Biotic» положительно влияет на белковый обмен в организме.

При этом уровень общего белка в сыворотке крови у цыплят-бройлеров I, II и III опытных групп был выше, чем в контрольной группе, соответственно на 1,21 (3,39 %; $P < 0,05$); 1,92 (5,38 %; $P < 0,001$) и 1,46 г/л (4,09 %; $P < 0,01$).

Среди опытных групп превосходство по содержанию общего белка в сыворотке крови имел молодняк птицы II группы, который превосходил по данному показателю цыплят I и III групп соответственно на 0,71 (1,92 %) и 0,46 г/л (1,24 %).

Таблица 2 – Биохимические показатели крови подопытных цыплят-бройлеров в 37-дневном возрасте ($n = 6$)

Table 2 – Biochemical blood parameters of experimental broiler chickens at 37 days of age ($n = 6$)

Показатель	Группа			
	контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Общий белок, г/л	35,67±0,26	36,88±0,34*	37,59±0,30***	37,13±0,25**
Альбумины: г/л	14,40±0,13	14,99±0,14*	15,51±0,15***	15,24±0,18**
% от общ.	40,37	40,65	41,27	41,05
Глобулины: г/л	21,27±0,13	21,89±0,21*	22,08±0,17**	21,89±0,15*
% от общ.	59,63	59,35	58,73	58,95
Белковый индекс	0,68±0,003	0,69±0,003*	0,70±0,005**	0,70±0,009
Мочевина, ммоль/л	1,63±0,05	1,61±0,07	1,40±0,06*	1,47±0,04*
Мочевая кислота, мкмоль/л	342,14±12,52	312,73±3,59*	301,15±5,55*	308,98±6,95*
Креатинин, мкмоль/л	32,32±0,15	31,82±0,15*	31,28±0,14***	31,58±0,17**
АЛТ, ед./л	31,38±0,44	33,03±0,51*	34,04±0,12***	33,57±0,24**
АСТ, ед./л	221,90±4,72	236,50±4,84	246,21±5,41**	244,53±3,92**
Холестерин, ммоль/л	3,49±0,09	3,64±0,09	4,05±0,12**	3,90±0,11*
Триглицериды, ммоль/л	1,10±0,02	1,20±0,03*	1,32±0,05**	1,29±0,04**
Глюкоза, ммоль/л	10,49±0,11	11,29±0,33*	11,96±0,28***	11,44±0,27**
Общий кальций, ммоль/л	2,72±0,04	2,80±0,03	2,99±0,04***	2,88±0,02**
Неорганический фосфор, ммоль/л	2,18±0,03	2,23±0,02	2,37±0,04**	2,30±0,04*

Интенсивность и направленность белкового обмена в организме цыплят характеризует уровень альбуминов и глобулинов в сыворотке крови.

У молодняка кур I, II и III опытных групп абсолютное содержание альбуминов в сыворотке крови было больше, чем в контрольной группе, соответственно на 0,59 (4,10 %; $P < 0,05$); 1,11 (7,71 %; $P < 0,001$) и 0,84 г/л (5,83 %; $P < 0,01$), глобулинов – на 0,62 (2,91 %; $P < 0,05$); 0,81 (3,81 %; $P < 0,01$) и 0,62 г/л (2,91 %; $P < 0,05$). Эти различия отражают более высокий уровень окислительно-восстановительных и обменных процессов в организме цыплят опытных групп.

В результате исследований выявлено, что у молодняка птицы I, II и III опытных групп белковый индекс сыворотки крови был выше на 1,47 ($P < 0,05$); 2,94 ($P < 0,01$) и 2,94 % ($P < 0,05$). Это свидетельствует о том, что в организме молодняка птицы опытных групп белковый обмен протекал более интенсивно.

У подопытных цыплят-бройлеров интенсивность белкового обмена также характеризует концентрация в крови продуктов распада азотистых веществ – мочевины и мочевой кислоты.

Так, у цыплят I, II и III опытных групп содержание мочевины в сыворотке крови была ниже, по сравнению с контрольной группой, соответственно на 0,02 (1,23 %; 0,23 (14,11 %; $P < 0,05$) и 0,16 ммоль/л (9,81 %; $P < 0,05$), креатинина – на 0,50 (1,55 %; $P < 0,05$); 1,04 (3,22 %; $P < 0,001$) и 0,74 мкмоль/л (2,29 %; $P < 0,01$).

Креатинин является конечным продуктом распада креатина, который играет важную роль в энергетическом обмене мышечной и других тканей. Снижение этого показателя свидетельствует об улучшении обменных процессов в организме [8].

При этом аналогичная тенденция была выявлена у подопытных цыплят-бройлеров и в отношении мочевой кислоты в сыворотке крови: в I, II и III опытных группах она была ниже контроля соответственно на 29,41 (8,60 %; $P < 0,05$); 40,99 (11,98 %; $P < 0,05$) и 33,16 мкмоль/л (9,70 %; $P < 0,05$).

Установлено, что у цыплят-бройлеров I, II и III опытных групп в 37-дневном возрасте активность АЛТ в сыворотке крови была выше, по сравнению с молодняком кур контрольной группы, соответственно на 1,65 (5,26 %; $P < 0,05$); 2,66 (8,48 %; $P < 0,001$) и 2,19 ед./л (6,98 %; $P < 0,01$), а АСТ – соответственно на 14,60 (6,58 %; $P < 0,05$); 24,31 (10,95 %; $P < 0,01$) и 22,63 ед./л (10,20 %; $P < 0,01$).

При этом у молодняка птицы II опытной группы активность АЛТ в сыворотке крови была выше, чем у бройлеров I и III опытных групп, соответственно на 1,01 (3,06 %) и 0,47 ед./л (1,40 %), а АСТ – на 9,71 (4,10 %) и 1,68 ед./л (0,69 %).

Результаты исследований свидетельствуют о том, что более интенсивно белковый обмен протекает у молодняка птицы опытных групп, в сравнении с контролем.

В исследованиях установлено, что более интенсивно углеводный, липидный и минеральный обмены протекали у бройлеров опытных групп (таблица 2).

Так, содержание глюкозы в крови цыплят-бройлеров I, II и III опытных групп было больше, в сравнении с контрольной группой, соответственно на 0,80 (7,63 %; $P < 0,05$); 1,47 (14,01 %; $P < 0,001$) и 0,95 ммоль/л (9,06 %; $P < 0,01$).

При этом содержание триглицеридов в сыворотке крови бройлеров I, II и III опытных групп было больше, чем в контроле, соответственно на 0,10 (9,09 %; $P < 0,05$); 0,22 (20,0 %; $P < 0,01$) и 0,19 ммоль/л (17,27 %; $P < 0,01$), холестерина – на 0,15 (4,30 %; 0,56 (16,04 %; $P < 0,01$) и 0,41 ммоль/л (11,75 %; $P < 0,05$), общего кальция – на 0,08 (2,94 %; 0,27 (9,93 %; $P < 0,001$) и 0,16 ммоль/л (5,88 %; $P < 0,01$), неорганического фосфора – на 0,05 (2,29 %; 0,19 (8,71 %; $P < 0,01$) и 0,12 ммоль/л (5,50 %; $P < 0,05$).

Следовательно, установленные изменения морфологических и биохимических показателей у подопытной птицы указывают на усиление окислительно-восстановительных и обменных процессов у цыплят-бройлеров опытных групп.

Выводы. Результаты исследований морфологических и биохимических показателей крови свидетельствуют о том, что введение в питьевую воду цыплятам-бройлерам опытных групп разного количества кормовой добавки «Smart Biotic» способствует, по сравнению с контролем, повышению интенсивности окислительно-восстановительных и обменных процессов в организме. Причём наиболее интенсивно эти процессы протекали в организме цыплят-бройлеров II опытной группы.

Библиографический список

1. Аминокислотный состав белков и качество мяса цыплят бройлеров при использовании премиксов на основе концентрата "Горlinka" / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, И. Ю. Даниленко, В. Н. Рудников // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 87-91.
2. Белковый концентрат на основе белого люпина с высоким содержанием протеина / И. А. Егоров, Т. В. Егорова, Л. И. Криворучко, А. Э. Ставцев // Птицеводство. 2018. № 9. С. 15-19.
3. Влияние кормовой добавки Биоцинк на биохимические показатели крови цыплят-бройлеров / В. В. Саломатин, А. А. Ряднов, Т. А. Ряднова, Ю. А. Ряднова // Ветеринария. 2021. № 7. С. 58-61.
4. Влияние лактулозы в составе новых кормовых добавок на характеристики мясной продуктивности и обменные процессы бройлеров / М. И. Сложенкина, И. Ф. Горлов, З. Б. Комарова [и др.] // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 32-36.
5. Гематологический статус цыплят-бройлеров при скармливании селеноорганического препарата и кормовой пробиотической добавки / В. В. Саломатин, А. А. Ряднов, Т. В. Коноблей [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 257-268.
6. Изменения в крови цыплят-бройлеров при введении в рацион новой кормовой добавки / С. В. Недопёкина, С. Д. Чернявских, И. Н. Гальцева, А. Д. Коваленко // Птицеводство. 2018. № 10. С. 26-28.
7. Иммуномодулирующий препарат и его действие на продуктивность и интерьерные показатели молодняка свиней / В. А. Погодаев, И. Г. Рачков, Л. В. Кононова, В. А. Боташева // Свиноводство. 2020. № 7. С. 45-48.
8. Котарев В. И., Денисенко Л. И. Показатели крови молодняка кур-несушек при применении спороносодержащего пробиотика // Птица и птицепродукты. 2020. № 3. С. 46-48.
9. Остренко К. С., Галочкина В. П., Галочкин В. А. Влияние аскорбата лития на гематологические показатели и белковый обмен бройлеров // Птицеводство. 2018. № 4. С. 10-15.
10. Селина Т. В., Ядрищенская О. А., Мальцева Н. А. Использование в рационе бройлеров различных растительных масел // Птицеводство. 2017. № 4. С. 33-35.
11. Effect of in ovo injection of some B-group vitamins on performance of broiler breeders and their progeny / V. Tufarelli, V. Laudadio, F. Ghane [et al.] // World's Poultry Science Journal. 2021.
12. Using protein concentrate in livestock and poultry diets for sustainable agriculture / S. I. Nikolaev, A. D. Imangaliev, Y. M. Batrakova [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 965. P. 012031.

Информация об авторах:

Ряднов Алексей Анатольевич, проректор по научно-исследовательской работе, заведующий кафедрой "Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор биологических наук, профессор, e-mail: radnov@mail.ru

Саломатин Виктор Васильевич, профессор кафедры «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор; e-mail: zootechnia@mail.ru

Злепкин Дмитрий Александрович, профессор кафедры Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор биологических наук, e-mail: dzlepkina@volgau.com

Злепкин Виктор Александрович, заведующий кафедрой «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, доцент; e-mail: vzlepkin@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, профессор, e-mail: esvoronts@gmail.com

Коноблеи Татьяна Викторовна, доцент кафедры «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: konoblei.tatiana@yandex.ru

Зинин Евгений Павлович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26); главный технолог по птицеводству АО «Птицефабрика Краснодонская» (403071, Волгоградская область, Иловлинский район, р.п. Иловля)

Волкова Ольга Александровна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26)

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-39

PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF MILK PRODUCED UNDER CONDITIONS OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY

**I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N.I. Mosolova, E. S. Vorontsova,
N. A. Tkachenkova, V.A. Puzankova**

*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

Received 19.12.2022

Submitted 10.03.2023

The work was carried out under the grant of RGNF 22-16-00041

Abstract

Introduction. The quality of manufactured products directly depends on the conditions and method of obtaining raw materials. The aim of the work is a comparative analysis of two dairy complexes. In the course of the study, the technical equipment of the milking units, the conditions for keeping cows, the determination of the number of livestock were considered, as well as the quality indicators of the produced raw milk were analyzed. **Materials and methods.** To conduct research in this work, it was decided to take two dairy complexes as objects of study - Limited Liability Company - Agricultural Enterprise «Donskoe» which is located in the Volgograd region, and Limited Liability Company - Agricultural Firm «Village named after G.V. Kaishev», Stavropol Territory. For the study, raw milk produced in the farms of the Limited Liability Company - Agricultural Enterprise «Donskoe» and Limited Liability Company - Agricultural Firm «Village named after G.V. Kaishev» was taken. Sampling for laboratory analyzes was carried out according to the procedure in accordance with the requirements of GOST 13928-84. In the analyzed raw milk, such qualitative indicators as the mass fraction of protein, the mass fraction of fat, acidity. The determination of the amino acid composition was carried out according to the method M 04-74-2012 on the device Capel 105M. **Results and conclusions.** In a comparative analysis of the productive and quality indicators of dairy production of the industrial complexes of the Limited Liability Company - Agricultural Enterprise «Donskoe» and Limited Liability Company - Agricultural Firm «Village named after G.V. Kaishev», the productive qualities of lactating cows, milking technology, physical and chemical parameters and amino acid composition of milk were analyzed. As of January 1, 2023, the livestock in the Donskoye joint venture amounted to 9300 heads, including 3900 forage cows. The milk yield per cow in 2022 was 11047. The average protein and fat content was at the level of 3.32% and 3.84%. At the complex Limited Liability Company - Agricultural Firm «Village named after G.V. Kaishev» the productivity of cows was 10415 kg. The average protein and fat content of the resulting milk was 3.35% and 3.91%. According to the amino acid composition, the milk of two farms was within the normal range. As a result of the research, it was revealed that the milk obtained by these farms has a qualitative composition that meets all the requirements of GOST. The milk obtained on these complexes is of high quality and meets all the requirements for raw materials of this type.

Key words: *dairy complex, raw milk, milking machines, quality indicators, milk yield, amino acid composition.*

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S. Physical and chemical parameters of milk produced in accordance with industrial production technology. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 360-368 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-39.

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 637.07

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОКА, ПРОИЗВЕДЕННОГО В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

И. Ф. Горлов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

М. И. Сложенкина, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук

Н. И. Мосолова, доктор биологических наук

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук

Н. А. Ткаченко, аспирант; **В. А. Пузанкова**, аспирант

*Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 19.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041

Актуальность. Качество производимой продукции напрямую зависит от условий и способа получения сырья. Целью работы является сравнительный анализ двух молочных комплексов. В ходе исследования были рассмотрены технические оснащённости доильных блоков, условия содержания коров, определение поголовья скота, а также проанализированы качественные показатели производимого молока-сырья. **Материалы и методы.** Для проведения исследования в данной работе объектами изучения решено было взять два молочных комплекса – АО СП «Донское», которое расположено в Волгоградской области, и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» Ставропольского края. Для исследования было взято молоко-сырьё, выработанное в хозяйствах СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева». Отбор проб для осуществления лабораторных анализов проводили согласно методике в соответствии с требованием ГОСТ 13928-84. В анализируемом молоко-сырье определяли такие качественные показатели, как массовая доля белка, массовая доля жира, кислотность, плотность. Определение аминокислотного состава проводили согласно методике М 04-74-2012 на приборе Капель 105М. **Результаты и выводы.** При сравнительном анализе продуктивных и качественных показателей молочного производства промышленных комплексов СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» были проанализированы продуктивные качества лактирующих коров, технология доения, физико-химические показатели и аминокислотный состав молока. На 1.01.2023 г. поголовье скота в СП «Донское» составило 9300 голов, в том числе фуражных коров 3900 голов. Надой молока на корову в 2022 г. составил 11047. Среднее содержание белка и жира находилось на уровне 3,32 % и 3,84 %. На комплексе ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» продуктивность коров составила 10415 кг. Среднее содержание белка и жира получаемого молока было 3,35 % и 3,91 %. По аминокислотному составу молоко двух ферм находилось в пределах нормы. В результате проведенных исследований выявили, что молоко, полученное в данных хозяйствах, является качественным и соответствует всем требованиям ГОСТ, предъявляемым к сырью этого вида.

Ключевые слова: *молочные комплексы, молоко-сырьё, доильные установки, качественные показатели молока, удои, аминокислотный состав молока.*

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Пузанкова В.А. Физико-химические показатели молока, произведенного в условиях промышленной технологии. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 360-368. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-39.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из направлений в пищевой отрасли является молочное животноводство. Молочные продукты играют важную роль в питании различных групп населения, что делает их наиболее востребованными. Для выработки полезных и качественных продуктов питания необходимо использовать качественное и безопасное сырье. Сырье, вырабатываемое молочными комплексами, должно соответствовать всем требованиям, предъявляемым к нему [3, 4, 11]. Богатый биологический и химический состав делает молоко незаменимым продуктом питания. Качество вырабатываемого молока напрямую зависит от способа доения и условий, в которых оно производится [1, 5, 13, 14]. Как показывает практика, наиболее качественное сырье получают путем роботизированного доения. Роботизированное доение имеет практическую значимость и позволяет получать наибольшее количество молока за более короткий период времени в отличие от ручной дойки [6, 7, 10, 12]. Внедрение автоматизированного оборудования позволяет увеличить производственную мощность молочных комплексов [2, 8, 9, 15].

Внедрение современного зарубежного доильного оборудования началось около десяти лет назад. Наиболее востребованными роботизированными установками являются роботы швейцарской компании *DeLaval*, а также доильные карусели *GEA* немецкой компании *DairyProQ*.

Установки этих производителей уже запущены в эксплуатацию СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева».

Эксплуатация карусели на СП «Донское» происходит уже более года и позволяет доить 1200 коров одновременно. В настоящее время на СП «Донское» существует два доильных блока. В первом блоке доится основное стадо на карусели *DairyProQ*. На втором блоке доение осуществляется в доильном зале типа «Елочка».

Целью работы является сравнительный анализ производственных мощностей комплексов СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева», а также определение качества полученного на них сырья.

Материалы и методы. Исследования проводились на молочных комплексах ООО СП «Донское» Волгоградской области и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» Ставропольского края. Объектами исследований явились коровы, которые доились на роботизированных доильных установках. Анализ проб молока производился на базе комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП.

В качестве объектов исследования применялось молоко-сырье (ГОСТ 31449-2013). При осуществлении анализов использовали общепринятые и стандартные методы исследований:

- определение массовой доли жира в молоке проводилось согласно ГОСТ 5867-9;
- определение массовой доли белка в молоке проводилось по ГОСТ 25179-2014;
- определение кислотности проводилось по ГОСТ Р 54669-2011;
- определение плотности молока проводилось по ГОСТ 54758-2011;
- определение аминокислотного состава проводилось согласно методике М 04-74-2012 на приборе Капель 105М.

Результаты и обсуждение. Хозяйство СП «Донское» является крупным молочным предприятием. За время существования хозяйства в СП «Донское» значительно увеличилось количество коров. На 1 января 2023 года численность крупного рогатого скота хозяйства составила 9300 голов (из них около 3900 голов составляют фуражные коровы), что в 1,8 раз больше, чем в 2019, и в 4,5 раза больше, чем в 2014 году.

Реконструкция помещений и цехов, которая проводилась в последние годы, позволила создать современный молочный комплекс мощностью около 260 000 центнеров молока в год. Хозяйство специализируется на селекции коров голштинской породы, их выращивании и содержании. Хозяйство также самостоятельно обеспечивает себя собственными кормами. На комплексе функционирует роботизированная доильная установка *GEA* немецкого производителя *DairyProQ*.

ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» является крупным предприятием в Ставропольском крае по производству молока. Содержание коров в хозяйстве – беспривязное. На территории предприятия расположены три просторных корпуса, в каждом из которых можно разместить по 576 голов. Коровы размещаются в секциях, снабженных трехслойными полиуретановыми матами для отдыха животных. Каждая секция рассчитана на 71 голову одновременного содержания. Навозоудаление - гидросмыв с применением дельта-скрепера.

Ферма с проектной мощностью 1183 голов дойного стада (2931 общего поголовья). Одна из первых инновационных ферм в России. Оборудование фирмы DeLaval, рассчитано на одновременное доение 40 голов.

Изменение количества голов коров двух хозяйств за период с января по май 2022 года приведены на рисунке 1.

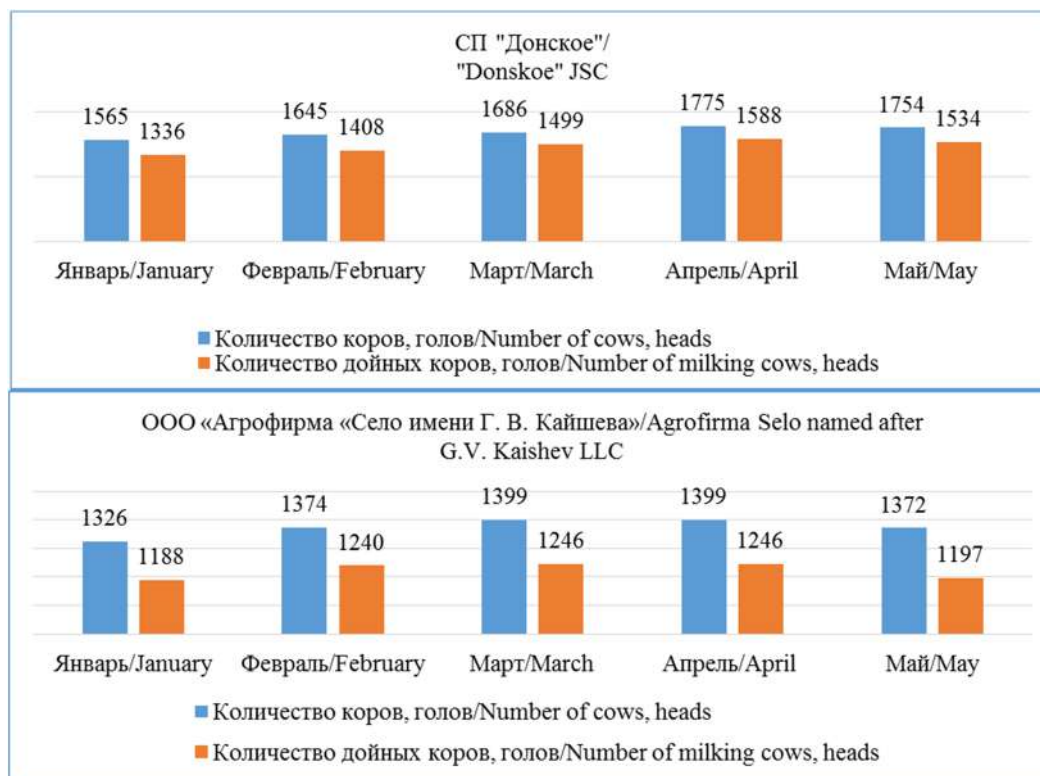


Рисунок 1 – Изменение общего количества коров и дойных коров за период с января по май 2022 года

Figure 1 - Change in the total number of cows and milking cows from January to May 2022

Сравнительные данные по продуктивности коров двух хозяйств за 2022 г. представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Продуктивность коров в сравниваемых хозяйствах за 2022 г.

Table 1 – Milk production in 2022

Показатель/ Indicator	ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» / agrofirm "Selo named after G.V. Kaishev" LLC	СП «Донское»/ "Donskoe" JSC
Надой на 1 корову, кг/ Milk yield per cow, kg	10415	11047

Среднесуточный удой на одну дойную корову хозяйств за период с января по май 2022 года изображен на рисунке 2.

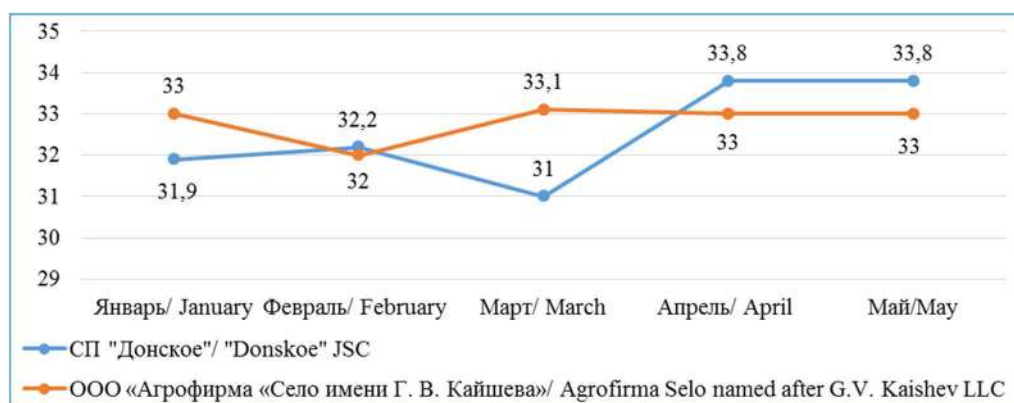


Рисунок 2 – Среднесуточные удои СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева»

Figure 2 - Average daily milk yield of "Donskoe" JSC and agrofirm "Selo named after G. V. Kayshev" LLC

Производство молока в хозяйствах оценивают по среднесуточному удою, а также по количеству удоев в разные периоды лактации. Для сравнительного анализа данные удоев по разным периодам лактации коров двух хозяйств изображены на рисунках 3 и 4.

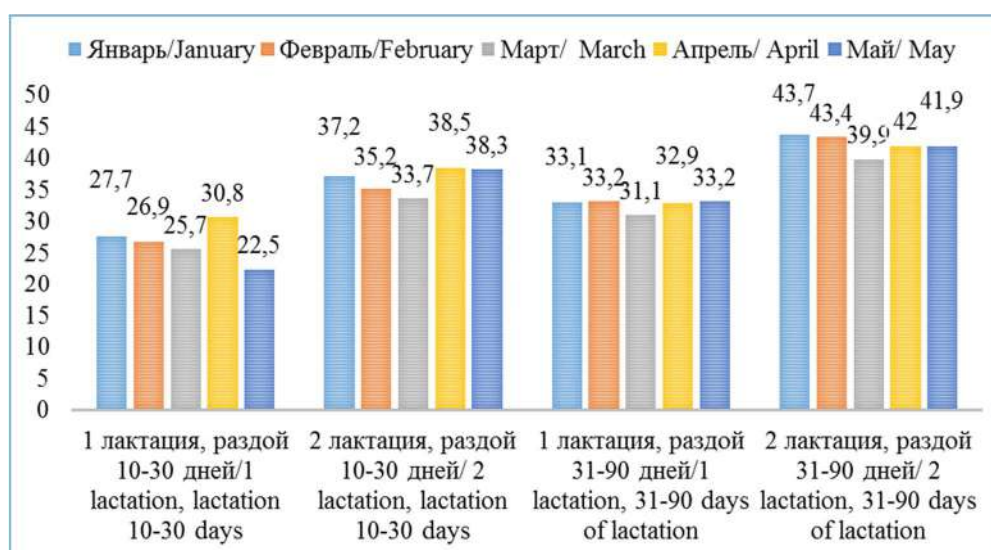


Рисунок 3 – Среднесуточные удои хозяйства СП «Донское» по периодам лактации

Figure 3 - Average daily milk yields of "Donskoe" JSC farm by lactation periods

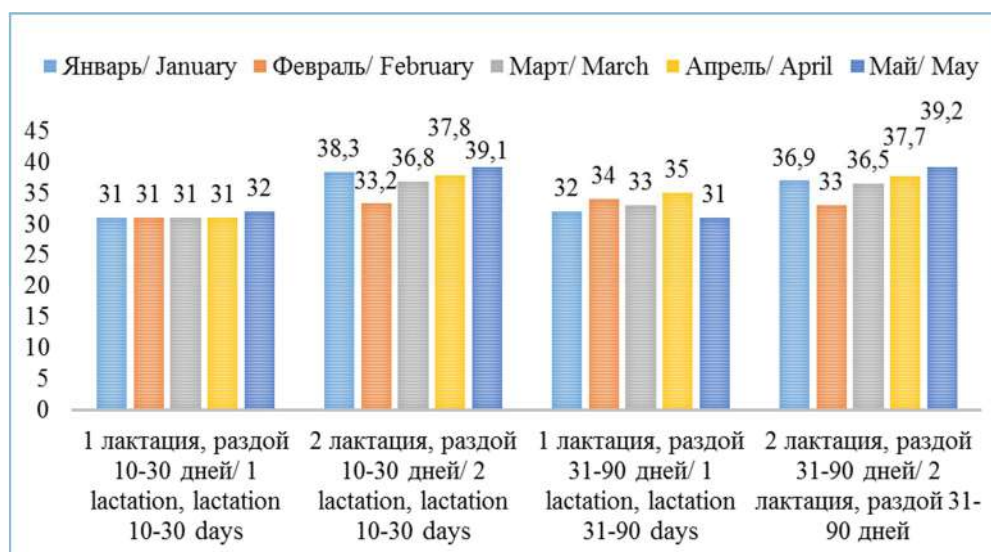


Рисунок 4 – Среднесуточные удои хозяйства ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» в разные периоды лактации

Figure 4 - Average daily milk yield of the farm agrofirm "Selo named after G. V. Kaishev" LLC in different periods of lactation

Важнейшими показателями качества молока являются содержание белка, жира, кислотность, плотность и температура замерзания. Данные качественных показателей молока двух хозяйств представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Средние значения физико-химических показателей молока коровьего хозяйств СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева»

Table 2 - Average values of physical and chemical indices of cow milk of farms "Donskoe" JSC and agrofirm "Selo named after G. V. Kayshev" LLC

Показатель / Indicator	Норма по ГОСТ 31449-2013 / Norm according to GOST 31449-2013	Среднее значение показателей молока СП «Донское» / The average value of indicators of milk "Donskoe" JSC	Среднее значение показателей молока ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» / Average value of milk indicators agrofirm "Selo named after G.V. Kaishev" LLC
Массовая доля жира, %, не менее / Mass fraction of fat, %, not less	2,8	3,84	3,91
Массовая доля белка, %, не менее / Mass fraction of protein, %, not less	2,8	3,32	3,35
Кислотность, °Т / Acidity, °T	От 16 до 21	17,1	16,9
Плотность, кг/м ³ , не менее / Density, kg/m ³ , not less	1027,0	1027,0	1027,0
Температура замерзания, °С, не выше минус / Freezing temperature, °C, not above degrees below	-0,52	-0,52	-0,52

Согласно полученным данным, можно сделать вывод, что показатели молока этих ферм соответствуют всем нормам ГОСТ. Использование данного молока позволит получить продукты высокого качества.

Важнейшим показателем качества молока является его аминокислотный состав. В питании человека аминокислоты играют важнейшую роль. Недостаточное количество или полное их отсутствие негативно влияет на обмен веществ, иммунный статус, функциональное состояние организма. Аминокислотный состав молока, полученного от коров хозяйств СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева», приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Аминокислотный состав молока, произведенного в СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева»

Table 3 – Amino acid composition of milk produced in JV Donskoe and Agrofirma Selo named after G.V. Kayshev LLC

Аминокислота/ Amino Acid	СП «Дон-ское»/ "Donskoe" JSC	ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» / agrofirma "Selo named after G.V. Kayshev" LLC
Валин, мг%/ Valine, mg%	174	188
Лейцин+Изолейцин, мг% / Leucine+Isoleucine, mg%	436	436
Лизин, мг%/ Lysine, mg%	237	231
Метионин, мг%/ Methionine, mg%	79	61
Треонин, мг%/ Threonine, mg%	139	114
Триптофан, мг%/ Tryptophan, mg%	46	48
Фенилаланин, мг%/ Phenylalanine, mg%	155	136
Аргинин, мг%/ Arginine, mg%	111	117
Аспарагиновая кислота, мг%/ Aspartic acid, mg%	198	187
Гистидин, мг%/ Histidine, mg%	82	64
Глицин, мг%/ Glycine, mg%	43	125
Пролин, мг%/ Proline, mg%	274	357
Серин, мг%/ Serine, mg%	169	144
Тирозин, мг%/ Tyrosine, mg%	167	143

СП «Донское» поставляет молоко на такие предприятия, как «Семикаракорский сыродельный комбинат» и ООО «Еланский сыродельный комбинат».

Молоко, произведенное в ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева», поступает в ООО «Пятигорский молочный комбинат», который, в свою очередь, изготавливает продукцию под брендом «Молочный родник». Предприятие выпускает продукцию, ассортимент которой составляет около 90 наименований.

В ходе исследования и анализа двух хозяйств было выявлено, что полученное молоко обладает высокими качественными характеристиками, а также удовлетворяет требованиям Технического регламента Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» и может использоваться для производства продуктов питания высокого качества.

Выводы. Для получения высокой молочной продуктивности и качества молока необходимы оптимальные условия кормления, доения и содержания животных. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что качественный состав молока, выработанного на предприятиях СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева», соответствует всем нормам ГОСТ, следовательно, может использоваться для изготовления качественных и безопасных продуктов.

Предприятия СП «Донское» и ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» имеют хорошо поставленную ветеринарную и зоотехническую работу со стадом, достаточный уровень кормления. За 2022 год предприятие СП «Донское» обеспечило получение удоев в количестве 11047 кг на одну корову, при этом среднее содержание жира и белка составило 3,84 % и 3,32 %. В ООО «Агрофирма «Село имени Г. В. Кайшева» продуктивность коров составляет 10415 кг молока на одну корову с содержанием жира 3,91 % и белка 3,35 %. Такая высокая продуктивность позволяет наращивать объемы получения молока, что является серьезным вкладом в решение проблемы продовольственной безопасности России.

Библиографический список

1. Анисимова Е. И., Сычева О. В. Сравнительный анализ признаков молочной продуктивности симментальского скота различной линейной принадлежности // Аграрная Россия. 2019. № 6. С. 34-37.
2. Борисов В. И., Тарасов В. В., Тувин О. Н. Доильные роботизированные системы боксового типа и опыт их применения // Сельский механизатор. 2020. № 3. С. 16-17.
3. Влияние стрессовой чувствительности коров на химический состав молока / А. И. Кузнецов, Н. П. Смолякова, И. А. Лыкасова, Ф. Г. Гизатуллина // АПК России. 2020. Т. 27. № 4. С. 696-705.
4. Гончарова Л. Н. Молочная продуктивность и воспроизводительная способность голштинизированных коров черно-пестрой породы в зависимости от линейного происхождения // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 4 (150). С. 91-95.
5. Гостица Е. Р., Козлова Н. Н., Улимбашев М. Б. Оценка молока коров разного генотипа по технологическим и качественным показателям // Аграрная Россия. 2018. № 6. С. 25-28.
6. Исследование качества молочного сырья, полученного в условиях роботизированного доения / Г. В. Федотова, Н. А. Ткаченко, А. А. Сложенкина, М. А. Чеканова // Аграрно-пищевые инновации. 2022. № 1 (17). С. 41-51.
7. Концептуальные технико-технологические решения роботизированной доильной установки с почасовым управлением процессом доения / В. В. Кирсанов, Л. П. Кормановский, Д. Ю. Павкин, Е. А. Никитин, В. Ю. Матвеев // Вестник НГИЭИ. 2018. № 3 (82). С. 62-73.
8. Опыт производства молока при использовании роботизированной доильной карусели GEA DAIRYPROQ / Н. И. Мосолова, М. А. Чеканова, И. Ф. Горлов, Н. А. Ткаченко, А. А. Сложенкина, Е. С. Воронцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 208-220.
9. Особенности молочной продуктивности коров на крупных предприятиях Волгоградской области / Н. И. Мосолова, Г. В. Федотова, М. И. Сложенкина, Е. С. Воронцова, И. Ф. Горлов, О. Ю. Гаврилова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 228-240.
10. Совершенствование технологии доения коров на комплексах с беспривязным содержанием / Ю. Я. Кравайнис, Р. С. Кравайне, А. А. Алексеев, В. С. Шкрабак, Р. В. Шкрабак // Аграрный научный журнал. 2017. № 7. С. 72-77.
11. Трухачев В. И., Молочников В. В., Сычева О. В. Тенденции развития перерабатывающих отраслей Ставропольского края // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 3. С. 4-6.
12. Федоренко В. Ф., Кирсанов В. В., Мишуров Н. П. Анализ различных вариантов применения доильных роботов в молочном животноводстве // Техника и оборудование для села. 2021. № 7 (289). С. 33-37.
13. Эйдис А. Л., Чутчева Ю. В. Концепция реформирования системы производства и переработки молока // Международный научный журнал. 2014. № 4. С. 50-54.
14. Kravchenko E., Serdyuchenko I. Improvement of innovative technologies in milk production // The Scientific Heritage. 2022. № 82-3 (82). P. 22-24.
15. Krovikova A. Impact of quality change on milk production. Prospects and key tendencies of science in contemporary world // Proceedings of XVIII International Multidisciplinary Conference. Madrid, 2022. P. 20-22.

Информация об авторах:

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (РФ, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442)39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0002-8683-8159. E-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), ORCID: 0000-0001-9542-5893. E-mail: niimmp@mail.ru

Мосолова Наталья Ивановна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0001-6559-6595. E-mail: niimmp@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-0730-853X. E-mail: esvoronts@mail.ru

Ткаченко Наталья Андреевна, аспирант, научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), ORCID: 0000-0002-2324-4222. E-mail: niimmp@mail.ru

Пузанкова Вера Александровна, аспирант ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37- 38-09) E-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-40

HEMATOLOGICAL INDICATORS OF BROILER CHICKENS USING PROBIOTICS

S. S. Aleksandrova, S. V. Loginov, A. A. Sadvokasova

Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals – the branch of the Federal State Budget Institution of Science of the Federal Research Center of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen

Received 03.10.2022

Submitted 25.01.2023

Abstract

Introduction. Research on the use of probiotics in the diets of broiler chickens was carried out for the first time in the laboratory conditions of the Northern Trans-Urals. **Materials and methods.** In the studies, chickens of the Cobb 500 cross were used. The main period of the experiment began when the birds reached an average live weight of 365 g at the age of 14 days. According to the research scheme, the control group of chickens received a complete industrial feed and clean water. Chickens of the 1st experimental group received a complete industrial compound feed, Vetom 2 preparation with water, 50 mg/1 kg of chicken weight. II experimental group of chickens received the same feed with Lactobifadol in the amount of 0.2 g per 1 kg of bird weight. **Results and conclusions.** The study of blood and its serum at the end of the experimental period of the experiment showed that there were no significant differences in the main indicators. The number of leukocytes in the blood of chickens in the control group was $1.94 \times 10^9/L$ less than in the II experimental group and close to the reference values ($20-40 \times 10^9/L$), in chickens of the I experimental group it was within the physiological norm. The number of erythrocytes in the blood of chickens of all groups was slightly below the norm ($3-4 \times 10^{12}/L$). At the same time, hemoglobin in the blood of chickens of the II experimental group was higher by 15.7 g/L than in the control group and was within the normal range (80-125 g/L). The hematocrit index in chickens of the experimental groups was at the lower limit of the norm. Moreover, in chickens of the I experimental group - below the minimum value (37%) by 1.25%, and in the control group - below by 2.67%. In chickens of the II experimental group - higher by 2.05%.

Key words: probiotics, broiler chickens, Vetom, Lactobifadol, hematological parameters.

Citation. Aleksandrova S. S., Loginov S. V., Sadvokasova A. A. Hematological indicators of broiler chicks when using probiotics. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 368-373 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-40.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, execution and analysis of this study. All authors of this article reviewed the submitted final version and approved it.

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

УДК 636.087.52

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРОБИОТИКОВ

С. С. Александрова, кандидат сельскохозяйственных наук

С. В. Логинов, кандидат сельскохозяйственных наук

А. А. Садвокасова, младший научный сотрудник

НИИСХ Северного Зауралья филиал ТюмНЦ СО РАН, г. Тюмень

Дата поступления в редакцию 03.10.2022

Дата принятия к печати 25.01.2023

Актуальность. Исследования по использованию пробиотиков в рационах цыплят бройлеров впервые проведены в лабораторных условиях Северного Зауралья. **Материалы и методы.** В исследованиях использовались цыплята кросса «Кобб 500». Основной период опыта начался по достижении птицей средней живой массы 365 г в возрасте 14 дней. Согласно схеме исследований, контрольная группа цыплят получала полнорационный комбикорм промышленного производства и чистую воду. Цыплята I опытной группы получали тот же комбикорм, а с водой – препарат Ветом-2 по 50 мг/1 кг живой массы цыпленка. II опытная группа цыплят получала тот же корм с Лактобифадолом в количестве 0,2 г на 1 кг массы птицы. **Результаты и выводы.** Исследование крови и ее сыворотки в конце опытного периода показало, что достоверных различий по основным показателям не выявлено. Количество лейкоцитов в крови цыплят в норме составляет $20-40 \times 10^9/\text{л}$, у цыплят I опытной группы этот показатель был в этих пределах, II опытной группы больше, чем в контроле, на $1,94 \times 10^9/\text{л}$. Количество эритроцитов в крови цыплят контрольной группы было на $0,15 \times 10^{12}/\text{л}$ ниже нормы ($2,5-4,5 \times 10^{12}/\text{л}$), у цыплят обеих опытных групп – в пределах нормы. Гемоглобин у цыплят II опытной группы был выше на 15,7 g/L, чем в контроле и находился в пределах нормы (80-125 g/L). Показатель гематокрита у цыплят подопытных групп в норме. Причем у цыплят I опытной группы – ниже минимального значения (37 %) на 1,25 %, а контрольной группы – ниже на 2,67 %. У цыплят II опытной группы – выше на 2,05 %.

Ключевые слова: пробиотики, цыплята-бройлеры, Ветом, Лактобифадол, гематологические показатели цыплят-бройлеров.

Цитирование. Александрова С. С., Логинов С. В., Садвокасова А. А. Гематологические показатели цыплят-бройлеров при использовании пробиотиков. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 368-373. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время в мире вырос интерес к пробиотическим препаратам, содержащим живые микробы – симбиоты кишечного тракта, которые оказывают положительное влияние на иммунный статус животных и птицы, угнетают условно-патогенную микрофлору, улучшают ферментативную активность пищеварительной системы, помогают снизить антибактериальную нагрузку при заболеваниях животных [3, 4, 7, 9]. Механизм действия пробиотиков направлен на антагонизм с условно-патогенной и патогенной микрофлорой, благодаря чему они вытесняют вредоносных микробов из микробного сообщества [2, 8]. Поэтому пробиотики широко используются для лечения и профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта. Доказана безопасность их применения для продуктивных животных [1, 12].

Буквально слово «пробиотик» означает «продолжающий жизнь» или «промотор жизни» [3]. Пробиотики – препараты, которые содержат живые микроорганизмы [10] или мертвые микроорганизмы, их структурные компоненты и продукты их метаболизма, относящиеся к нормальной флоре кишечного тракта, оказывающие позитивное действие на функционирование микрофлоры организма хозяина [5, 6, 10, 11]. Микроорганизмы, входящие в состав пробиотиков, непатогенны, нетоксичны, хорошо хранятся.

Целью данных исследований являлось изучение гематологических показателей цыплят-бройлеров при использовании пробиотиков.

Материалы и методы. Исследования проведены в лабораторных условиях Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья. Использовались цыплята кросса «Кобб 500». Основной период опыта начался по достижении птицей средней живой массы 365 г в возрасте 14 дней.

Согласно схеме исследований, контрольная группа цыплят получала полнорационный комбикорм промышленного производства и чистую воду. Цыплята I опытной группы получали тот же комбикорм, а с водой – препарат Ветом-2 по 50 мг/1 кг живой массы цыпленка. II опытная группа цыплят получала тот же корм с Лактобифадолом в количестве 0, 2 г на 1 кг массы птицы.

Ветом-2 – порошок для орального применения белого цвета, мелкодисперсный, без запаха, растворимый в воде, с образованием осадка белого цвета. Сухая биомасса живых спорообразующих *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10642 (DSM 24614) и *Bacillus amyloliquefaciens* штамм ВКПМ В-10643 (DSM 24615). Производитель: НПФ Исследовательский центр ООО (Россия).

Лактобифадол – сухая смесь молочнокислых бактерий *Lactobacillus acidophilus* и бифидобактерий *Bifidobacterium adolescentis*.

Результаты и обсуждение. Кровь обеспечивает питание тканей организма всеми питательными веществами, кислородом и выводит продукты жизнедеятельности клеток и углекислый газ.

Состав крови отражает характер биохимических процессов, протекающих в организме, и отражает колебания внешней среды. Состав крови служит показателем реакции организма при взаимодействии его со средой обитания. Характеризует его иммунный статус.

В начале и конце опытного периода опыта были проведены исследования по изучению гематологического состава у цыплят-бройлеров, которые представлены в таблицах 1-4.

В таблицах 1, 3 приведены данные по исследованию крови и ее сыворотки в начале опытного периода. В таблицах 2, 4 – в конце опытного периода.

Таблица 1 – Результаты биохимического исследования проб крови цыплят-бройлеров в начале учетного периода опыта

Table 1 - The results of a biochemical study of blood samples of broiler chickens at the beginning of the accounting period of the experiment

Показатель	Ед. изм.	Контроль- ная группа	I опытная группа	II опытная группа
		M±m		
Глюкоза	ммоль/л	14,76±0,13	14,30±0,70	14,42±0,13
Аспаратаминотранс-фераза (АСТ)	Ед/л	220,17±4,55	205,80±8,98	242,13±16,94
Аланинаминотранс-фераза (АЛТ)	Ед/л	5,70±2,45	6,73±1,59	5,73±1,99
Кальций общий	ммоль/л	2,85±0,04	2,87±0,06	2,72±0,06
Неорганический фосфор	ммоль/л	2,39±0,12	2,47±0,10	2,39±0,18

Таблица 2 – Результаты биохимического исследования проб крови цыплят-бройлеров
в конце учетного периода опыта

Table 2 - Results of the biochemical study of blood samples of broiler chickens
at the end of the accounting period of the experiment

Показатель	Ед. изм.	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
		M±m		
Глюкоза	ммоль/л	14,87±0,85	14,50±0,40	14,42±0,24
Аспартатамино- трансфераза (АСТ)	/л	483,83±82,06	425,93±124,80	534,48±89,21
Аланинаминотранс- фераза (АЛТ)	Ед/л	2,48±0,41	2,73±0,66	2,18±0,75
Кальций общий	ммоль/л	2,58±0,03	2,62±0,00	2,59±0,00
Неорганический фосфор	ммоль/л	2,34±0,01	2,13±0,08	2,21±0,05

По данным таблиц 1 и 2, уровень аспартатаминотрансферазы (АСТ) в конце опытного периода увеличился у всех цыплят в два раза по сравнению с началом опытного периода. При этом количество аланинаминотрансферазы (АЛТ), наоборот, уменьшилось вдвое. По остальным показателям существенных различий не наблюдалось.

Таблица 3 – Результаты исследования красной крови цыплят-бройлеров
в начале учетного периода опыта

Table 3 – The results of the study of the red blood of broiler chickens
at the beginning of the accounting period of the experiment

Показатель	Ед. изм.	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
		M±m		
WBC (лейкоциты)	10 ⁹ /L	11,08±1,18	18,13±3,60	19,83±4,59
RBC (концентрация эритроцитов)	10 ¹² /L	2,24±0,13	2,11±0,19	2,04±0,15
HGB (гемоглобин)	g/L	109,00±4,62	102,33±7,31	108,00±0,58
HCT гематокрит	%	38,63±1,37	36,37±3,06	34,20±2,83
PLT - Тромбоциты	10 ⁹ /L	24,43±2,74	19,97±4,57	25,17±6,76
СОЭ	мм/час	3,67±0,33	4,0±1,15	5,67±1,20
Базофилы	%	0,67±1,20	1,33±0,33	1,67±1,20
Псевдоэозинофилы	%	24,33±4,70	19,67±3,33	13,67±3,84
Эозинофилы;	%	1,67±4,70	6,33±2,35	3,67±1,45
Лимфоциты;	%	68,67±0,33	67,67±1,45	76,00±1,73
Моноциты;	%	4,67±5,93	5,0±1,00	4,00±0,58

Из данных таблиц 1, 3 следует, что достоверных различий по основным показателям крови и ее сыворотки между группами до воздействия препаратов не выявлено.

Исследование крови и ее сыворотки в конце опытного периода (таблицы 2 и 4) показало, что достоверных различий по основным показателям не выявлено. Количество лейкоцитов в крови цыплят в норме составляет 20-40 x 10⁹/L, у цыплят I опытной группы этот показатель был в этих пределах, II опытной группы больше, чем в контроле, на 1,94 x 10⁹/L. Количество эритроцитов в крови цыплят контрольной группы было на 0,15 x 10¹²/L ниже нормы (2,5-4,5 x 10¹²/L), у цыплят обеих опытных групп – в пределах нормы. Гемоглобин у цыплят II опытной группы был выше на 15,7 g/L, чем в

контроле, и находился в пределах нормы (80-125 g/L). Показатель гематокрита у цыплят подопытных групп в норме. Причем у цыплят I опытной группы – ниже минимального значения (37 %) на 1,25 %, а контрольной группы – ниже на 2,67 %. У цыплят II опытной группы – выше на 2,05 %. Статистически достоверных различий в данных таблицы 4 не обнаружено.

Таблица 4 – Результаты исследования красной крови цыплят-бройлеров в конце учетного периода опыта

Table 4 – The results of the study of red blood of broiler chickens at the end of the accounting period of the experiment

Показатель	Ед. изм.	Контрольная группа	I опытная группа	II опытная группа
		M±m		
WBC (лейкоциты)	10 ⁹ /L	19,11±12,38	19,60±3,08	21,05±2,56
RBC (концентрация эритроцитов)	10 ¹² /L	2,42±0,20	2,57±0,08	2,80±0,07
HGB (гемоглобин)	g/L	110,00±8,16	114,75±3,41	125,75±4,53
HCT гематокрит	%	34,33±3,56	35,75±1,30	39,05±1,72
PLT - Тромбоциты	10 ⁹ /L	19,98±4,26	15,50±5,18	12,61±1,07
СОЭ	мм/час	5,00±1,41	3,50±0,58	3,00±0,82
Базофилы	%	4,50±1,11	5,67±0,88	5,50±2,13
Псевдоэозинофилы	%	44,50±5,47	48,25±4,72	48,50±1,11
Эозинофилы;	%	1,00±0,00	1,00 ±0,00	2,00 ±0,00
Лимфоциты;	%	44,50±6,01	35,50±1,91	38,00±3,23
Моноциты;	%	5,50±0,75	9,00±3,06	6,25±0,87
Сегментоядерные нейтрофилы	%	1,00±0,00	2,67±0,88	1,00±0,00

Выводы. Исследование крови и ее сыворотки в конце опытного периода показало, что достоверных различий по основным показателям не выявлено. Уровень аспаратаминотрансферазы (АСТ) в конце опытного периода значительно увеличился у всех цыплят по сравнению с началом опытного периода. Очевидно, это связано с тем, что цыплята-бройлеры имеют очень высокую скорость роста, обуславливающую максимальную нагрузку на органы пищеварения, в частности печень. Так как аспаратаминотрансфераза у птиц является маркером функции печени, по ее уровню можно судить о повреждениях мышечной и сердечной тканей.

Библиографический список

1. Аспекты создания консорциума микроорганизмов, обладающего особенностями пробиотика, для коррекции дисбиотических нарушений / Л. В. Римарева, Г. С. Волкова, Е. В. Кукова, А. Ю. Кривова // Хранение и переработка сельхозсырья. 2017. № 1. С. 39-44.
2. Использование иммуномодуляторов в бройлерном птицеводстве: монография / А. П. Дуктов, П. А. Краско, Н. А. Садовов, А. А. Бахарев [и др.]. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья. 2021. 354 с.
3. Самигулина С. И. Фармакологические аспекты применения ветеринарных иммуностимулирующих препаратов // Молодежь и наука. 2019. № 2. С. 35.
4. Сидоренко М. Л., Русакова Д. А. Разнообразие психрофильных бактерий и их биотехнологический потенциал (обзор) // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2022. № 58. С. 28-54.
5. Сохранение производственных показателей у цыплят-бройлеров в условиях теплового стресса / Г. Ю. Бабин, Т. В. Полуночкина, С. Г. Дорофеева, С. С. Александрова, А. В. Мифтахутдинов // Аграрная наука. 2022. № 1. С. 19-23.

6. Характеристика продуктивных и гематологических показателей цыплят-бройлеров при использовании в их выращивании разных антимикробных веществ / С. С. Александрова, А. А. Бахарева, О. А. Симонов, Е. П. Ренев [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2020. № 5. С. 25-44.

7. Щепеткина С. В., Ришко О. А. Технология ввода пробиотиков в технологический цикл птицеводческих предприятий // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2017. № 4 (6). С. 49-57.

8. Щепеткина С. В., Ришко О. А. Целесообразность применения пробиотиков у разных видов животных // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 4 (16). С. 2003-2012.

9. Allelic variation of marker genes of hereditary diseases and economically important traits in dairy breeding cattle population / A. G. Koshchayev, I. V. Shchukina, A. V. Garkovenko, E. V. Ilitskaya, V. V. Radchenko, A. A. Bakharev, L. A. Khrabrova // Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. No 10 (6). P. 1566-1572.

10. Kannan G. Elevated plasma corticosterone concentrations influence the onset of rigor mortis and meat color in broilers // Poultry Sci. 2018. Vol. 77. P. 322-326.

11. Novikov Y. M., Shevchenko A. I. Cryptic species of anopheles messeae sensu lato (dipter: culicidae), their identification, features, and nomenclature // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2020. № 51. С. 69-85.

12. Silver in the meat and organs of broiler chickens in case of using colloidal silver as an alternative to antibiotics / S. Aleksandrova, O. Simonov [et al.] // BioMetals. 2018. No 31 (6). P. 975-980.

Информация об авторах

Александрова Светлана Сергеевна, научный сотрудник отдела животноводства НИИСХ СЗ филиал ТюмНЦ СО РАН (Россия, 625501, Тюменский р-н, п. Московский, ул. Бурлаки, 2); кандидат сельскохозяйственных наук; ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6436-4124>; E-mail: aleksandrova977@mail.ru

Логинов Сергей Вадимович, научный сотрудник отдела животноводства НИИСХ СЗ филиал ТюмНЦ СО РАН (Россия, 625501, Тюменский р-н, п. Московский, ул. Бурлаки, 2); кандидат сельскохозяйственных наук.

Садвокасова Айман Ашимовна, младший научный сотрудник отдела животноводства НИИСХ СЗ филиал ТюмНЦ СО РАН (Россия, 625501, Тюменский р-н, п. Московский, ул. Бурлаки, 2).

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-41

RELATIONSHIP OF BLOOD ANTIGENIC COMPOSITION WITH PRODUCTIVE LONGEVITY OF RED-MOTLEY COWS

L. V. Efimova

*Krasnoyarsk Scientific Research Institute of Agriculture –
Separate Division of FRC KSC SB RAS, Krasnoyarsk*

Received 16.12.2022

Submitted 09.03.2023

This work was financially supported by the Ministry of Science and Higher Education of Russia, state registration number R&D: 122031400484-7.

Summary

The article presents the results of studies on the influence of immunogenetic factors on the productive longevity of Red-Mothley cows. It was found that cows carrying the O₁ antigen had a higher lifelong milk yield, cows carrying the I₁ and O₁ antigens had a later age of retirement from the herd. The results of the research can be applied in breeding work with red-and-white cattle.

Abstract

Introduction. The improvement of dairy cattle in our country and abroad was carried out using Holstein bulls. This contributed to a significant increase in cow's milk productivity, and a decrease of the productive use period. As a result of more than 40 years of Holsteinization of cattle of various breeds, the productive use age of cows has decreased to 3.5 calving. According to some authors, immunogenetic factors have an

impact on the productive longevity of fusion cows. **The purpose of the research:** to study the influence of immunogenetic factors on the productive longevity of Red-Motley cows. **Materials and methods.** Scientific research was carried out at the JSC "Arefyevskoye" of the Kansk region of the Krasnoyarsk Territory. The object of the research was Red-Motley cows that left the herd in 2008-2021 (n=1157). Cows were divided into 3 groups according to the level of lifetime milk yield: less than 15 thousand kg (n=388), 15-27 thousand kg (n=386) and more than 27 thousand kg (n=383). A comparative analysis of the frequencies of antigens and alleles between groups were conducted. When a significant difference in the frequency of an antigen or allele was found between the group with the minimum and the group with the maximum level of lifelong milk yield, the indicators of their productive longevity were studied. **Results and conclusions.** It was found that in cows with a lifetime milk yield of 27 thousand kg and more often than in cows with a lifetime milk yield of less than 15 thousand kg, there were cows carrying antigens G₁ (by 2.9%), I₁ (by 7.7 %), O₁ (by 8.1%). The proportion of cows carrying the O₁ antigen consistently increased from the minimum lifetime milk yield to the average and high. The value of lifetime milk yield was 1922.3 kg more in cows with O₁ antigen than in cows without antigen. Cows carrying I₁ and O₁ antigens, compared with non-carriers of antigens, had an age of retirement by 0.4 years more, the period of economic use was more than 4.5 and 4.8 months, respectively. Thus, the results of the studies confirm the likelihood of a connection between antigenic factors and the productive longevity of Red-Motley cows.

Keywords: *productive longevity, lifetime milk yield, retirement age, cow, antigen, allele, Red-Motley.*

Citation. Efimova L. V. Relationship of blood antigenic composition with productive longevity of red-motley cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 373-382 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-41.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study. The author of this article has read and approved the submitted final version.

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

УДК 636.2.082.12

СВЯЗЬ АНТИГЕННОГО СОСТАВА КРОВИ С ПРОДУКТИВНЫМ ДОЛГОЛЕТИЕМ КОРОВ КРАСНО-ПЁСТРОЙ ПОРОДЫ

Л. В. Ефимова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

*Красноярский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –
обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, г. Красноярск*

Дата поступления в редакцию 16.12.2022

Дата принятия к печати 09.03.2023

**Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки
и высшего образования России, номер государственного учёта НИОКТР: 122031400484-7.**

Актуальность. Совершенствование крупного рогатого скота молочных пород в нашей стране и за рубежом проводилось с использованием быков-производителей голштинской породы. Это способствовало значительному росту молочной продуктивности коров и, одновременно с этим, снижению срока их продуктивного использования. В результате более 40-летней голштинизации крупного рогатого скота разных пород срок выбытия коров продуктивного использования коров сократился до 3,5 отёлов. По данным ряда авторов, на продуктивное долголетие коров влияние оказывают иммуногенетические факторы. **Цель исследований** – изучить влияние иммуногенетических факторов на продуктивное долголетие коров красно-пёстрой породы. **Материалы и методы.** Научные исследования проведены в АО «Арефьевское» Канского района Красноярского края. Объектом исследований были коровы красно-пёстрой породы, выбывшие из стада в 2008-2021 годах (n=1157). Коровы были распределены на 3 группы по уровню пожизненного удоя: меньше 15 тыс. кг (n=388), 15-27 тыс. кг (n=386) и более 27 тыс. кг (n=383). Проводили сравнительный анализ частот антигенов и аллелей между группами. При выявлении достоверной разницы по частоте антигена или аллели между группой с минимальным и группой с максимальным уровнем пожизнен-

ного удоя, изучали показатели их продуктивного долголетия. **Результаты и выводы.** Установлено, что у коров с величиной пожизненного удоя 27 тыс. кг и более чаще, чем у коров с величиной пожизненного удоя менее 15 тыс. кг, встречались коровы-носители антигенов G₁ (на 2,9 %), I₁ (на 7,7 %), O₁ (на 8,1 %). Доля коров-носителей антигена O₁ последовательно увеличивалась от минимального пожизненного удоя к среднему и высокому. Величина пожизненного удоя была больше у коров, имеющих антиген O₁, на 1922,3 кг, чем у коров, не имеющих антиген. Коровы-носители антигенов I₁ и O₁, по сравнению с неносителями антигенов, имели возраст выбытия больше на 0,4 года, период хозяйственного использования – больше 4,5 и 4,8 месяца соответственно. Таким образом, результаты исследований подтверждают вероятность наличия связи антигенных факторов с продуктивным долголетием коров красно-пёстрой породы.

Ключевые слова: продуктивное долголетие коров, возраст выбытия коров, антигенный состав крови коров, красно-пёстрая порода коров.

Цитирование. Ефимова Л. В. Связь антигенного состава крови с продуктивным долголетием коров красно-пёстрой породы. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 373-382. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-41.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе полученных результатов. Автор настоящей статьи ознакомился с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из актуальных направлений в молочном скотоводстве в настоящее время является повышение срока продуктивного использования коров. Использование голштинской породы для совершенствования молочных стад в России и других странах мира на протяжении 40 лет и более привело не только к значительному увеличению молочной продуктивности, но и к снижению срока продуктивного использования коров. Так, по данным российских и зарубежных исследователей, срок выбытия коров в настоящее время в среднем составляет 5,5 лет, продуктивного использования – 3,0-3,5 отёлов [3, 6, 9-12]. Вместе с тем возраст получения наивысшей молочной продуктивности приходится на 4-6 лактацию [5]. В связи с этим значительная часть коров не доживает до возраста реализации максимальной продуктивности, не успевая окупить затраты на их выращивание.

Повышения продуктивного долголетия коров можно добиться не только путём создания для животных оптимальных условий кормления и содержания, но и при использовании генетических приёмов. По данным ряда авторов, на показатели продуктивного долголетия коров разных молочных пород значительное влияние могут оказывать генетические факторы (включая иммуногенетические), такие как кровность по голштинской породе [7, 8], линейная принадлежность [2], группа крови [4], степень генетического сходства коров с их родителями [1].

Для Красноярского края представляет интерес проведение исследований на коровах красно-пёстрой породы, которая составляет около 84,7% от поголовья крупного рогатого скота молочного типа в регионе.

Целью являлось изучение влияния иммуногенетических факторов на продуктивное долголетие коров красно-пёстрой породы.

Материалы и методы. Научные исследования проведены в АО «Арефьевское» Канского района Красноярского края. Объектом исследований были коровы красно-пёстрой породы, выбывшие из стада в 2008-2021 годах.

По материалам первичного племенного учёта хозяйства с использованием программы «Селэкс» составлена база данных коров (n=1157), включающая сведения об их продуктивном долголетии, молочной продуктивности и группах крови. Далее коровы были распределены на группы по уровню пожизненного удоя (ПУ) – меньше 15 тыс. кг (n=388), 15-27 тыс. кг (n=386) и более 27 тыс. кг (n=383).

Частоты антигенов устанавливали по отношению численности коров-носителей антигена к общей численности коров в выборке. При выявлении достоверной разницы по частоте антигена или аллели между группой с уровнем пожизненного удоя до 15 тыс. кг молока и более 27 тыс. кг молока проводился сравнительный анализ продуктивных показателей у носителей и неносителей этих антигенов и аллелей.

При проведении биометрической обработки опытных данных использовали руководства Н. А. Плохинского (1961 г.), Г. Ф. Лакина (1973), Л. А. Васильевой (2007) и программы для ЭВМ «Анализ иммуногенетических данных крупного рогатого скота» (№ 2022660011, 2022) и «Биометрический анализ количественных признаков в зоотехнии» (№ 2021619580, 2021). Разницу между группами животных считали достоверной при $P \geq 0,95$. Расчёт достоверности разницы между группами по количественным и качественным признакам осуществлялся с учётом равномерности численности групп ($n_1 \neq n_2$ или $n_1 \neq n_2$). При расчёте частот антигенов учитывали величину доли: при $p \leq 0,25$ и $p \geq 0,75$ применяли преобразование Фишера (метод ϕ), при $p=0$ применяли преобразование Ван-дер-Вардена.

Результаты и обсуждение. В результате анализа иммуногенетических данных коров ($n=1157$) хозяйства установлено, что всего у коров в группах крови встречалось 78 антигенов с частотой от 0,1 до 92,7 % и 18 аллелей – с частотой от 0,2 до 22,6 %. Наиболее часто ($p \geq 50,0$) в хозяйстве встречались коровы-носители антигенов: A_2 ($60,7 \pm 1,44$), C_2 ($58,3 \pm 1,45$), E ($68,7 \pm 1,36$), X_2 ($60,2 \pm 1,44$), W ($53,8 \pm 1,47$), F ($92,7 \pm 0,76$), H ($77,8 \pm 1,22$), Z ($58,1 \pm 1,45$). С частотой более 40,0 % встречались коровы, имеющие следующие антигены: B_2 ($49,6 \pm 1,47$), O_3 ($42,9 \pm 1,46$), Y_2 ($42,8 \pm 1,45$), A'_2 ($48,6 \pm 1,47$), E'_3 ($49,4 \pm 1,47$), Q' ($47,9 \pm 1,47$), R_2 ($45,4 \pm 1,46$), L' ($42,8 \pm 1,45$), V ($44,4 \pm 1,46$), L ($49,4 \pm 1,47$), S_1 ($41,1 \pm 1,45$).

Расчёт частот антигенов у коров с разным уровнем пожизненного удоя (ПУ) показал, что у коров с ПУ <15 тыс. кг всего встречалось 69 антигенов и 17 аллелей с частотой от 0,3 до 92,0 % и от 0,3 до 26,5 % соответственно, у коров с ПУ 15-27 тыс. кг – 70 антигенов и 14 аллелей с частотой от 0,3 до 94,0 % и от 0,3 до 20,5 %, у коров с ПУ >27 тыс. кг – 72 антигена и 16 аллелей с частотой от 0,3 до 22,2 %.

В таблице 1 приведены антигены, в таблице 2 – аллели, которые встречаются в выборках с частотой не менее 3 случаев у одной из групп (сформированных по уровню удоя).

Таблица 1 – Частоты антигенов у коров с разным уровнем пожизненного удоя

Table 1 – Frequencies of antigens in cows with different levels of lifetime milk yield

Система	Антиген, аллель	ПУ <15 тыс. кг (n=388)		ПУ 15-27 тыс. кг (n=386)		ПУ >27 тыс. кг (n=383)	
		n_1	$p_1 \pm m_{p1} (\%)$	n_2	$p_2 \pm m_{p2} (\%)$	n_3	$p_3 \pm m_{p3} (\%)$
1	2	3	4	5	6	7	8
A	A_1	98	$25,3 \pm 2,21$	103	$26,7 \pm 2,25$	107	$27,9 \pm 2,29$
A	A_2	250	$64,4 \pm 2,43^{** (3)}$	254	$65,8 \pm 2,41^{*** (3)}$	198	$51,7 \pm 2,55$
A	Z'	2	$0,5 \pm 0,36$	2	$0,5 \pm 0,36$	5	$1,3 \pm 0,58$
B	B_2	223	$57,5 \pm 2,51^{* (2), ** (3)}$	191	$49,5 \pm 2,54^{* (3)}$	160	$41,8 \pm 2,52$
B	G_1	5	$1,3 \pm 0,58$	12	$3,1 \pm 0,88$	16	$4,2 \pm 1,02^{* (1)}$
B	G_2	124	$32,0 \pm 2,37^{* (3)}$	116	$30,1 \pm 2,33^{* (3)}$	98	$25,6 \pm 2,23$
B	G_3	145	$37,4 \pm 2,46$	137	$35,5 \pm 2,44$	142	$37,1 \pm 2,47$
B	I_1	33	$8,5 \pm 1,42$	66	$17,1 \pm 1,92^{*** (1)}$	62	$16,2 \pm 1,88^{** (1)}$
B	I_2	146	$37,6 \pm 2,46^{* (3)}$	134	$34,7 \pm 2,42$	124	$32,4 \pm 2,39$
B	K	1	$0,3 \pm 0,28$	5	$1,3 \pm 0,58$	6	$1,6 \pm 0,64^{* (1)}$
B	O_1	81	$20,9 \pm 2,06$	83	$21,5 \pm 2,09$	111	$29,0 \pm 2,32^{* (1), * (2)}$

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (69), 2023

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
B	O ₂	76	19,6±2,02	74	19,2±2	85	22,2±2,12
B	O ₃	190	49,0±2,54 ^{***⁽³⁾}	168	43,5±2,52 ^{**⁽³⁾}	138	36,0±2,45
B	O ₄	17	4,4±1,04	18	4,7±1,08	12	3,1±0,89
B	P ₂	84	21,6±2,09	75	19,4±2,01	87	22,7±2,14
B	Q	37	9,5±1,49	41	10,6±1,57	35	9,1±1,47
B	T ₁	45	11,6±1,63	52	13,5±1,74	45	11,7±1,64
B	T ₂	146	37,6±2,46 ^{**⁽²⁾} ;*** ⁽³⁾	118	30,6±2,35 ^{*⁽³⁾}	92	24,0±2,18
B	Y ₁	37	9,5±1,49	47	12,2±1,67	39	10,2±1,55
B	Y ₂	181	46,6±2,53 ^{**⁽³⁾}	170	44,0±2,53 ^{*⁽³⁾}	144	37,6±2,48
B	A ₁	44	11,3±1,61	52	13,5±1,74	53	13,8±1,76
B	A ₂	189	48,7±2,54	202	52,3±2,54 ^{*⁽³⁾}	171	44,6±2,54
B	A ₃	5	1,3±0,58	7	1,8±0,68	12	3,1±0,89
B	B ₁	149	38,4±2,47 ^{***^(2,3)}	112	29,0±2,31	102	26,6±2,26
B	D ₁	131	33,8±2,4 ^{*⁽²⁾} ;*** ⁽³⁾	110	28,5±2,3	90	23,5±2,17
B	E ₂	65	16,8±1,90	75	19,4±2,01	63	16,4±1,89
B	E ₃	200	51,5±2,54 ^{*⁽³⁾}	206	53,4±2,54 ^{**⁽³⁾}	165	43,1±2,53
B	G ₁	126	32,5±2,38 ^{**⁽³⁾}	114	29,5±2,32 ^{*⁽³⁾}	89	23,2±2,16
B	G ₂	170	43,8±2,52 ^{*⁽²⁾} ;*** ⁽³⁾	143	37,0±2,46	133	34,7±2,43
B	I ₁	124	32,0±2,37	109	28,2±2,29	117	30,5±2,35
B	J ₂	137	35,3±2,43 ^{***⁽²⁾} ;*** ⁽³⁾	99	25,6±2,22	95	24,8±2,21
B	K ₁	6	1,5±0,62	3	0,8±0,45	1	0,3±0,28
B	O ₁	157	40,5±2,49 ^{***⁽³⁾}	149	38,6±2,48 ^{**⁽³⁾}	120	31,3±2,37
B	P ₁	3	0,8±0,45	2	0,5±0,36	5	1,3±0,58
B	P ₂	109	28,1±2,28 ^{***^(2,3)}	61	15,8±1,86	55	14,4±1,79
B	G ₂	5	1,3±0,58	2	0,5±0,36	1	0,3±0,28
B	G ₂	5	1,3±0,58	2	0,5±0,36	1	0,3±0,28
B	Q ₁	206	53,1±2,53 ^{*^(2,3)}	177	45,9±2,54	171	44,6±2,54
B	Y ₁	138	35,6±2,43 ^{*⁽²⁾} ;*** ⁽³⁾	119	30,8±2,35	108	28,2±2,30
B	B ₂	31	8,0±1,38	29	7,5±1,34	35	9,1±1,47
C	C ₁	63	16,2±1,87	72	18,7±1,98	67	17,5±1,94
C	C ₂	233	60,1±2,49	235	60,9±2,48	207	54,0±2,55
C	E	282	72,7±2,26	265	68,7±2,36	248	64,8±2,44
C	X ₁	86	22,2±2,11	92	23,8±2,17	104	27,2±2,27
C	X ₂	253	65,2±2,42	224	58,0±2,51	219	57,2±2,53
C	R ₁	34	8,8±1,44	49	12,7±1,69	42	11,0±1,60
C	R ₂	166	42,8±2,51	184	47,7±2,54	175	45,7±2,55
C	W	219	56,4±2,52	193	50,0±2,54	210	54,8±2,54
C	C ₁		0,3±0,28	5	1,3±0,58	4	1,0±0,51
C	L ₁	173	44,6±2,52	154	39,9±2,49	168	43,9±2,54
F-V	F	357	92±1,38	363	94,0±1,21	353	92,2±1,37
F-V	V	189	48,7±2,54 ^{*⁽³⁾}	170	44,0±2,53	155	40,5±2,51
J	J	58	14,9±1,81	72	18,7±1,98	69	18,0±1,96
J	J ₂	11	2,8±0,84	7	1,8±0,68	4	1,0±0,51
L	L	204	52,6±2,53 ^{*⁽³⁾}	197	51,0±2,54	170	44,4±2,54
M	M	30	7,7±1,35	36	9,3±1,48	42	11,0±1,60
S	S ₁	156	40,2±2,49	166	43,0±2,52	154	40,2±2,51
S	S ₂	144	37,1±2,45	151	39,1±2,48	141	36,8±2,46
S	U	89	22,9±2,13 ^{*⁽³⁾}	75	19,4±2,01	66	17,2±1,93

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8
S	U`	74	19,1±2	76	19,7±2,02	58	15,1±1,83
S	U``	103	26,5±2,24	104	26,9±2,26	102	26,6±2,26
S	H`	302	77,8±2,11	313	81,1±1,99 ^{*(3)}	285	74,4±2,23
S	H``	96	24,7±2,19	98	25,4±2,22	100	26,1±2,24
Z	Z	223	57,5±2,51	226	58,5±2,51	223	58,2±2,52

Примечание – разница между коровами с разными уровнями продуктивности (1, 2, 3) по частоте антигена и аллели достоверна при *P>0,95; **P>0,99; *** P>0,999, здесь и далее.

Таблица 2 – Частоты аллелей у коров с разным уровнем пожизненного удоя

Table 2 – Frequencies of alleles in cows with different levels of lifetime milk yield

A	A ₁ A ₂	71	18,3±1,96	79	20,5±2,05	76	19,8±2,04
B	B ₂ I ₂	2	0,5±0,36	3	0,8±0,45	2	0,5±0,36
B	G ₂ I ₂	45	11,6±1,63 ^{** (3)}	29	7,5±1,34	23	6,0±1,21
B	B ₂ O ₂	5	1,3±0,58	0	0,3±0,28	0	0,3±0,28
B	Y ₂ G`G``	50	12,9±1,70 ^{*** (2,3)}	21	5,4±1,15	19	5,0±1,11
C	C ₂ EW	100	25,8±2,22 ^{** (2,3)}	68	17,6±1,94	62	16,2±1,88
C	C ₂ WX ₂	15	3,9±0,98	15	3,9±0,99	17	4,4±1,05
C	C ₂ E	49	12,6±1,68	62	16,1±1,87	51	13,3±1,74
C	EX ₂	46	11,9±1,64	35	9,1±1,46	31	8,1±1,39
C	X ₂ L`	103	26,5±2,24 ^{*(2)}	74	19,2±2,00	85	22,2±2,12
C	R ₂ W	10	2,6±0,81	16	4,1±1,01	15	3,9±0,99
C	C ₂ EX ₂ L`	23	5,9±1,2 ^{** (3)}	15	3,9±0,99	8	2,1±0,73
C	C ₂ EL`	8	2,1±0,73	15	3,9±0,99	15	3,9±0,99

Примечание – разница между коровами с разными уровнями продуктивности (1, 2, 3) по частоте антигена и аллели достоверна при *P>0,95; **P>0,99; *** P>0,999.

У коров с величиной ПУ 27 тыс. кг и более чаще, чем у коров с величиной ПУ менее 15 тыс. кг, встречались коровы-носители антигенов G₁ (на 2,9 %; P>0,95), I₁ (на 7,7 %; P>0,99), O₁ (на 8,1 %; P>0,99), и, напротив реже, коровы-носители антигенов A₂ (на 12,7 %; P>0,99), B₂ (на 15,7 %; P>0,999), G₂ (на 6,4 %; P>0,99), I₂ (на 5,2%; P>0,95), O₃ (на 13,0 %; P>0,999), T₂ (на 13,6 %; P>0,999), Y₂ (на 9,0 %; P>0,99), B` (на 11,8; P>0,999), D` (на 10,3 %; P>0,99), E`<sub>3</sub> (на 8,4 %; P>0,95), G` (на 9,3 %; P>0,99), G`` (на 9,1 %; P>0,99), J`<sub>2</sub> (на 10,5 %; P>0,99), O` (на 9,2; P>0,999), P`<sub>2</sub> (на 13,7%; P>0,999), Q` (на 8,5 %; P>0,95), Y` (на 7,4 %; P>0,99), V и L (на 8,2 %; P>0,95), U (на 5,7 %; P>0,95), аллелей G<sub>2</sub>I<sub>2</sub> (на 5,6 %; P>0,99), Y<sub>2</sub>G`G`` (на 7,9 %; P>0,999), C₂EW (на 9,6 %; P>0,99) и C₂EX₂L` (на 3,8 %; P>0,99).

У коров-носителей антигена O₁ при увеличении уровня пожизненного удоя от первого ко второму и от второго к третьему доля коров, имеющих антиген, увеличивалась, а у коров-носителей антигенов B₂, G₂, I₂, O₃, T₂, Y₂, B`, D`, G`, G``, J`<sub>2</sub>, J`, P`<sub>2</sub>, Q`, Y`, V, L, U и аллелей G<sub>2</sub>I<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>G`G``, C₂EW и C₂EX₂L`, напротив, снижалась. При этом статистически значимое повышение частоты антигена O₁ наблюдалось у коров с низким и высоким уровнем ПУ, у коров со средним и высоким уровнем – ПУ (P>0,95-0,99). Статистически значимое снижение частоты антигенов между первым и вторым уровнем ПУ, и вторым и третьим уровнями ПУ было только по двум антигенам – B₂ и T₂ (P>0,95-0,99). У коров-носителей антигенов I₁, T₂, B`, D`, G``, J`<sub>2</sub>, P`<sub>2</sub>, Q`, Y` и аллелей Y<sub>2</sub>G`G``, C₂EW и X₂L` при увеличении уровня ПУ от первого ко второму и у носителей антигенов A<sub>2</sub>, G<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>, A`₂, E`<sub>3</sub>, G`, O` и H` при увеличении уровня ПУ от второго к третьему частота антигенов и аллелей снижалась (P>0,95-0,999).

У коров с величиной ПУ менее 15 тыс. кг средние значения пожизненного удоя составили $9669,0 \pm 160,39$ кг, удоя на один день жизни – $16,3 \pm 0,12$ кг, возраста выбытия – $4,3 \pm 0,04$ лет, периода производственного использования (ПХИ) – $21,9 \pm 0,4$ месяцев. У коров с величиной ПУ 15-27 тыс. кг средние значения ПУ составили $20743,2 \pm 175,52$ кг, удоя на один день жизни – $17,8 \pm 0,11$ кг, возраста выбытия – $6,1 \pm 0,04$ лет, ПХИ – $44,3 \pm 0,46$ месяцев. У коров с величиной ПУ более 27 тыс. кг средние значения ПУ составили $36046,6 \pm 383,73$ кг, удоя на один день жизни – $18,5 \pm 0,11$ кг, возраста выбытия – $8,7 \pm 0,07$ лет, ПХИ – $74,3 \pm 0,85$ месяцев.

Численность и величина пожизненного удоя коров-носителей и не носителей определённых антигенов и аллелей, имеющих статистически значимую разницу по частоте антигенов и аллелей между коровами с уровнем пожизненного удоя до 15 тыс. кг (первый уровень ПУ) и более 27 тыс. кг (третий уровень ПУ), показана в таблице 2, показатели их производственного использования коров – в таблице 3, разница в показателях – в таблице 4.

Таблица 3 – Поголовье и величина пожизненного удоя у коров-носителей и не носителей отдельных антигенов и аллелей

Table 3 – Number and the value of lifetime milk yield in cows-carriers and non-carriers of individual antigens and alleles

Сис-тема	Антиген, аллель	n, голов		$p \pm m_p$	Пожизненный удой, кг ($M \pm m$)	
Антиген (+/-)		+	-	+	+	-
A	A ₂	702	455	$60,7 \pm 1,44$	$20995,0 \pm 442,65$	$23792,9 \pm 567,67$
B	B ₂	574	583	$49,6 \pm 1,47$	$20759,4 \pm 479,23$	$23410,6 \pm 508,05$
	G ₁	33	1124	$2,9 \pm 0,49$	$25731,8 \pm 2054,43$	$21988,5 \pm 356,3$
	G ₂	338	819	$29,2 \pm 1,34$	$21085,5 \pm 640,84$	$22512,1 \pm 419,48$
	I ₁	161	996	$13,9 \pm 1,02$	$23654,7 \pm 850,56$	$21843,2 \pm 383,9$
	I ₂	404	753	$34,9 \pm 1,40$	$21249,5 \pm 555,22$	$22549,1 \pm 449,7$
	K	12	1145	$1,0 \pm 0,29$	$25073,1 \pm 2631,31$	$22064,1 \pm 354,06$
	O ₁	275	882	$23,8 \pm 1,25$	$23560,7 \pm 742,01$	$21638,4 \pm 397,68$
	O ₃	496	661	$42,9 \pm 1,46$	$20769,4 \pm 505,14$	$23090,3 \pm 481,1$
	T ₂	356	801	$30,8 \pm 1,36$	$20226 \pm 588,16$	$22926,1 \pm 432,08$
	Y ₂	495	662	$42,8 \pm 1,45$	$21055,4 \pm 510,83$	$22872,9 \pm 479$
	B'	363	794	$31,4 \pm 1,36$	$20539 \pm 603,2$	$22806,8 \pm 429,33$
	D'	331	826	$28,6 \pm 1,33$	$20918,8 \pm 650,93$	$22566,8 \pm 416,52$
	E ₃	571	586	$49,4 \pm 1,47$	$21223,3 \pm 467,19$	$22945 \pm 521,56$
	G'	329	828	$28,4 \pm 1,33$	$20731,4 \pm 646,69$	$22637,3 \pm 417,16$
	G''	446	711	$38,5 \pm 1,43$	$20982 \pm 543,15$	$22793,7 \pm 457,58$
	J ₂	331	826	$28,6 \pm 1,33$	$21065,8 \pm 675,1$	$22507,8 \pm 410,58$
B	O'	426	731	$36,8 \pm 1,42$	$21418,5 \pm 585,78$	$22489,7 \pm 438,73$
	P ₂	225	932	$19,4 \pm 1,16$	$19996,7 \pm 837,02$	$22601,9 \pm 384,99$
	Q'	554	603	$47,9 \pm 1,47$	$21570,1 \pm 500,97$	$22577,8 \pm 492,27$
	Y'	365	792	$31,5 \pm 1,37$	$21264,2 \pm 601,84$	$22478,3 \pm 431,52$
	E	795	362	$68,7 \pm 1,36$	$21545,8 \pm 418,34$	$23302,1 \pm 642,29$
V	V	514	643	$44,4 \pm 1,46$	$21399,3 \pm 516,65$	$22651,7 \pm 477,99$
L	L	571	586	$49,4 \pm 1,47$	$21666,3 \pm 498,47$	$22513,3 \pm 495,22$
S	U	230	927	$19,9 \pm 1,17$	$21401,5 \pm 788,4$	$22267,5 \pm 392,54$
B	G ₂ I ₂	97	1060	$8,4 \pm 0,82$	$19379,6 \pm 1166,02$	$22343,8 \pm 367,62$
	Y ₂ G'G''	90	1067	$7,8 \pm 0,79$	$17859,5 \pm 1138,33$	$22452,6 \pm 366,78$
C	C ₂ EW	230	927	$19,9 \pm 1,17$	$20202 \pm 775,16$	$22565,1 \pm 392,84$
	X ₂ L'	262	895	$22,6 \pm 1,23$	$21478,5 \pm 785,92$	$22275,9 \pm 391,73$
	C ₂ EX ₂ L'	46	1111	$4,0 \pm 0,58$	$17024,7 \pm 1295,78$	$22305,3 \pm 360,69$

Установлено, что в целом по выборке ($n=1157$) величина пожизненного удоя была больше у коров, имеющих антиген O_1 , на 1922,3 кг ($P>0,95$), чем у коров, не имеющих антиген, и, напротив, у коров, в группе крови которых отсутствовали антигены A_2 , B_2 , O_3 , T_2 , Y_2 , B' , D' , E'_3 , G' , G'' , P'_2 , E и аллели G_2I_2 , $Y_2G'G''$, C_2EW и C_2EX_2L' – разница с коровами, имеющими эти антигены и аллели, составила 1648,0-5280,6 кг ($P>0,95-0,999$) (таблица 4). У коров-носителей антигенов G_1 и I_1 величина ПУ, по сравнению с не носителями антигенов, была больше на 1811,5 и 3743,3 кг, но ввиду незначительной доли в выборке ($p_{G_1}=2,9\%$ и $p_{I_1}=13,9\%$) разница оказалась статистически не значимой, наблюдалась только тенденция к достоверности ($td=1,77-1,79$).

Таблица 4 – Показатели производственного использования коров-носителей и не носителей антигенов и аллелей

Table 4 – The production use indicators of cows-carriers and non-carriers of antigens and alleles

Антиген, аллель	Удой на 1 дойный день		Возраст выбытия, лет		Период хозяйственного использования, мес.	
	+	-	+	-	+	-
Антиген (+/-)						
A_2	17,6±0,10	17,5±0,11	6,2±0,08	6,7±0,10	44,3±0,90	50,5±1,17
B_2	18,0±0,10	17,1±0,10	6,0±0,08	6,7±0,09	42,7±0,97	50,6±1,04
G_1	16,1±0,35	17,6±0,07	7,6±0,36	6,3±0,06	59,8±4,28	46,3±0,73
G_2	17,8±0,14	17,5±0,08	6,1±0,11	6,5±0,07	43,9±1,29	47,9±0,86
I_1	17,2±0,18	17,6±0,08	6,7±0,14	6,3±0,07	50,6±1,70	46,1±0,79
I_2	18,1±0,12	17,3±0,09	6,0±0,09	6,6±0,08	43,2±1,09	48,6±0,94
K	15,2±0,81	17,6±0,07	7,6±0,46	6,4±0,06	62,0±5,46	46,6±0,72
O_1	17,4±0,16	17,6±0,08	6,7±0,13	6,3±0,07	50,4±1,55	45,6±0,81
O_3	18,0±0,10	17,2±0,10	6,0±0,09	6,7±0,09	42,5±1,00	49,9±1,00
T_2	18,3±0,12	17,2±0,09	5,8±0,10	6,6±0,08	40,9±1,17	49,3±0,89
Y_2	17,7±0,11	17,4±0,10	6,1±0,09	6,6±0,10	44,0±1,04	48,7±1,00
B'	18,3±0,13	17,2±0,08	5,9±0,10	6,6±0,08	41,7±1,22	49,0±0,88
D'	17,9±0,13	17,4±0,09	6,0±0,12	6,5±0,07	43,4±1,35	48,1±0,85
E'_3	17,9±0,1	17,2±0,10	6,1±0,08	6,6±0,09	44,1±0,95	49,3±1,07
G'	18,0±0,13	17,4±0,08	6,0±0,11	6,5±0,07	42,8±1,32	48,3±0,85
G''	18,0±0,11	17,2±0,09	6,0±0,09	6,6±0,08	43,0±1,08	49,1±0,95
J_2	17,7±0,13	17,5±0,09	6,1±0,12	6,5±0,07	43,9±1,36	47,9±0,85
O'	17,9±0,12	17,3±0,09	6,2±0,10	6,5±0,08	44,2±1,17	48,2±0,91
P'_2	18,3±0,16	17,4±0,08	5,8±0,14	6,5±0,07	40,5±1,67	48,2±0,79
Q'	17,9±0,11	17,2±0,1	6,2±0,09	6,5±0,09	44,8±1,03	48,5±1,01
Y'	18,3±0,12	17,2±0,09	6,0±0,10	6,5±0,08	43,1±1,20	48,4±0,89
E	17,7±0,09	17,2±0,12	6,2±0,07	6,7±0,11	45,1±0,85	50,3±1,34
V	17,8±0,10	17,4±0,10	6,2±0,09	6,5±0,08	44,8±1,06	48,3±0,98
L	17,7±0,10	17,4±0,10	6,2±0,09	6,5±0,09	45,4±1,02	48,0±1,02
U	18,2±0,15	17,4±0,08	6,1±0,14	6,4±0,07	44,0±1,65	47,4±0,80
G_2I_2	18,6±0,24	17,5±0,07	5,6±0,20	6,4±0,06	38,4±2,37	47,5±0,75
$Y_2G'G''$	18,1±0,23	17,5±0,08	5,5±0,20	6,4±0,06	36,4±2,30	47,6±0,75
C_2EW	18,0±0,17	17,5±0,08	5,9±0,13	6,5±0,07	41,5±1,55	48,0±0,81
X_2L'	18,1±0,15	17,4±0,08	6,1±0,13	6,4±0,07	44,0±1,58	47,5±0,81
C_2EX_2L'	18,0±0,34	17,5±0,07	5,3±0,22	6,4±0,06	35,1±2,69	47,2±0,74

Таблица 5 – Разница в продуктивных показателях между носителями
и не носителями антигенов и аллелей

Table 5 – Difference in performance between cows-carriers and non-carriers of antigens and alleles

Антиген, ал- лель	Пожизненный удой, кг		Удой на 1 дойный день	Возраст выбы- тия, лет		Период хозяйственно- го использования, мес.	
	+	-		+	-	+	-
Антиген (+/-)							
A ₂		+2797,9***			+0,5***		+6,2***
B ₂		+2651,2***	+0,9***		+0,7***		+7,9***
G ₂					+0,4**		+4,0*
I ₁				+0,4*		+4,5*	
I ₂			+0,8***		+0,6***		+5,4***
O ₁	+1922,3*			+0,4**		+4,8**	
O ₃		+2390,9**	+0,8***		+0,7***		+7,4***
T ₂		+2700,1***	+1,1***		+0,8***		+8,4***
Y ₂		+1817,5*	+0,3*		+0,5***		+4,7**
B'		+2267,8**	+1,1***		+0,7***		+7,3***
D'		+1648,0*	+0,5**		+0,5***		+4,7**
E' ₃		+1721,7*	+0,7***		+0,5***		+5,2***
G'		+1905,9*	+0,6***		+0,5***		+5,5***
G''		+1811,7*	+0,8***		+0,6***		+6,1***
J ₂					+0,4**		+4,0*
O'			+0,6***		+0,3*		+4,0**
P' ₂		+2605,2**	+0,9***		+0,7***		+7,7***
Q'			+0,7***		+0,3*		+3,7*
Y'			+1,1***		+0,5***		+5,3***
E		+1756,3*	+0,5**		+0,5***		+5,2***
V			+0,4**		+0,3*		+3,5*
L			+0,3*		+0,3*		
U			+0,8***				
G ₂ I ₂		+2964,2*	+1,1***		+0,8***		+9,1***
Y ₂ G'G''		+4593,1***	+0,6*		+0,9***		+11,2***
C ₂ EW		+2363,1**	+0,5**		+0,6***		+6,5***
X ₂ L'			+0,7***		+0,3*		+3,5*
C ₂ EX ₂ L'		+5280,6**			+1,1***		+12,1***

Примечание – разница между коровами носителями и не носителями антигена и аллели достоверна при *P>0,95; **P>0,99; *** P>0,999.

Удой на один дойный день был больше у коров-носителей следующих антигенов и аллелей: B₂, I₂, O₃, T₂, Y₂, B', D', E'₃, G', G'', O', P'₂, Q', Y', E, L, V, U, G₂I₂, Y₂G'G'', C₂EW и X₂L' – разница с коровами, не имеющими эти антигены и аллели, составила 0,3-1,1 кг (P>0,95-0,999).

По возрасту выбытия и периоду хозяйственного использования (ПХИ) преимущество было у коров-носителей антигенов I₁ и O₁; по сравнению с не носителями антигенов разница по возрасту выбытия составила 0,4 года (P>0,95 и P>0,99), по периоду хозяйственного использования – 4,5 и 4,8 месяца соответственно (P>0,95 и P>0,99). По большинству остальных антигенов (за исключением антигенов L и U по возрасту выбытия и U по ПХИ) и по аллелям преимущество было, напротив, у ко-

ров, не имеющих этих антигенных факторов; разница с коровами-носителями антигенов составила по возрасту выбытия – 0,3-1,1 лет ($P>0,95$ и $P>0,99$), по ПХИ – 3,5-12,1 месяцев ($P>0,95$ и $P>0,99$).

Выводы. В результате исследований установлено, что есть вероятность наличия связи антигенных факторов с продуктивным долголетием коров. У коров-носителей антигена O_1 , по сравнению с коровами, не имеющими данного антигена, был больше пожизненный удой на 1922,3 кг, позже возраст выбытия на 0,4 года и больше период хозяйственного использования на 4,8 месяца. Коровы-носители антигенов I_1 позже выбывали из стада на 0,4 года и имели более продолжительный период хозяйственного использования на 4,5 месяца. Выявлены антигенные факторы (A_2 , B_2 , O_3 , T_2 , Y_2 , B' , D' , E'_3 , G' , G'' , P'_2 , E , G_2I_2 , $Y_2G'G''$, C_2EW и C_2EX_2L'), при отсутствии которых показатели продуктивного долголетия у коров были выше.

Полученные результаты перспективны для применения в племенной работе с крупным рогатым скотом красно-пестрой породы при ведении селекции на повышение продуктивного долголетия.

Библиографический список

1. Валитов Ф. Р., Долматова И. Ю., Юмагузин И. Ф. Генетическая структура пород крупного рогатого скота республики Башкортостан по антигенным эритроцитарным факторам // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (52). С. 74-79.
2. Влияние генетических и паратипических факторов на продуктивное долголетие черно-пестрого скота / В. К. Пестис, С. И. Коршун, Н. Н. Климов, Л. А. Танана // Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2016. Т. 60. № 4. С. 120-125.
3. Казанцева Е. С. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы // Молочно-хозяйственный вестник. 2018. № 2 (30). С. 36-43.
4. Максимова Л. Р., Шульга Л. П. Влияние генотипических факторов на продуктивное долголетие коров // Известия СПбГАУ. 2017. № 3 (48). С. 48-52.
5. Продуктивное долголетие коров и анализ причин их выбытия / И. А. Тихомиров, В. К. Скоркин, В. П. Аксенова, О. Л. Андрихина // Вестник ВНИИМЖ. 2016. № 1 (21). С. 64-72.
6. Скворцова Е. Г., Неверова О. П., Чепуштанова О. В. Продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы и причины их выбытия // Аграрный вестник Урала. 2019. № 5 (184). С. 54-61.
7. Смирнова Ю. М., Платонов А. В. Влияние генотипа на долголетие и пожизненную продуктивность коров // АгроЗooТехника. 2019. Т. 2. № 3. С. 1.
8. Титова С. В. Влияние генотипических факторов на пожизненную продуктивность черно-пестрых коров // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2019. Т. 5. № 3 (19). С. 329-335.
9. Analysis of Longevity Traits in Holstein Cattle: A Review / Н. Hu, Т. Mu, Y. Ma, X. Wang, Y. Ma // Front Genet. 2021. V. 12. P. 695543.
10. De Vries A., Marcondes M. I. Review: Overview of factors affecting productive lifespan of dairy cows // Animal. 2020. Vol. 14. Suppl. 1. P. s155-s164.
11. Murawski M. B. What is the buzz around cow longevity? <https://www.canr.msu.edu/news/what-is-the-buzz-around-cow-longevity>.
12. Sawa A., Bogucki M. Longevity of cows depending on their first lactation yield and herd production level // Annals of Animal Science. 2017.

Информация об авторе

Ефимова Любовь Валентиновна, ведущий научный сотрудник отдела животноводства Красноярского научно-исследовательского института сельского хозяйства – обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН (660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 66), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, тел.: 8 (391) 202-19-73; e-mail: ljubow_wal@mail.ru.

ANALYSIS OF LCORL GENE EXPRESSION IN LIVER IN CONTRAST CHICKEN BREEDS

O. Yu. Barkova

*Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst
Federal Science Center for Animal Husbandry (RRIFAGB) St. Petersburg – Pushkin, Russia*

Received 30.08.2022

Submitted 09.03.2023

The studies were carried out with the financial support of the program of the state task of the Russian Federation No. 0445-2021-0010. It was using the Central Collective Use Center “Genetic Collection of Rare and Endangered Breeds of Chickens” on the basis of the VNIIGRZh Institute.

Summary

The article presents the results of transcriptional activity study in chickens liver tissues of contrast breeds. A comparative analysis of the expression level was carried out depending on the breed and genotype of the birds. These studies can be used for additional assessment of chicken productivity in poultry farming.

Abstract

Introduction. The study of genes responsible for the formation of muscle mass is one of the most important tasks in genomic selection. One such gene is the LCORL gene, which encodes a corepressor-like ligand-dependent nuclear receptor that affects growth and body size in many animal species. In previous years, it was revealed that the highest indicator in egg weight belongs to carriers of the AA genotype for the mononucleotide substitution (rs15619223, A>C) of the LCORL gene ($p<0.01$). Chickens with the AA genotype were superior to animals with the CC and AC genotypes in terms of live weight ($p<0.01$). **An object.** The object of the study was RNA samples from the liver tissue of 18 Pushkin chickens 50 weeks old ($n=6$), Italian 50 weeks old ($n=6$), Chinese silk 50 weeks old ($n=6$) chickens kept under the same conditions in the Genetic Collection rare and endangered breeds of chickens” on the basis of the institute VNIIGRZH. **Target.** Check the transcriptional activity of the LCORL gene in chicken liver tissues. To assess the relationship of transcriptional activity with breed variability and genotype in contrast breeds of chickens. **Materials and methods.** The studies were carried out at the VNIIGRZh Institute using modern techniques for RNA isolation and real-time reverse transcription polymerase chain reaction. **Results and conclusions.** Comparative analysis of the expression of the LCORL gene in the liver tissues, depending on the breed, revealed that the highest level of expression was recorded in chickens of the Italian partridge breed (306.35 ± 104.03), chickens of the Pushkin breed had the closest expression level to the level of expression of the Italian partridge breed (245.92 ± 46). The expression level of the LCORL gene in the dwarf Chinese silk breed (50 weeks) was (73.54 ± 25.9). Comparison of the levels of expression of the nucleotide sequence of the LCORL gene depending on the genotype of the bird showed that the highest level of expression in the liver tissues was found in chickens with the AA genotype of the Italian partridge breed (445.07 ± 166.26), the AG genotype had an expression level (165.3 ± 83.3), the CC genotype was absent in the above breed. In chickens of the Pushkinskaya breed, the AA genotype was absent, and only one chicken had the CC genotype. Heterozygotes for the rs15619223 substitution had a higher expression level (269.02 ± 51.93) than the SS homozygous (153.5) of the Pushkin breed. The dwarf breed lacked the Chinese silk CC genotype. The AA genotype in dwarf Chinese silk chickens also had an increased expression level (97.8 ± 40.6) compared to the AG genotype (49.3 ± 33.8). Experimental data from studies on the analysis of LCORL gene expression in contrast breeds of chickens can serve as an additional assessment of the genetics of different breeds of chickens to increase poultry weight gain in the poultry industry

Key words: SNP, gene expression, LCORL (mRNA-ligand-dependent corepressor type nuclear receptor), chicken, productivity.

Citation. Barkova O. Yu. Analysis of LCORL gene expression in liver in contrast chicken breeds. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 383-390 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-42.

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

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

УДК 636.52:575.174.015.3

АНАЛИЗ УРОВНЯ ЭКСПРЕССИИ ГЕНА LCORL В ПЕЧЕНИ У КОНТРАСТНЫХ ПОРОД КУР

О. Ю. Баркова, кандидат биологических наук

Всероссийский научно-исследовательский институт генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л. К. Эрнста (ВНИИГРЖ), С.-Петербург – Пушкин

Дата поступления в редакцию 30.08.2022

Дата принятия к печати 09.03.2023

Исследования проведены при финансовой поддержке программы государственного задания Российской Федерации № 0445-2021-0010, с использованием ЦКП “Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур” на базе института ВНИИГРЖ.

Актуальность. Изучение генов, ответственных за формирование мышечной массы, является важнейшей из задач в геномной селекции. Одним из таких генов является ген LCORL, кодирующий корепрессор-подобный лиганд-зависимый ядерный рецептор, оказывающий влияние на рост и размер тела у многих видов животных. В предшествующие годы выявлено, что наивысший показатель по массе яйца принадлежит носителям генотипа AA по мононуклеотидной замене (rs15619223, A>C) гена LCORL ($p<0,01$). Курицы с генотипом AA превосходили животных с генотипами CC и AC по живой массе ($p<0,01$). Объект. **Объектом** исследования являлись образцы РНК из ткани печени 18 кур породы пушкинская – возраст 50 недель ($n=6$), итальянская – возраст 50 недель ($n=6$), китайская шелковая – возраст 50 недель ($n=6$), содержащихся в одинаковых условиях в ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» на базе института ВНИИГРЖ. Цель. Проверить транскрипционную активность гена LCORL в тканях печени кур. Оценить связь транскрипционной активности с породной изменчивостью и генотипом у контрастных пород кур. **Материалы и методы.** Исследования проводились в институте ВНИИГРЖ с использованием современной методики по выделению РНК и проведению полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией в реальном времени. **Результаты и выводы.** Сравнительный анализ экспрессии гена LCORL в тканях печени в зависимости от породной принадлежности выявил, что самый высокий уровень экспрессии зафиксирован у кур породы итальянская куропатчатая ($306,35\pm104,03$), наиболее близкий к уровню экспрессии породы итальянская куропатчатая имели куры породы пушкинская ($245,92\pm46$). Уровень экспрессии гена LCORL у карликовой породы китайская шелковая (50 недель) составил ($73,54\pm25,9$). Сравнение уровней экспрессии нуклеотидной последовательности гена LCORL в зависимости от генотипа птицы показало, что самый высокий уровень экспрессии в тканях печени выявлен у кур с генотипом AA породы итальянская куропатчатая ($445,07\pm166,26$), AG генотип имел уровень экспрессии ($165,3\pm83,3$), генотип CC отсутствовал у вышеуказанной породы. У кур породы пушкинская генотип AA отсутствовал, генотип CC имела только одна курица. Гетерозиготы по замене rs15619223 имели более высокий уровень экспрессии ($269,02\pm51,93$), чем гомозигота CC ($153,5$) породы пушкинской. У карликовой породы китайская шелковая генотип CC отсутствовал. Генотип AA у кур карликовой породы китайская шелковая также имел повышенный уровень экспрессии ($97,8\pm40,6$) по сравнению с генотипом AG ($49,3\pm33,8$). Экспериментальные данные исследований по анализу экспрессии гена LCORL у контрастных пород кур могут служить для добавочной оценки генетики разных пород кур для повышения привесов птицы в отрасли птицеводства.

Ключевые слова: *SNP, экспрессия генов, LCORL (мРНК-лиганд-зависимый ядерный рецептор типа корепрессора), продуктивность кур.*

Цитирование. Баркова О. Ю. Анализ уровня экспрессии гена LCORL в печени у контрастных пород кур. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 383-390. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-42.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Геномная селекция и целенаправленная программа разведения кур считаются многообещающими инструментами генетического улучшения этого ценного вида как важного продуцента мяса и яйца. Размер тела птицы является важной характеристикой, которую необходимо исследовать для улучшения показателей мясной продуктивности. Рост взрослого человека и размер скелета контролируются более чем 700 генами [7]. Ген LCORL, кодирующий корепрессор-подобный лиганд-зависимый ядерный рецептор, неоднократно был ассоциирован с ростом человека [7, 11]. LCORL (ранее также называемый MLR1) является предполагаемым фактором транскрипции, который использует консервативный мотив спираль-поворот-спираль для связывания ДНК [8]. Существует несколько экспериментально подтвержденных изоформ транскриптов LCORL человека, которые кодируют совершенно разные белки. Не все эти белки имеют общий ДНК-связывающий домен, и они также различаются по другим белковым доменам [9]. Также было обнаружено, что локус LCORL связан с ростом и размером тела у многих видов домашних животных, включая собак [3], лошадей [14], свиней [6], овец [5] и кур [15]. У крупного рогатого скота геномный локус также тесно связан с ростом и другими признаками, связанными с ростом. Однако заявлено, что функциональный эффект у крупного рогатого скота опосредуется геном NCAPG, который соседствует с геном LCORL [12]. Определить, какой из этих двух генов отвечает за вариативность роста, не представляется возможным из-за близкого расположения этих генов и высокого уровня неравновесия по сцеплению между маркерами в этой области генома. Идентификация миссенс-варианта LCOR крупного рогатого скота — гена с очень высокой гомологией и потенциально сходной функцией с LCORL, — связанного с ростом, дает некоторые подтверждающие доказательства того, что LCORL является казуальным геном [12]. Результаты RT-PCR показали высокий уровень экспрессии гена LCORL в мышечной и жировой тканях, а также во многих органах, таких как сердце, печень, селезенка, легкое, почка, рубец, двенадцатиперстная кишка, мозг (гипоталамус, гипофиз) [1, 13].

В предшествующие годы сотрудниками института ВНИИГРЖ проведено генотипирование с использованием аллелеспецифических праймеров 141 образца по выявленному SNP (rs15619223, A>C) гена LCORL путем секвенирования его последовательности. Рассчитаны показатели продуктивности кур русской белой породы разных генотипов. В результате исследований обнаружили достоверные различия по живой массе между носителями генотипов AA и CC ($p < 0,01$), AC и CC ($p < 0,05$). Курицы с генотипом AA превосходили животных с генотипами CC и AC по живой массе. Также выявлены достоверные различия по массе яйца между носителями генотипов AA и AC, AA и CC, AC и CC ($p < 0,01$). Наивысший показатель по массе яйца также принадлежит носителям генотипа AA. Достоверные различия с вероятностью $p < 0,05$ выявлены между особями с генотипами AA и AC по уровню яйценоскости. Исходя из табличных данных, авторы сделали вывод, что птицы с генотипом AA обладали более высоким показателем по живой массе, массе яйца и времени снесения первого яйца. Однако авторы предположили, что для промыш-

ленного производства более выгоден генотип АС по SNP (rs15619223, A>C), так как он сочетает в себе средние показатели при высокой яйценоскости и у него более высокий уровень изменчивости, что дает возможность для более тщательного отбора [2].

Целью данного исследования является проведение оценки транскрипционной активности гена LCORL в тканях печени кур в зависимости от генотипа и породной принадлежности.

Материалы и методы. Объектом исследования являлись образцы РНК из ткани печени 18 кур породы пушкинская – возраст 50 недель (n=6), итальянская – возраст 50 недель (n=6), китайская шелковая – возраст 50 недель (n=6), содержащихся в одинаковых условиях в ЦКП «Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур» на базе института ВНИИГРЖ.

Подбор праймеров для РТ-ПЦР в реальном времени проводился на основании информации литературных источников, с помощью баз данных (www.nlm.ncbi.nih.gov и www.ensembl.org) и программы PRIMER 3 (www-genome.wi.mit.edu). Проверку полученных последовательностей праймеров на специфичность и отсутствие возможной внутригеномной гомологии проводили при помощи пакета программ Ensemble (<https://www.ensembl.org/index.html>) и BLAST (www.ncbi.nlm.nih.gov) с варьирующими параметрами величины окна, допустимого процента идентичности пар оснований, фильтрации повторов.

Для анализа экспрессии и были сконструированы следующие праймеры в том числе и 8 референтных генов домашнего хозяйства:

1. *LCORL*

F: CGTGGCAACTGGAGATCACT

R: TTAAGTGAACACGGGCCTGAC

2. *Beta actin*

F: TTGGCGCTTGACTCAGGATT

R: CCCCCACATACTGGCACTTT

3. *GAPDH*

F: CTATCTTCCAGGAGCGTGACC

R: TTTCCCCACAGCCTTAGCAG

4. *MPPI*

F: GGCCAAGCACAGCTCAATTT

R: AGAGCGTTCTTGATGTGGCT

5. *TBP1*

F: TAGCCCGATGATGCCGTAT

R: GTTCCCTGTGTCGCTTGC

6. *HMBS*

F: GGCTGGGAGAATCGCATAGG

R: TCCTGCAGGGCAGATACCAT

7. *ADA*

F: TATCAACACCGATGACCCCC

R: GCTGGACTGAGCTGCATTGA

8. *RPL52*

F: CTTGACTTCTCTCTTGGGTTTCT

R: AATATAACGCCTGATGGGATGG

9. *MRPS272*

F: CTCCTCAATGCGGTGACCT

R: ATCACCTGCAAGGCTCTATTT

Для генотипирования по замене rs15619223(A>C) гена LCORL были сконструированы праймеры:

LCORL аллелеспецифические праймеры

AATACTTGGTAAGTGATCTCA

AATACTTGGTAAGTGATCTCC

TGTTCTTACATCCAAACTGCT

Ткани печени были отобраны сразу после убоя кур и помещены в фиксатор IntactRNA (евроген) для стабилизации РНК. Выделение матричной РНК проводили с помощью набора реактивов типа Aurum Total RNA Fatty and Fibrous Kit (o-Rad, США) в соответствии с рекомендациями производителя.

Синтез однокитевой кДНК проводили при помощи обратной транскриптазы Mint (евроген), тщательно следуя указаниям производителя. Полученную смесь с кДНК использовали для амплификации с использованием 5х реакционной смеси qPCRmix-HS SYBR(евроген), предназначенной для ПЦР в реальном времени с интеркалирующим красителем SYBR Green I в соответствии с рекомендациями производителя. Реакцию проводили при помощи амплификатора «CFX96 Touch» (Bio-Rad, США) в следующем режиме:

Амплификация кДНК и детекция сигнала (40 циклов):

95 °C – 5 мин.

95 °C – 15 сек.

59 °C – 15 сек.

72 °C – 20 сек. (этап сбора данных).

Для вычисления относительных количеств амплифицируемых последовательностей использован метод $2^{-\Delta\Delta C_t}$ (Livak K.J. др., 2001). Расчет производился автоматически прибором CFX96 Touch» (Bio-Rad, США). Статистическая обработка полученных результатов генотипирования и среднего уровня экспрессии по породам осуществлена при помощи t-критерия Стьюдента с использованием программы SigmaPlot версия 14.

Результаты и обсуждение. Впервые в России было проведено исследование транскрипционной активности гена LCORL в печени контрастных кур генотипного хозяйства ЦКП “Генетическая коллекция редких и исчезающих пород кур” на базе института ВНИИГРЖ и найдено подтверждение транскрипционной активности на данного гена в зависимости от породной принадлежности и генотипа птицы.

Получены статистически высоко достоверные различия в экспрессии генов по методу $2^{-\Delta\Delta C_t}$ (Livak K.J. др., 2001) [10]. Что в большей мере обусловлено правильным подбором референтных генов домашнего хозяйства. По последним данным в экспериментах на измерение уровня экспрессии рекомендуется использовать не менее двух референтных генов, но отобранных из большого числа возможных и имеющих наиболее приближенную экспрессию с изучаемым геном [4, 16]. В качестве референтных генов, непосредственно использованных в данной работе, из восьми генов домашнего хозяйства, были отобраны гены HMBS и ADA поскольку их экспрессия имела близкое значение к уровню экспрессии изучаемого гена LCORL.

Сравнительный анализ экспрессии гена LCORL в тканях печени в зависимости от породной принадлежности выявил, что самый высокий уровень экспрессии зафиксирован у кур породы итальянская куропатчатая (50 недель), наиболее близкий к уровню экспрессии породы итальянская куропатчатая имели куры породы пушкинская (50 недель), несмотря на более крупные размеры первой. Значительно меньше была зафиксирована экспрессия гена LCORL у карликовой породы китайская шелковая (50 недель) по отношению к двум вышеуказанным (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Расчет степени экспрессии гена LCORL в печени кур по методу сравнительной нормализации кур породы итальянская куропатчатая, китайская шелковая, пушкинская и полученные генотипы

Table 1 – Calculation of the LCORL gene expression degree in the liver of chickens according to the method of comparative normalization of chickens of the Italian partridge, Chinese silk, Pushkin and obtained genotypes

Порода	ΔCt среднее	$\Delta\Delta Ct(\Delta Ct \text{ 2} - \Delta Ct \text{ 1})$	$2 - \Delta\Delta Ct$ RQ	P	генотип
Пушкинская	9,79	0,00709	1,00000		AC
	2,62	1,08767	153,47240	0,060110	CC
	2,74	2,89807	408,92260	0,222475	AC
	2,18	1,92538	221,72963	0,036316	AC
	3,14	2,42030	278,72592	0,071139	AC
	3,97	1,44787	166,73934	0,000769	AC
Среднее	4,07±1,6	1,63±0,4	245,92±46,3		
Китайская шел- ковая	3,31	5,41317	115,46464	0,000149	AC
	2,74	8,38581	178,87190	0,003780	AA
	5,19	1,33054	28,38077	0,037236	AC
	2,23	2,87071	61,23309	0,000204	AA
	3,31	5,41317	4,06841	0,061554	AC
	3,52	2,49833	53,29010	0,007673	AA
Среднее	3,38±0,4	4,31±1,05	73,54±25,9		
Итальянская	2,86	5,18189	731,17301	0,070049	AA
	3,80	3,18073	448,80583	0,227236	AA
	4,95	1,10032	155,25706	0,094476	AA
	4,00	2,50254	288,19701	0,082550	AC
	3,62	1,74885	201,39992	0,243010	AC
	2,74	8,38581	6,30257	0,101433	AC
Среднее	3,66±0,33	3,68±1,1	306,35±104,03		

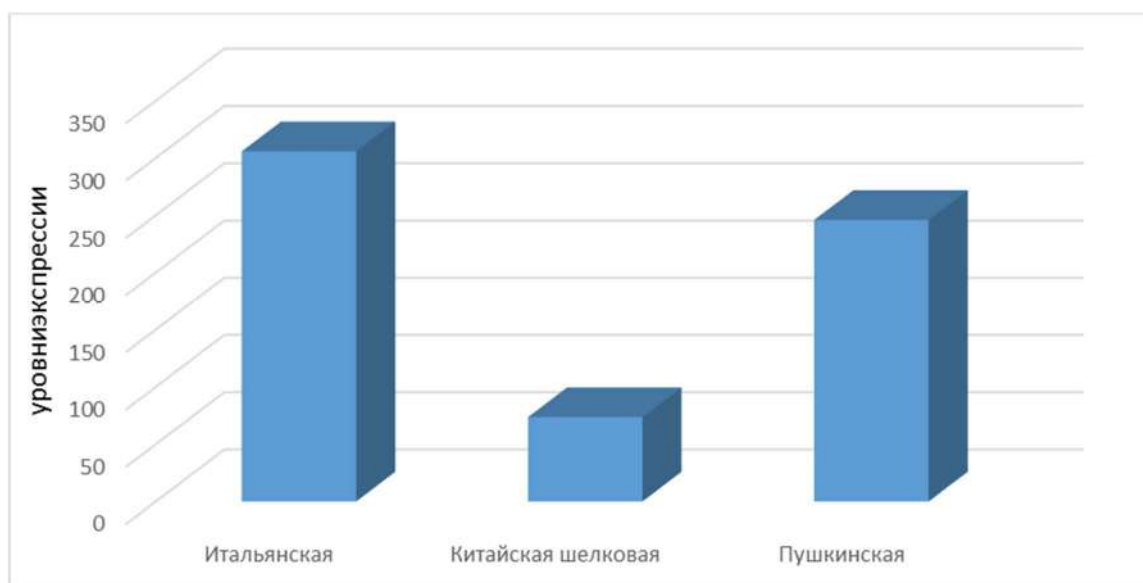


Рисунок 1 – Уровень относительной экспрессии в тканях печени в зависимости от породы кур

Figure 1 – The level of relative expression in liver tissues depending on the breed of chickens

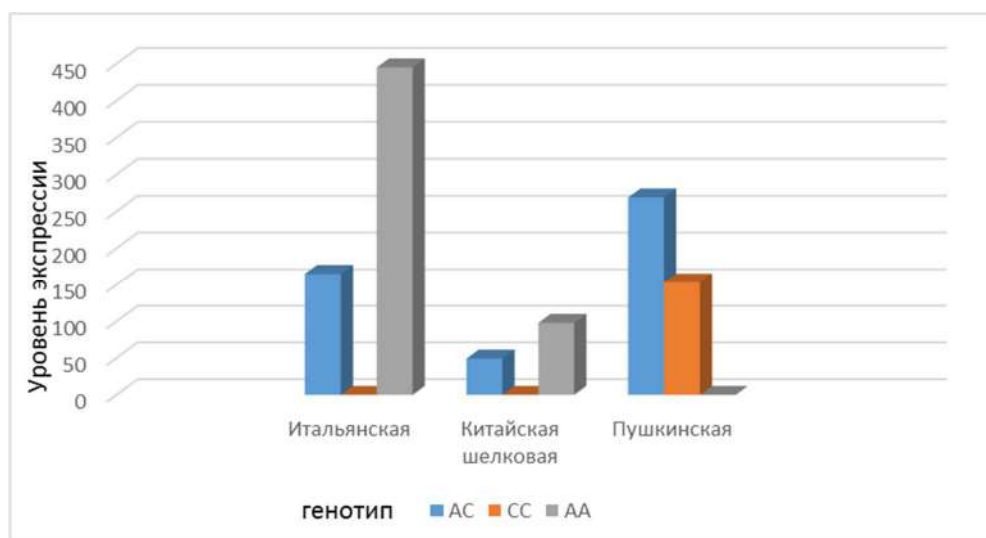


Рисунок. 2 – Различие уровня экспрессии в зависимости от генотипа по SNP (rs15619223, A>C) гена LCORL в тканях печени кур

Figure 2 – Differences in expression level depending on the genotype for SNP (rs15619223, A>C) of the LCORL gene in chicken liver tissues

Сравнение уровней экспрессии нуклеотидной последовательности гена LCORL в зависимости от генотипа птицы показало, что самый высокий уровень экспрессии в тканях печени выявлен у кур с генотипом AA ($445,07 \pm 166,26$) породы итальянская куропатчатая, AG генотип имел также относительно средний уровень экспрессии по сравнению с другими породами ($165,3 \pm 83,3$), генотип CC отсутствовал у вышеуказанной породы.

У кур породы пушкинская генотип AA отсутствовал, генотип CC имела только одна курица. Гетерозиготы по замене rs15619223 имели более высокий уровень экспрессии ($269,02 \pm 51,93$), чем гомозигота CC ($153,5$).

У карликовой породы китайская шелковая генотип CC отсутствовал. Генотип AA также имел повышенный уровень экспрессии ($97,8 \pm 40,6$) по сравнению с генотипом AG ($49,3 \pm 33,8$) (таблица 1, рисунок 2).

Полученные данные подтверждают результаты предыдущих исследований [13], в которых наибольшую массу тела имели куры с генотипом AA, а наиболее благоприятными для мясной и яичной продуктивности считались куры с генотипом AA и AC по замене rs15619223, (A>C) гена LCORL.

Выводы. Сравнительный анализ экспрессии гена LCORL в тканях печени в зависимости от породной принадлежности выявил, что наименьшую экспрессию относительно других пород имела карликовая китайская шелковая, что согласуется с размером кур. Пушкинская и итальянская куропатчатая имели схожие уровни экспрессии, с небольшим преимуществом итальянской куропатчатой.

В результате проведенного эксперимента по изучению транскрипционной активности гена LCORL была выявлена связь уровней экспрессии данного гена с генотипами мононуклеотидной замены rs15619223, (A>C). Наибольший уровень экспрессии наблюдался у кур с генотипом AA, обладающих более высокими показателями по признакам массы тела и яйценоскости, самыми многочисленными среди всех пород кур были гетерозиготы AG с средним уровнем экспрессии относительно других генотипов, самым редким был генотип CC.

В дальнейшей работе планируется оценка большего количества кур контрастных пород и разного возраста для подтверждения полученных данных с разными генотипами и уменьшения стандартной ошибки среднего. Экспериментальные данные исследо-

ваний по анализу экспрессии гена LCORL у контрастных пород кур могут служить для добавочной оценки генетики разных пород кур для повышения привесов птицы в отрасли птицеводства.

Библиографический список

1. Поиск полиморфных вариантов гена LCORL с помощью секвенирования по Сенгеру у пород кур различного направления продуктивности / Т. А. Ларкина, А. А. Крутикова, Г. К. Пегливанян, Н. В. Дементьева // Аграрный вестник Урала. 2020. Т. 9. С. 48-53.
2. Связь однонуклеотидного полиморфизма в гене LCORL с продуктивными признаками кур / Н. В. Дементьева, Т. А. Ларкина, О. В. Митрофанова, Е. С. Федорова, Т. Э. Позднякова // Птицеводство. 2019. Т. 05. С. 14-17.
3. A genome-wide association study indicates LCORL/NCAPG as a candidate locus for withers height in German Warmblood horses / J. Tetens, P. Widmann, C. Kühn, G. Thaller // Anim. Genet. 2013. V. 44. P. 467–471.
4. Accurate normalization of real-time quantitative RT-PCR data by geometric averaging of multiple internal control genes / J. Vandesompele [et al.] // Genome Biol. 2002. V. 18. P. 3-7.
5. Genome-wide Association Scan for QTL and Their Positional Candidate Genes Associated With Internal Organ Traits in Chickens / G. Moreira [et al.] // BMC Genomics. 2019. Vol. 20. No 1. P. 669.
6. Genomic selection signatures in sheep from the Western Pyrenees / O. Ruiz-Larrañaga, J. Langa, F. Rendo [et al.] // Genet. Sel. Evol. 2018. V. 50. P. 9.
7. Hundreds of variants clustered in genomic loci and biological pathways affect human height / A. H. Lango [et al.] // Nature. 2010. V. 467. P. 832–838.
8. Identification and characterization of Mlrl,2: Two mouse homologues of Mblk-1, a transcription factor from the honeybee brain / T. Kunieda, J. M. Park, H. Takeuchi, T. Kubo // FEBS Lett. 2003. V. 535. P. 61–65.
9. Identification of genomic regions associated with phenotypic variation between dog breeds using selection mapping / A. Vaysse, A. Ratnakumar, T. Derrien [et al.] // PLoS Genet. 2011. V. 7. P. e1002316.
10. Livak K. J., Schmittgen T. D. Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2^{-ΔΔCT} method // Methods. 2001. V. 25. P. 402-408.
11. Meta-analysis of genome-wide association studies for height and body mass index in ~700000 individuals of European ancestry / L. Yengo, J. Sidorenko, K. E. Kemper [et al.] // Hum. Mol. Genet. 2018. V. 27. P. 3641–3649.
12. Meta-analysis of genome-wide association studies for cattle stature identifies common genes that regulate body size in mammals / A. C. Bouwman [et al.] // Nat. Genet. 2018. V. 50. P. 362–367.
13. Purfield D., Evans R., Berry D. Reaffirmation of Known Major Genes and the Identification of Novel Candidate Genes Associated With Carcass-Related Metrics Based on Whole Genome Sequence Within a Large Multi-Breed Cattle Population // BMC Genomics. 2019. Vol. 20. No 1. P. 720.
14. Strong signatures of selection in the domestic pig genome / C. J. Rubin [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 2012. V. 109. P. 19529–19536.
15. Takasuga A. PLAG1 and NCAPG-LCORL in livestock // Anim. Sci. J. 2016. V. 87. P. 159–167.
16. Validation of endogenous reference genes for qRT-PCR analysis of human visceral adipose samples. BMC / R. Mehta, A. Birerdinc, N. Hossain, A. Afendy // Mol Biol. 2010. V. 11. P. 39.

Информация об авторах

Баркова Ольга Юрьевна, старший научный сотрудник лаборатории молекулярной генетики Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных – филиал Федерального научного центра животноводства – ВИЖ им. академика Л.К. Эрнста (ВНИИГРЖ) 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Московское шоссе, д. 55а, кандидат биологических наук, тел. 89646116482, e-mail: barkoffws@list.ru

COMPARATIVE EVALUATION OF THE USE OF BEEHIVES MADE OF EXPANDED POLYSTYRENE AND WOOD IN BEEKEEPING

V. A. Chuchunov, E. B. Radzievsky, T. V. Konobley, T. S. Samoylova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 19.04.2022

Submitted 09.03.2023

Abstract

Relevance. The paper presents the results of comparative economic efficiency of keeping bees in styrofoam and wood hives, studied the dynamics of the development of the bee family, egg productivity of queen bees, wintering efficiency, the use of honey collections by families, technological features of keeping and caring for bees. **Relevance.** Creating healthy bee colonies, increasing bee mass to the main honey collection, its effective use and, as a result, obtaining a large amount of bee products is the main task of beekeepers, the solution of which is facilitated by both beekeeping technologies and the equipment and materials used. Recently, hives made of expanded polystyrene have appeared on sale, the price of which is comparable to classic wooden ones, a comparative assessment of which in the conditions of nomadic apiaries of the Volgograd region is quite promising. **An object.** The object of our research were beehives made of wood and expanded polystyrene, as well as bee families inhabiting them, in the conditions of nomadic settlements in the Leningrad region. **Goal.** To give a comparative economic assessment of the efficiency of bee colonies in hives made of expanded polystyrene and wood. **Materials and methods.** To conduct research after the basic honey collection and carrying out medical and organizational measures related to the preparation of families for wintering by the method of pairs of analages, a control group inhabiting wooden beehives and an experimental group transplanted into purchased styrofoam beehives were formed, selecting families took into account their strength before forming a club in winter, the age of the uterus, and honey productivity over the past season. In the course of our research, all work with families was carried out according to the technology adopted at our apiary, during the experiment we studied the indicators of the development of the bee family, the intensity of oviposition by the uterus, the strength of the family, honey productivity. At the end of the research, a comparative economic assessment of honey production was given when bees were kept in wooden hives and styrofoam hives. **Results and conclusions.** spring development worked better in families kept in hives made of styrofoam, they also quickly accumulated a large bee mass capable of mastering the nectarines of the main bribe to a greater extent. By winter, the bees contained in the styrofoam hives organized stronger families, the difference in the number of fully incubated frames was 0.9 frames. The daily egg production of the uterus was also higher in styrofoam hives. Assessing the families for honey productivity, it was noted that bees produced 10.1 kg more of gross honey in styrofoam hives. According to the results of the work of bee colonies for the season, the profit per 1 family in styrofoam hives amounted to 3462.5 rubles, while in wood hives it was at the level of 2197.8. We recommend using hives made of styrofoam in nomadic apiaries, since families develop better in them, nectarines are used more efficiently, and stronger families form in winter. The difference in the level of profitability of honey production is 16.12%.

Key words: *beehive, expanded polystyrene, honey productivity, economic efficiency.*

Citation. Chuchunov V. A., Radzievsky E. B., Konobley T. V., Samoylova T. S. Evaluation of the use of a beehive made of expanded polystyrene in beekeeping *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 391-399 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-43.

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

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

УДК 638.142

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИ ПЧЕЛОВОЖДЕНИИ
УЛЬЕВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА И ДЕРЕВА****В. А. Чучунов**, кандидат биологических наук**Е. Б. Радзиевский**, кандидат сельскохозяйственных наук**Т. В. Коноблей**, кандидат сельскохозяйственных наук**Т. С. Самойлова**, кандидат сельскохозяйственных наук*Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 19.04.2022

Дата принятия к печати 09.03.2023

Аннотация. В работе представлены результаты сравнительной экономической эффективности содержания пчел в ульях из пенополистирола и дерева, изучена динамика развития пчелиной семьи, яичная продуктивность пчелиных маток, эффективность зимовки, использование медосборов семьями, технологические особенности содержания и ухода за пчелами.

Актуальность. Создание здоровых пчелиных семей, наращивание пчеломассы к главному медосбору, его эффективное использование, и как следствие, получение большого количества пчелопродукции является основной задачей пчеловодов, решению которой способствуют как технологии пчеловодения, так и используемое оборудование и материалы. В последнее время в продаже появились ульи, изготовленные из пенополистирола, цена на которые сопоставима с классическими деревянными и сравнительная оценка которых в условиях кочевых пасек Волгоградской области достаточно перспективна. **Объект.** Объектом наших исследований стали ульи, изготовленные из дерева и пенополистирола, а также пчелиные семьи, их населяющие, в условиях кочевых пасек Волгоградской области. **Цель.** Дать сравнительную экономическую оценку эффективности содержания пчелиных семей в ульях, изготовленных из пенополистирола и дерева. **Материалы и методы.** Для проведения исследований после основного медосбора и проведения лечебных и организационных мероприятий, связанных с подготовкой семей к зимовке, по методу пар-аналогов были сформированы контрольная группа, населяющая деревянные ульи, и опытная группа, пересаживаемая в закупленные ульи из пенополистирола компании «Пеноулик». Подбирая семьи, учитывали их силу перед формированием клуба в зиму, возраст матки и медовую продуктивность за прошедший сезон. В процессе нашего исследования вся работа с семьями осуществлялась по принятой на нашей пасеке технологии. Во время опыта нами изучались показатели развития пчелиной семьи, интенсивность яйцекладки маткой, сила семьи, медовая продуктивность, по окончании исследований дана сравнительная экономическая оценка производства меда при содержании пчел в деревянных ульях и ульях из пенополистирола. **Результаты и выводы.** Весеннее развитие лучше протекало в семьях, содержащихся в ульях из пенополистирола, они же быстрее накопили большую пчеломассу, способную в большей мере освоить нектароносы главного взятка. К зиме пчелы, содержащиеся в ульях из пенополистирола, организовали более сильные семьи, разница по количеству полностью обсиженных рамок составляла 0,9 рамки. Суточная яйценоскость матки также была выше в ульях из пенополистирола. Оценивая семьи на медопродуктивность, отмечали, что в ульях из пенополистирола пчелы принесли на 10,1 кг валового меда больше. По итогам работы пчелосемей за сезон прибыль в расчете на 1 семью в ульях из пенополистирола составила 3462,5 рублей, в то время как в ульях из дерева она была на уровне 2197,8. Рекомендуем применять на кочевых пасеках ульи, выполненные из пенополистирола, так как семьи в них развиваются лучше, эффективнее используют нектароносы, а в зиму формируются более сильные семьи. Разница в уровне рентабельности производства меда в ульях, изготовленных из разных материалов, составила 16,12 %.

Ключевые слова: улья, виды ульев, пенополистирол, медовая продуктивность пчел, экономическая эффективность пчеловодства.

Цитирование. Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Коноблеи Т. В., Самойлова Т. С. Сравнительная оценка использования при пчеловождении ульев, изготовленных из пенополистирола и дерева. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 391-399. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-43.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Выбор правильной организации пчеловождения с учетом оборудования технологических приемов содержания во многом определяет продуктивность семей пчел на пасеке [8, 15].

Существование пчелиной семьи сводится к периодам активного и пассивного состояния, которые напрямую зависят от температуры окружающего воздуха. В весенне-летний период на пике развития семьи количество пчел в улье в разы превышает их численность в ранневесенний период, что позволяет экономить корма в экстремальных зимних условиях и эффективно использовать потенциалы нектароносов, создавая большие запасы меда [7, 9].

На кочевых пасеках Волгоградской области в основном используются ульи системы Дадана, расширение семьи в которых происходит по вертикали, а кроме того, имеют место быть ульи системы Рута и ульи-лежаки. Корпуса этих ульев выполнены в основном из древесины хвойных пород и при своих положительных качествах, таких как хорошие параметры влаго- и теплозащиты, они достаточно тяжелы и не совсем удобны при работе на кочевках, когда приходится манипулировать корпусами, а вес полноценного корпуса может составлять до 50 кг. В последнее время все большее распространение у пчеловодов приобретают пенополистирольные ульи [5, 14].

Ульи Дадана-Блатта достаточно удобны в работе как для опытных, так и для начинающих пчеловодов. Они хорошо подходят для пасек, расположенных в зонах с умеренным и континентальным климатом. В период зимовки пчелы образуют клуб в гнездовом корпусе, ближе к весне пчел желательно подкормить, после чего с наступлением весны проводятся проверка пчелиной семьи и выставочные работы. После этого в улей подставляются рамки с сушью, а после смены зимовальной пчелы на весеннюю вошину. Постепенно пчелиная семья крепнет и набирает силу. В это время пчеловод подставляет к корпусу улья, магазин с полурамками или дополнительный корпус с рамками. Пчелы, следуя природным инстинктам, начинают готовиться к зиме, заполняя улей медом. После того как присоединенный корпус или магазин будет полностью заполнен медом, его убирают, а на его место подставляют другой корпус. Таким образом, из улья производится изъятие меда и других продуктов пчеловодства [10, 11].

В последнее время на рынке появился большой ассортимент ульев различных модификаций, выполненных из пенополистирола, которые сохраняют, а по некоторым параметрам даже превосходят деревянные ульи. При этом имеют массу в разы меньшую, чем у аналогов. При всех положительных качествах ряд исследователей: Баландина В. С., Кашковский В. Г., Волкова С. А., Филиппова В. С. – указывают на некоторые недостатки пенополистирольных ульев: на стенках образуется конденсат при резкой смене температуры окружающей среды; пчелы хоть и несильно, но разгрызают стенки ульев [3, 6, 12].

По данным исследований Волкова С. А., следует, что по состоянию семей, содержащихся в ульях из дерева и пенополистирола, в условиях юга Западной Сибири существенных различий в силе семьи по периодам года не выявлено, но при этом

наблюдалось более раннее весеннее развитие семей, содержащихся в пенополистирольных ульях. Выход товарного меда в среднем от одной семьи по группам составил 45,8 кг и 47,2 кг соответственно. Отход пчел при зимовке составил 1,4 и 1,6 улочки соответственно анализируемым группам [4].

По наблюдениям Ахметгареева М. Ш., Чинакаева Г. Ш. отмечалось, что пчелы в ульях, изготовленных из пенополистирола, не ухудшили показатели микроклимата в гнезде. Маткам в этих семьях пчелы обеспечивают более комфортные условия, затрачивая при этом меньше энергии, соответственно, они откладывают большее количество яиц, чем в деревянных ульях, и лучше происходит развитие семьи [2, 13].

Цель исследований – дать сравнительную экономическую оценку эффективности содержания пчелиных семей в ульях, изготовленных из пенополистирола и дерева, в связи с чем задачей наших исследований явились изучение и сравнительный анализ развития, зимовки, продуктивности пчелиных семей в ульях, изготовленных из различных материалов, а также экономическая эффективность применения пенополистирола как материала для изготовления улья.

Материалы и методы. Пенополистирол, используемый для производства ульев, является синтетическим материалом, поэтому его использование вызывает вопросы у пчеловодов и потребителей пчелопродукции, связанные с безопасностью получаемой продукции. В производственных условиях оценку безопасности проводили, отслеживая процессы, протекающие в пчелиной семье в пенополистирольных ульях, сопоставляя их с развитием этих же процессов в деревянных ульях. Для достижения поставленной цели нами в условиях кочевой пасеки после главного взятка по методу пар-аналогов были сформированы 2 группы пчелосемей по 10 ульев в каждой. Опытная группа пчелосемей располагалась в ульях из пенополистирола, а контрольная – в деревянных ульях. В ходе нашего эксперимента были изучены показатели зимовки пчел, весеннее развитие, продуктивные качества, по окончании исследований дана экономическая оценка эффективности использования ульев, изготовленных из разных материалов. Схема наших исследований представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема проведения исследований

Figure 1 – Researchs cheme

Ульи Дадана-Блатта, используемые в опыте на нашей пасеке, представляют собой деревянный или пенополистирольный улей на 10 рамок, состоящий из съёмного сетчатого дна с летковым отверстием и прилётной доской, двух корпусов с гнездовыми рамками, в момент медосбора на которые через ганемановскую решётку, ограничивающую гнездо, установили корпуса или магазинные надставки с рамками для сбора меда, подкрышник и крышу. Технологические операции при работе с семьями во время опыта включали в себя следующее: начало сезона пчеловодения осуществляется непосредственно после главного медосбора, когда проводятся мероприятия, которые направлены на подготовку семей пчел к зимовке. После главного взятка семьи сильно «проседают» по количеству пчел. Поэтому в августе – начале сентября создаем условия для повышенной откладки яиц маткой, чтобы нарастить силу семьи в зиму. Кроме того, в это же время проводим вне зависимости от степени заклещёванности противоварроатозные обработки, в конце августа начинаем пополнять запасы семей кормами в зиму, закармливая их 50 % сахарным сиропом, заменяем полиэтиленовую пленку на поверхности рамок брезентовым холстиком и удаляем из улья всякое утепление до конца зимы – начала весны (пока в гнезде не появится расплод). После формирования клуба пчел при небольшой отрицательной температуре окружающего воздуха нами производится удаление гнездовых рамок, не занятых сформировавшимся клубом, и ограничение гнезда разделительными диафрагмами. Семьи, клуб которых занимает менее пяти рамок, подлежат объединению между собой либо же их подсиливают другими семьями. Пчелы нашей пасеки зимуют на улице на сетчатом дне, которое после весенней ревизии заменяется сплошным. Наша задача в зимнее время сводится к обеспечению безопасности гнезда пчел от мышевидных грызунов и птиц, в это время семьи необходимо как можно меньше беспокоить. В конце января – марте осуществляем ревизию кормовых запасов и при необходимости на верхних брусочках гнездовых рамок размещаем медовое тесто или полномёдную рамку, а при установлении наличия расплода в гнезде (повышения температуры, создаваемой клубом) утепляем клуб. После установления положительных температур, позволяющих осуществить первый очистительный облет пчелами, чистим донья ульев от подмора и продуктов зимовки, заменяя их на чистые, а при необходимости сокращаем гнездо, удаляя рамки, не обсиженные пчелами. Контролируем наличие матки в гнезде по наличию расплода и при выявлении безматочных семей объединяем их со слабыми семьями. Заменяем брезентовые холстики под утеплителем на полиэтиленовую пленку, а за разделительную диафрагму в не занятую гнездом часть улья подставляем медовые рамки, для того чтоб из них пчелы пополняли кормовые запасы гнезда. Необходимо обеспечить, чтоб в улье было не менее 8-12 кг меда и после этих мероприятий 2-3 недели не беспокоим пчел. В апреле – мае каждую неделю контролируем развитие пчелиной семьи, расширяя ее, подставляя в начале маломедные рамки и сушь, а когда семья набирает силу и появляется много молодой пчелы, у которой хорошо развиты восковые железы, можно начинать подставлять и вошину. При развитии семьи пчел в поздневесенний период и во избежание дефицита свежестроенных сот, для расширения семьи, содержащейся в 2-х гнездовых 10 рамочных корпусах, используем вошину. Момент подстановки рамок с вошиной контролируем по наличию восковых построек на строительной рамке, расположенной с краю гнезда.

По мере появления большого количества трутового расплода проводим противоварроатозные обработки. Если главный взятки еще не наступил, а семья набрала силу, проводим противоварроатозные мероприятия. Непосредственно перед главным взятком в нижний корпус перемещали рамки преимущественно с закрытым расплодом, чередуя их с 3-4 рамками с вошиной, в этот же корпус перемещали и матку этой семьи, поверх

рамок гнездового корпуса располагали ганемановскую решётку, препятствующую проходу матки в выше располагаемые корпуса улья. Второй корпус формировали рамками открытого расплода и вощиной. По наступлении главного взятка на сформированные таким образом улья устанавливали корпуса и магазины с сушью для сбора меда. Количество принесенного нектара в день контролировали в 8 часов вечера путем взвешивания контрольного улья (семья средней силы), установленного на весах. По мере необходимости производили откачку товарного меда.

Результаты и обсуждение. Зимовка пчел осуществлялась в условиях улицы без всякого утепления и лишь в конце зимы или ранней весны (при появлении расплода) проводили при необходимости подкормку и утепление гнезда. Оцениваемые показатели зимовки пчел представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Оценка качества зимовки пчел

Table1– Assessment of the quality of wintering bees

Группа / Group	Количество рамок с пчелами, пошедшими на зимовку / The number of frames with bees that have gone to winter	Количество рамок с пчелами, вышедшими из зимовки / The number of frames with bees that have come out of the wintering	% отхода / % waste
Опытная / Experienced	7,2±0,16	6,7±0,21	6,9
Контрольная / Control	7,2±0,16	6,1±0,35	15,3

Оценивая показатели зимовки, представленные в таблице 1, отмечали, что в соответствии с методикой проведения опыта, подбирая семьи методом пар аналогов, среднее количество рамок полностью обсиженными пчелами составляла в обеих группах 7,2, при этом все гнезда занимали от 6 до 8 гнездовых рамок. По окончании зимовки отмечали, что лучшие результаты были в семьях, зимовавших в ульях из пенополистирола, процент подмора в которых по сравнению с деревянными ульями составил 6,9 %, что меньше на 8,4 %.

Средний возраст маток в опыте составлял 1,5 года, по 5 семей с матками 1 года и 2–х лет. Медовая продуктивность семей, отобранных для опыта за год, предшествующий опыту, составляла от 21,9 до 22,5 кг товарного меда, данные отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Продуктивность семей за предыдущий исследованиям год

Table 2 – Productivity of families for the previous research year

Группа / Group	Возраст матки, лет / Age of the uterus, years	Медовая продуктивность за прошлый год (товарного меда), кг / Honey productivity for the last year (commercial honey), kg
Опытная / Experienced	1,5±0,17	21,9±2,32
Контрольная / Control	1,5±0,17	22,5±1,89

Изучая развитие пчелиных семей в различные периоды их функционирования (таблица 3), отмечали, что весеннее развитие лучше всего происходило в семьях, содержащихся в ульях из пенополистирола, соответственно, они быстрее смогли накопить большую пчеломассу к главному медосбору и лучше его использовать. В середине июня произошло некоторое проседание семей обеих групп, что связано с интенсивной работой пчел на медосборе, когда народившиеся пчелы не успевают возобновлять изношенных и отошедших на медосборе пчел. К зиме пчелы в ульях из пенополистирола создали более сильные семьи, некоторые из них обсиживали по 8-9 гнездовых рамок, разница по количеству полностью обсиженных пчелами рамок в деревянных ульях и

ульях из пенополистирола составляла 0,9 рамки. Среднесуточная яйценоскость матки также была выше в ульях из пенополистирола, матки быстрее достигли пика яйцекладки, обеспечивая более высокую силу семьи. Такое развитие пчелиных семей в пенополистирольных ульях косвенно свидетельствует об отсутствии негативного воздействия материала улья на биологические процессы семьи.

Таблица 3 – Развитие пчелиной семьи / Table3 – Development of the bee family

Группа / Group	Дата / Date	Сила семьи, улочка / The power of the family, the street	Среднесуточная яйценоскость матки, шт. / Average daily egg production of the uterus, pcs.
март			
Опытная / Experienced	20	6,7±0,21	-
Контрольная / Control	20	6,1±0,35	-
Опытная / Experienced	27	6,9±0,23	-
Контрольная / Control	27	6,0±0,21	-
апрель			
Опытная / Experienced	5	7,2±0,29	-
Контрольная / Control	5	6,3±0,21	-
Опытная / Experienced	16	9,6±0,45	504,5±25,06
Контрольная / Control	16	8,1±0,35	431,0±21,13
май			
Опытная / Experienced	1	11,9±0,48	757,4±22,19
Контрольная / Control	1	9,9±0,43	653,1±28,36
Опытная / Experienced	12	14,8±0,51	1047,7±27,69
Контрольная / Control	12	12,3±0,51	891,4±28,43
Опытная / Experienced	26	17,5±0,56	1641,5±30,14
Контрольная / Control	26	15,3±0,49	1586,6±23,19
июнь			
Опытная / Experienced	4	19,5±0,48	1769,1±24,29
Контрольная / Control	4	17,6±0,43	1658,4±21,08
Опытная / Experienced	20	16,0±0,26	1759,6±24,01
Контрольная / Control	20	14,3±0,3	1608,9±20,91
июль			
Опытная / Experienced	18	14,8±0,29	-
Контрольная / Control	18	12,9±0,35	-
август			
Опытная / Experienced	7	12,7±0,3	-
Контрольная / Control	7	11,6±0,34	-
Опытная / Experienced	28	11,2±0,32	795,9±11,97
Контрольная / Control	28	10,1±0,31	722,6±23,09
октябрь			
Опытная / Experienced	26	8,5±0,22	0
Контрольная / Control	26	7,6±0,16	0

Изучив продуктивность пчел по меду за сезон, данные которой, представлены в таблице 4, отмечали, что по показателю «количество стандартных соторамок со зрелым медом, изъятых из семей», опытная группа превосходила контрольную на 2,7 рамки. От семей, содержащихся в ульях из пенополистирола, получили на 10,1 кг валового меда больше, чем от семей, содержащихся в деревянных ульях. Товарного меда также было получено больше в семьях опытной группы, разница составила 19,86 %.

Таблица 4 – Продуктивность пчёл / Table 4 – Productivity of bees

Группа / Group	Количество стандартных сотора- мок с медом, шт./ Number of standard honeycomb boxes with honey, pcs	Получено всего меда, кг /Total honey received, kg.	Получено товарно- го меда, кг / Re- ceived commercial honey, kg.
Опытная / Experienced	11,4±0,93	43,7±3,52	27,7±3,52
Контрольная / Control	8,7±0,88	33,06±3,48	22,2±3,09

Данные экономических показателей представлены в таблице 5: так, при цене реализации меда в 350 рублей за кг полные издержки были несколько выше в семьях, содержащихся в деревянных ульях, что связано с более низкой медовой продуктивностью в этих семьях, разница составляла 26 рублей за кг товарного меда. Это повлияло на более высокую прибыль, полученную за килограмм меда, в опытных семьях она была на 125 руб. за кг больше. Разница по показателю уровень рентабельности между опытными и контрольными группами составляла в среднем 16,12 %. Прибыль в расчете на 1 семью в ульях из пенополистирола составила 3462,5 рублей, в то время как в ульях из дерева она была на уровне 2197,8 рублей.

Таблица 5 –Экономическая эффективность производства мёда в ульях,
выполненных из разных материалов

Table 5 – Economic efficiency of the production of honey in hives made of different materials

Показатель/Indicator	Опытная / Experienced	Контрольная / Control
Цена реализации за кг, руб. / Sellin gpriceper kg, rub.	350	350
Полные издержки, руб. / Total costs, rub.	225	251
Прибыль на 1 кг, руб. / Profit per 1 kg, rub.	125	99
Получено товарного мёда с 1 семьи, кг / Received commer- cial honey from 1 family, kg	27,7	22,2
Прибыль в расчете на 1 семью, руб. / Profitper 1 family, rub.	3462,5	2197,8
Уровень рентабельности, % / Profitabilitylevel, %	55,56	39,44

Выводы. Проведя комплексные исследования по сравнительной оценке содержания пчел в ульях, изготовленных из пенополистирола и дерева, рекомендуем применять на кочевых пасеках Волгоградской области улья, выполненные из пенополистирола. Так как негативного влияния материала в ходе исследований выявлено не было, семьи в таких ульях развиваются лучше, быстрее набирается пчеломасса, что позволяет лучше использовать нектароносы, в зиму формируются более сильные семьи, а в экономическом выражении уровень рентабельности производства меда на 16,12 % выше.

Библиографический список

1. Астафьев Н. П. И. Прокопович о способах содержания пчел // Пчеловодство. 2021. № 1. С. 60-61.
2. Ахметгареев М. Ш. Экструдированный пенополистирол "Тимплекс" // Пчеловодство. 2017. № 6. С. 32-33.
3. Баландин В. С. Влияние пенополистироловых ульев на жизнедеятельность пчелиной семьи // Российская наука в современном мире: сборник статей XVI международной научно-практической конференции. Москва, 2018. С. 2-4.
4. Волков С. А. Зимовка пчел в синтетических ульях в Западной Сибири // Пчеловодство. 2015. № 2. С. 12-13.

5. Игошин О. Ю., Толманов А. А. Особенности содержания и разведения медоносных пчел в условиях Поволжья // Современные тенденции в биологических науках XXI века: сборник научных трудов IV Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2019. С. 198-203.
6. Кашковский В. Г., Волков С. А. Выбор улья для пасек Западной Сибири // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014. № 4. С. 51-53.
7. Крутоголов В. Д. Технология содержания пчел // Пчеловодство. 2014. № 3. С. 30-32.
8. Мельникова Е. Н., Мельников М. М., Земскова Н. Е. Содержание пчел в условиях лесостепной зоны Самарской области // Пчеловодство. 2019. № 2. С. 12-13.
9. Налецкий М. М. Содержание пчел в многокорпусных ульях // Пчеловодство. 2014. № 8. С. 37-40.
10. Панков Д. М. Комплексный подход к содержанию пчел // Пчеловодство. 2013. № 6. С. 12-13.
11. Селицкий А. В. Содержание пчел в двухкорпусном улье // Пчеловодство. 2014. № 5. С. 45-47.
12. Филиппов В. С. Содержание пчел в теплых ульях // Пчеловодство. 2020. № 4. С. 36-39.
13. Чинакаев Г. Ш. Ульи из пенополистирола // Пчеловодство. 2018. № 1. С. 41-42.
14. Экономическая эффективность лечения медоносных пчел от варроатоза при ведении органического животноводства / В. А. Чучунов, Е. Б. Радзиевский, В. А. Злепкин, Т. В. Коноблеи, Ю. В. Радзиевская // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 300-311.
15. Ярошевич Г. С., Мазина Г. С., Владимирова С. В. Приемы и способы содержания пчел в условиях Псковской области // Инновационные технологии для АПК юга России: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Майкоп, 2016. С. 293-297.

Информация об авторах

Чучунов Василий Александрович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3569-5725>; e-mail: chuchunov.78@mail.ru

Радзиевский Евгений Борисович, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0001-5938-1045>; e-mail: yenia79@mail.ru

Коноблеи Татьяна Викторовна, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) кандидат сельскохозяйственных наук ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8274-3961>, e-mail: oziola@mail.ru

Самойлова Татьяна Сергеевна, доцент кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.) кандидат сельскохозяйственных наук e-mail: kolobova2802@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-44

THE WAY OF FORMATION OF THE CRISPR/CAS9 SYSTEM AS A TOOL FOR IMPROVING THE PRODUCTIVITY OF ANIMALS

E. A. Polteva, T. A. Larkina, G. K. Peglivanyan, O. Yu. Barkova

*Russian Research Institute of Farm Animal Genetics and Breeding — Branch of the L.K. Ernst
Federal Research Center for Animal Husbandry*

Received 12.12.2022

Submitted 28.02.2023

*The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation
(project no. 20-76-10006)*

Abstract

This review article presents the development of genome editing methods in living organisms. The history of the development of applied genetics from the first attempts in the field of cell engineering to the creation of the first cloned animal is briefly outlined. The fundamental discoveries that gave rise to genetic

engineering, such as the production of a restriction enzyme, the creation of the first recombinant DNA, the development of a method for determining nucleotide sequences and a method for DNA cloning using cosmid, are highlighted. Particular attention is paid to a method known as the Clustered Short Regularly Spaced Palindromic Repeat (CRISPR) system, which has made a major breakthrough in the development of gene editing technologies. The mechanism of operation of the CRISPR/Cas system is described. Examples of the successful use of the CRISPR/Cas9 technique for editing the myostatin gene (MSNT) in a number of farm animals are given. So, in 2018, goats edited for the MSTN gene were successfully obtained. In 2016, a line of myostatin knockout rabbits was created and transmitting this modification to their descendants; in 2017, a line of genetically edited pigs with a knockout myostatin gene was obtained. A number of studies on editing myostatin in chicken cells using the CRISPR/Cas system are presented, as well as achievements in the field of editing such genes as SOCS2, FGF5, ASIP, AANAT and ASMT, which affect the expression of economically important traits.

Key words: genome editing, myostatin, CRISPR/Cas9.

Citation. Polteva E. A., Larkina T. A., Peglivanyan G. K., Barkova O. Yu. The way of formation of the CRISPR/Cas9 system as a tool for improving the productivity of animals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 399-414 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-44.

Author's contribution. All authors of the review article were directly involved in planning and writing. All authors of this article reviewed the submitted final version and approved it.

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

УДК 577.218

ПУТЬ СТАНОВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ CRISPR/CAS9 КАК ИНСТРУМЕНТА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ ЖИВОТНЫХ

Е. А. Полтева, младший научный сотрудник

Т. А. Ларкина, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник

Г. К. Пегливанян, аспирант, младший научный сотрудник

О. Ю. Баркова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

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», Санкт-Петербург

Дата поступления в редакцию 12.12.2022

Дата принятия к печати 28.02.2023

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (проект № 20-76-10006).

Аннотация. В данной обзорной статье представлен путь становления методов редактирования генома у живых организмов. Кратко изложена история развития прикладной генетики от первых попыток в области клеточной инженерии до создания первого клонированного животного. Освещены фундаментальные открытия, давшие начало генной инженерии, такие как получение рестрикционного фермента, создание первой рекомбинантной ДНК, разработка метода определения нуклеотидных последовательностей и метода клонирования ДНК с использованием космид. Особое внимание уделено методу, известному как система кластерных коротких палиндромных повторов с регулярными интервалами (CRISPR), совершившему большой прорыв в развитии технологий редактирования генов. Описан механизм работы системы CRISPR/Cas. Приведены примеры успешного использования методики CRISPR/Cas9 по редактированию гена миостатина (*MSNT*) у ряда сельскохозяйственных животных. Так, в 2018 году успешно получили отредактированных по гену *MSTN* коз. В 2016 году была создана линия кроликов, нокаутных по гену миостатина и передающих эту модификацию потомкам, в 2017 году была получена линия генетически отредактированных свиней с нокаутным геном миостатина.

Приведен ряд исследований по редактированию миостатина в куриных клетках с помощью системы CRISPR/Cas, а также достижения в области редактирования таких генов, как *SOCs2*, *FGF5*, *ASIP*, *AANAT* и *ASMT*, влияющих на проявление хозяйственно важных признаков.

Ключевые слова: редактирование генома, миостатин, CRISPR/Cas9.

Цитирование. Полтева Е. А., Ларкина Т. А., Пегливанян Г. К., Баркова О. Ю. Путь становления системы CRISPR/Cas9 как инструмента совершенствования продуктивности животных. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 399-414. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-44.

Авторский вклад. Все авторы обзорной статьи принимали непосредственное участие в планировании и написании. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время во всем мире активно используется система редактирования генома CRISPR/Cas9. С ее помощью стало более доступно и просто внести изменения в наследственный аппарат, поскольку все ранее использующиеся методы более трудоемкие. CRISPR/Cas9 – это адаптивная иммунная система у бактерий и архей; человек использует ее как РНК-управляемые эндонуклеазы (RGEN) для редактирования генома различных биологических объектов, в том числе животных. Принцип действия основан на малых РНК и белках-эндонуклеазах Cas, которые могут индуцировать сайт-специфические двухцепочечные разрывы ДНК [34]. Простота этого нового молекулярного инструмента произвела революцию в генетической инженерии множества клеток и организмов. В данной статье мы рассматриваем этапы становления генной инженерии и описываем основные достижения в области редактирования генома системой CRISPR/Cas9.

Краткая история клеточной и генной инженерии. Первые опыты в области клеточной инженерии были начаты еще в начале XX века. Одним из пионеров генной инженерии был немецкий эмбриолог Ганс Шпеманн. Его первые эксперименты по сжатию бластомеров оплодотворенной яйцеклетки саламандры волоском ребенка позволили получить эмбрион с двумя головами и одним хвостом. В 1938 Шпеманн предположил, что удаление ядра из неоплодотворенной яйцеклетки и замена его дифференцированным ядром эмбриона может дать жизнь всему организму [63, 64]. Позднее в 1952 году Робертом Бриггсом и Томасом Кингом был разработан метод нуклеотрансфера. Перенос ядра соматической клетки лягушки *Rana pipiens* в оплодотворенную икринку, ядро которой предварительно разрушали, показал, что из таких клеток развивался жизнеспособный головастик. Однако подобные опыты с переносом ядер дифференциальных клеток не закончились успехом. Тем не менее фундамент для дальнейших исследований был заложен [6, 7, 28]. Несколькими годами позднее Джон Гардон в опытах на лягушке *Xenopus laevis* доказал, что пересадка ядра от дифференцированных клеток возможна, и данные опыты опровергли «парадигму необратимости развития» [31]. Работы Дж. Гардона легли в основу клонирования путём переноса ядра соматической клетки (somatic cell nuclear transfer), и по истечении нескольких десятков лет в 1997 году именно с применением данных подходов была получена знаменитая овечка Долли [70].

Параллельно с клеточной инженерией развивались технологии работы с ДНК.

В 70-е годы XX века Гамильтон Смит получил эндонуклеазу рестрикции типа II (*Hind II*) из бактерии *Haemophilus influenzae* (*H. influenzae*) и обнаружил, что этот фермент разрезает ДНК в центре определенной последовательности из шести пар оснований. Смит показал, что *Hind II* режет лишь чужеродные специфические фрагменты ДНК, но не разрезает эту же последовательность в клетке хозяина *H. Influenzae* [62]. В наше время различные рестриктазы широко используются как для исследований генома, так и для генетической инженерии.

Генетическая инженерия как таковая заключается в изменении наследственной информации клеток и организмов, то есть в создании гибридной или рекомбинантной молекулы ДНК. В 1972 году была опубликована статья, впоследствии принесящая одному из ее авторов, Полу Бергу, Нобелевскую премию. В этой статье описано получение первой рекомбинантной ДНК на основе вируса SV40. Эксперимент проходил в несколько этапов. Сначала молекула ДНК была переведена из кольцевой формы в линейную, затем с помощью дезоксирибонуклеотидилтрансферазы к 5' и 3' концам цепей были добавлены новые фрагменты, и финальным этапом стал обратный перевод рекомбинантной молекулы в кольцевую форму [38].

Позднее значимым этапом в развитии генной инженерии стал описанный Фредериком Сенгером в 1975 году метод определения нуклеотидных последовательностей в одноцепочечной ДНК. Впервые данный метод был использован для определения двух последовательностей в ДНК бактериофага λ X174 с использованием синтетического декануклеотида AGAAATGAAA и продукта расщепления рестриктазами в качестве праймеров. Метод Сенгера находится в основе современных методов определения нуклеотидной последовательности ДНК [60]. Секвенирование генома в конечном итоге позволило человечеству расшифровать значение множества генов, которые в дальнейшем стали использоваться для нужд генетической инженерии.

В 1978 году Коллинз и Холман разработали метод клонирования ДНК с использованием космид. Космида – это разновидность плазмиды, содержащая *cos*-сайт фага лямбда и имеющая возможность упаковки в субъединицы лямбда-бактериофага. Они могут быть использованы в качестве векторов для клонирования генов в сочетании с системой *in vitro*. Описаны свойства серии космид на основе репликона *ColE1*, включая небольшие термочувствительные плазмиды [9]. Использование космид в определенных диапазонах размеров позволяет обеспечивать высокоэффективную систему клонирования, с помощью которой можно получать гибридные клоны, не прибегая ко второму этапу отбора или скрининга и без предварительной обработки ДНК (например, фосфатазой). Эти векторы можно амплифицировать в бактериях с использованием хлорамфеникола, благодаря которому они составляют около 50 % всей клеточной ДНК. Коллинз и Холман создали две плазмиды pJC75-58 и pJC75-37, содержащие сайты рестрикции для эндонуклеаз *BglII*, *EcoRI* и *BamHI*, или только для *BglII* и *EcoRI*. В данных плазмидах удалена функция, необходимая для F-промотируемого конъюгационного переноса, и присутствует мутация в гене, контролирующем репликацию, что делает их температурно-чувствительными [10].

В конечном итоге два направления воздействия на клетки и организмы (клеточная инженерия и работа с нуклеиновыми кислотами) объединились и так возникла генетическая инженерия, а позднее — её современная разновидность, редактирование генома.

Один из ранних методов редактирования генома базируется на цинк-пальцевых нуклеазах (zinc-finger nucleases, ZFNs). Это химерные конструкции, состоящие из двух частей — белка типа Cys2-His2, способного связываться с ДНК, и нуклеазного домена FokI. Сконструировав цинк-пальцевую нуклеазу конкретной конфигурации, можно нацелить её на заранее определённый участок генома с целью управления транскрипцией отдельных генов — повышения или понижения транскрипционной активности [15].

Также редактирование генома возможно с помощью химерных эффекторных нуклеаз, подобных активаторам транскрипции (transcription activator-like effector nucleases, TALENs). Как и белки «цинковых пальцев», белки TALE обладают способностью связываться с ДНК, взаимодействуя с конкретной последовательностью нуклеотидов, зашифрованной в их структуре. Объединение TALE с доменом FokI позволяет создать нуклеазу, вносящую двухцепочечные разрывы в ДНК-мишень, что открывает большие возможности для дальнейшей рекомбинации [72].

В 2012 году американский биохимик Дженнифер Дудна совместно с французским микробиологом Эммануэль Шарпантье разработали молекулярный инструмент, использующий кластерные короткие палиндромные повторы с регулярными интервалами (CRISPR). Это открытие заложило основу для создания принципиально нового способа редактирования генома, что позволило исследователям вносить конкретные изменения в последовательности ДНК технически более простым и часто более эффективным образом, чем предыдущие методы. Используя систему *CRISPR/Cas9*, ученые смогли исправить генетические дефекты у животных и изменить последовательности ДНК в эмбриональных стволовых клетках, что открыло путь к модификации генома зародышевой линии (сперматозоидов и яйцеклеток) у людей [20]. Дудна и Шарпантье разделили Нобелевскую премию по химии 2020 года за открытие и развитие технологий редактирования генов.

Метод редактирования генома CRISPR/Cas. CRISPR (clustered regularly interspaced short palindromic repeats или же кластерные короткие палиндромные повторы с регулярными интервалами) представляют собой повторяющиеся последовательности, обнаруженные в бактериальных и архейных геномах, прерванные спейсерами, захваченными из ранее встречавшихся вирусных геномов и другой инвазивной ДНК. Их функция заключается в обеспечении формы адаптивного иммунитета через CRISPR-ассоциированные (Cas) белки, которые действуют как РНК-направленные эндонуклеазы, разрушая тот же тип инвазивной ДНК, если она встречается снова [16].

Система CRISPR/Cas заняла свое место в ряду других инструментов редактирования генома, таких как ZFN, гибридные ферменты и TALEN [39]. В настоящее время системы CRISPR/Cas можно разделить на несколько больших групп и два больших класса в зависимости от строения эффектора. Среди них выделяют системы I-VI типа со множеством подтипов, в зависимости от используемого белка Cas. Классификация проводилась на основе родства между отдельными белками [4, 25]. Например, к I типу относят семейства CRISPR, ассоциированные с белками Cas3, Cas5, Cas6 и Cas7. Системы II типа включают в себя только Cas9, именно они наиболее активно используются в качестве молекулярного инструмента. Системы III типа отличаются наличием RAMP (receptor activity-modifying proteins; белки, модифицирующие активность рецепторов), что делает их использование достаточно неудобным. Также в редактировании генома можно применять CRISPR типа V и VI, которые имеют строение эффектора, схожее с системами типа II.

Общий принцип действия систем CRISPR/Cas заключается в том, что бактерии захватывают фрагменты чужеродной ДНК длиной примерно 20 п.н, так называемые протоспейсеры, и включают их в геномную кассету CRISPR, таким образом протоспейсер становится спейсером [1]. Захват происходит благодаря соседству протоспейсера с короткими последовательностями, называемыми смежным мотивом протоспейсера (PAM). Транскрипция кассеты дает длинный транскрипт, который преобразуется в более короткие РНК CRISPR (crRNA), каждая из которых представляет собой один спейсер и CRISPR повтор. В дальнейшем, при проникновении в бактерию инфекционных агентов, белковые комплексы на основе Cas связываются с ДНК, содержащей PAM и протоспейсер, соответствующий crRNA, после чего происходит рестрикция и обезвреживание инфекционного агента.

В системах типа II CrRNA образует комплекс с эндонуклеазой Cas9 и транскрипцией crRNA (tracrRNA), которая опосредует взаимодействие [1]. После связывания рибонуклеопротеина Cas9 (RNP) с чужеродной ДНК на обеих цепях происходит опосредованное эндонуклеазными доменами Cas9 RuvC и HNH расщепление происходит на три нуклеотида выше PAM [51].

Способность системы CRISPR/Cas9 распознавать специфические ДНК-мишени была использована для разработки платформы редактирования генома, управляемой РНК. Данная платформа является более универсальной, чем эквивалентные платформы, включающие белковые ДНК-связывающие модули [34]. Естественная система была преобразована в универсальную платформу для редактирования генома и сокращена до двух удобных компонентов (рисунок 1) [52]. Первый — это эндонуклеаза Cas9, обычно из *Streptococcus pyogenes* (Sp Cas9), которая для эукариотических мишеней снабжена сигналом ядерной локализации [21, 53]. Второй — это синтетическая направляющая РНК (sgRNA), в дальнейшем по тексту нРНК, объединяющая функции tracrRNA и crRNA естественной системы в единой молекуле [21, 59]. нРНК нацелена на уникальную последовательность из 20 пар оснований в геноме организма-хозяина, и может быть выбрана любая последовательность, если она примыкает к РАМ. Оптимизированные по кодомам версии гена *Cas9* обладают максимальной активностью у разных видов хозяев [5], хотя белок дикого типа также активен в гетерологичных системах, таких как протопласты риса и листья табака [14].

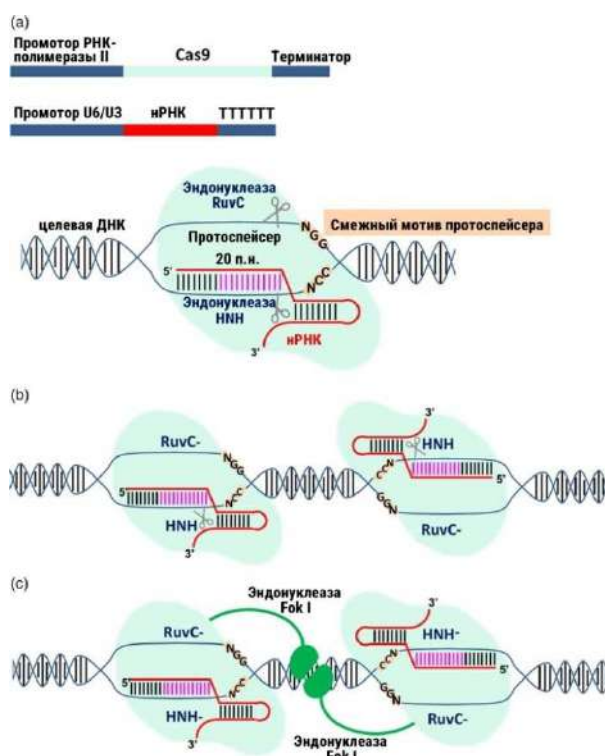


Рисунок 1 – Пример системы CRISPR / Cas9 для редактирования генома [52]

Figure 1 – An example of a CRISPR/Cas9 system for genome editing [52]

При взаимодействии *Cas9* и геномного сайта-мишени образуется двухцепочечный разрыв ДНК (DSB, double strand breaks), как это происходит в естественных условиях внутри бактерии. У высших эукариот DSB обычно восстанавливается с помощью негомولوجного соединения концов (NHEJ), при котором часто возникают небольшие точечные мутации — инсерции и делеции, известные под общим названием indels или индели [53, 57]. Если донорская ДНК отсутствует, индели являются единственными следами редактирования и они часто используются для индукции мутаций со сдвигом рамки считывания путем нацеливания на экзон около 5'-конца гена, но если донорская ДНК присутствует, то она может быть встроена в месте разрыва. Эти процессы показав-

ны в верхней левой панели рисунка 2. Если имеются мутации в генах эндонуклеаз (например, *RuvC* с мутацией D10A или *HNH* с мутацией H840A), тогда Cas9 становится никазой и две нРНК, соответствующие соседним геномным мишеням, могут генерировать ступенчатый двухцепочечный разрыв [1]. Это увеличивает точность нацеливания, поскольку специфичность зависит от двух сайтов-мишеней с общей уникальной длиной последовательности ~ 40 п.н., и любые повреждения вне мишени исправляются эндогенными системами репарации без введения ошибок, присущих нехомологичной репарации DSB [26]. Другое преимущество ступенчатых разрывов состоит в том, что можно ввести донорскую ДНК с «липкими» концами, комплементарными концам ступенчатого разрыва, что облегчит встраивание [49]. Это показано на верхней правой панели рисунка 2. В качестве альтернативы двойным никазам можно также ввести ступенчатые разрывы с помощью эндонуклеазы *Francisella novicida* (FnCpf1), которая в своем естественном состоянии относится к двухкомпонентным системам V типа. Она также производит DSB (и результирующий отступ) на дальнем конце целевого сайта, тем самым сохраняя исходную цель для последующих раундов редактирования, если это необходимо [12]. Если оба эндонуклеазных домена Cas9 мутированы, фермент становится каталитически неактивным, но все еще может связываться со своим целевым сайтом. Эти неактивные белки Cas9 (dCas9), называемые «мёртвыми», могут использоваться для решения различных задач, включая эпигенетическую модификацию и регуляцию транскрипции [19], или могут быть слиты с неспецифической эндонуклеазой, такой как Fok1, в качестве альтернативного способа получения ступенчатых DSB [17, 30].

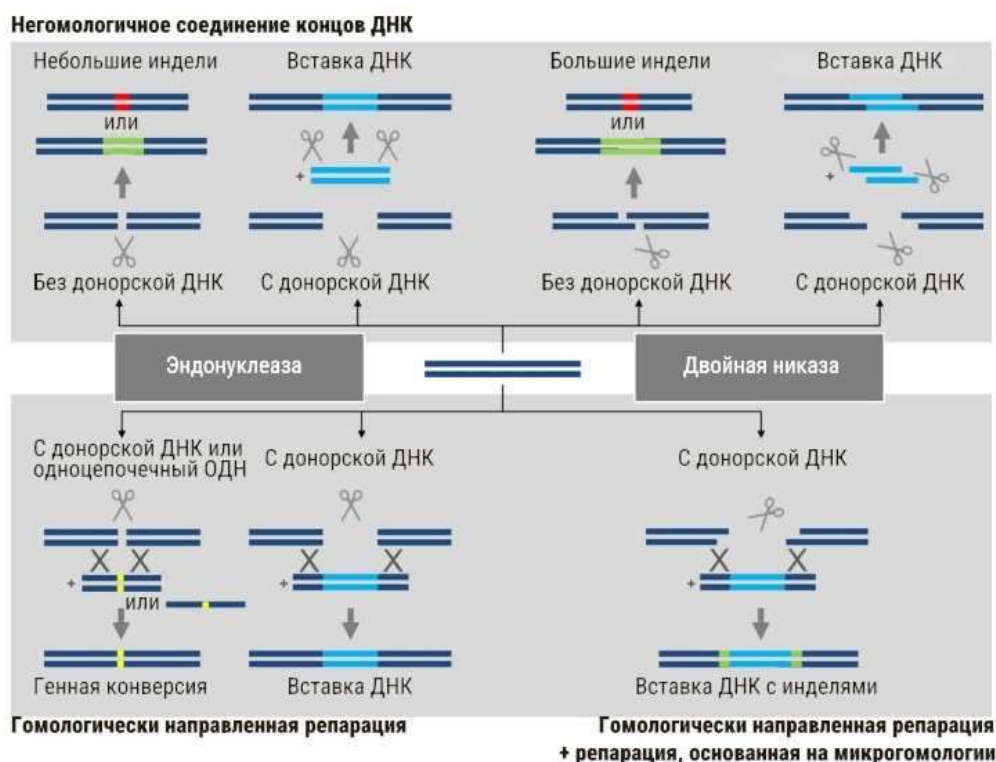


Рисунок 2 – Возможные результаты редактирования генома с помощью CRISPR / Cas9 в зависимости от природы двухцепочечного разрыва (DSB), преобладающего пути репарации и присутствия донорской ДНК [52]

Figure 2 – Possible outcomes of genome editing with CRISPR/Cas9 depending on the nature of the double-strand break (DSB), the predominant repair pathway, and the presence of donor DNA [52]

Сравнение с донорской ДНК также можно использовать для отбора в зависимости от наличия гомологически направленной репарации (HDR), которая обычна для микробов, но у эукариот встречается куда реже — 1 HDR на 10^5 - 10^6 NHEJ. Этот подход может использоваться либо для вставки донорской ДНК, либо для замены одного аллеля другим, можно также вырезать целые гены или заменять отдельные нуклеотиды [21]. Иногда при гомологически направленной рекомбинации на границе вставленной ДНК могут возникать индели из-за того, что действует также механизм репарации, основанной на микрогомологии (MMEJ). Это особенно часто случается при использовании двойной нуклеазы Cas9, поскольку она оставляет отступы на 5' и 3' концах. Эти процессы показаны на нижней панели рисунка 2. В диплоидных организмах целевые мутации могут быть гомозиготными, гетерозиготными или двуаллельными, причем последнее является результатом создания двух разных мутантных аллелей-мишеней [61].

Нецелевые мутации представляют некоторую степень риска при редактировании генома. Системы CRISPR изначально предназначены для обезвреживания бактериальных вирусов, ДНК которых имеет относительно малую длину. Однако при работе с более генетически ёмкими объектами, такими как растения и животные, следует учитывать большое число повторов отдельных нуклеотидных последовательностей. CRISPR/Cas9 действует на определенную последовательность нуклеотидов, которая может присутствовать не только в гене-мишени, но и других участках ДНК, что может привести к множественным двухцепочечным разрывам. Для уменьшения этого риска следует выбирать как можно более уникальные последовательности.

Таким образом, система CRISPR/Cas9 является удобным инструментом для различных манипуляций с целевым геномом, имеющим относительно мало недостатков, и может быть использована для многих целей, таких как вставка, удаление и изменение нуклеотидных последовательностей.

Система CRISPR/Cas9 как инструмент для успешного редактирования гена миостатина (*MSTN*). Получив в руки новый надежный молекулярный инструмент для вмешательства в наследственный код, человечество обрело возможность использовать его в различных направлениях. Животных, геном которых отредактирован, можно использовать, среди прочего, в науке, медицине и сельском хозяйстве. На последнем остановимся подробнее.

Одним из наиболее известных генов, который используется в редактировании генома системой *CRISPR/Cas9*, является ген миостатина (*MSTN*). Миостатин (фактор роста и дифференцировки-8, GDF-8, кодируемый *MSTN*) – член суперсемейства белков трансформирующего фактора роста- β (TGF- β), является критическим аутокринным/паракринным негативным регулятором массы скелетных мышц во время эмбриогенеза и раннего постнатального развития [48, 65]. Он преимущественно синтезируется и экспрессируется в скелетных мышцах и имеет высокую степень гомологии в структуре генов и сходную биологическую активность у широкого спектра животных [43, 44].

Модификация гена миостатина представляет определенный интерес для мясного животноводства, поскольку особи с мутациями в данном локусе демонстрируют увеличенную мышечную массу по сравнению с животными дикого типа. Хорошим примером может служить порода крупного рогатого скота Бельгийская голубая, полученная путем селекции на основе спонтанно возникшей мутации в гене *MSTN*. Сегодня с помощью редактирования генома получают модифицированные линии мелкого рогатого скота (овец и коз), кроликов, кур и т.д. [22, 45].

Так, в 2018 году группа ученых под руководством Zhengyi He сообщила об успешном получении отредактированных по гену *MSTN* КО (КО – knockout, означает удаление или повреждение гена до полного прекращения экспрессии) коз. С помощью системы

CRISPR/Cas9 были внесены изменения в третий экзон гена, что привело к получению животных со среднесуточным приростом массы, значительно превышающим таковой у контрольной группы. При этом был показан аномальный метаболизм белков, жиров и углеводов по сравнению с козами дикого типа. Полученное от отредактированных животных потомство сохранило привнесенный генотип и демонстрировало соответственный генотипу фенотип, а также показало высокую генетическую стабильность и фертильность [69]. Таким образом, система CRISPR/Cas9 является подходящим инструментом для создания новых линий и пород животных, обладающих хозяйственно-полезными признаками.

Одним из преимуществ редактирования генома является возможность одновременно вносить несколько целенаправленных изменений в различные участки генома. Классическая генетическая инженерия решает этот вопрос ступенчато, либо созданием двух отдельных линий с последующей гибридизацией, либо чередой последовательных трансгенезов, что заметно увеличивает сроки получения животного с необходимыми признаками. Примером такого полиредактирования является опыт получения модифицированных по двум генам коз. В оплодотворенные яйцеклетки до первого деления были инъектированы мРНК *Cas9* и четыре нРНК, нацеленных на два функциональных гена (вышеупомянутый *MSTN* и *FGF5*, ответственный за формирование шерстного покрова) [29]. Родившиеся животные обладали повышенной мышечной массой [13], увеличенным количеством волосных фолликулов и более длинной шерстью [46]. При этом и сами экспериментальные козы, и их потомки были физиологически здоровы, а частота мутаций *de novo* у потомства в значительной степени оказалась эквивалентна частоте мутаций в других популяциях. Эти данные, а также результаты, полученные тем же коллективом при редактировании овец [71], показывают низкую частоту нецелевых мутаций, что подтверждает надежность и предсказуемость системы CRISPR/Cas9 как инструмента точечного воздействия на геном как для исследовательских, так и для утилитарных целей.

Подобные исследования проводились на кроликах. В 2016 году Lv Q. с коллегами сообщили о создании линии кроликов, нокаутных по гену миостатина и передающих эту модификацию потомкам [23]. Предварительно созданные целевые РНК протестировали на 12 зиготах, которые вырастили до бластоцисты и исследовали. В 10 (83,3 %) из исследованных эмбрионов обнаружили мутацию в гене *MSTN*, при этом в трех из них (25 %) изменения присутствовали в обоих аллелях гена. После подтверждения эффективности системы во втором этапе эксперимента 158 инъектированных зигот были помещены в яйцеводы четырех крольчих. Из 20 родившихся живых крольчат, обозначенных в исследовании как поколение F0, мутация была обнаружена у 16, при этом indels варьировались от 3 до 76 пар нуклеотидов. *MSTN* KO кролики демонстрировали характерный для этой мутации фенотип, и уже в 4 месяца были значительно крупнее кроликов нормального типа в аналогичном возрасте. Для проверки наследования скрестили самку и самца из поколения F0. Из 9 потомков 5 имели одну копию мутантного гена и 2 — две копии, что соответствует закону расщепления признака.

В исследовании Lv также была проведена проверка на наличие или отсутствие нецелевых мутаций. Предварительно отобранные POTS (потенциальные нецелевые сайты) были амплифицированы и отсекуены по методу Сэнгера. Результаты показали отсутствие нецелевых мутаций в данных участках. Исследователи связывают это с тем, что система CRISPR/Cas9 быстро деградировала после внесения изменений в ген миостатина и не взаимодействовала с другими участками [23].

Система CRISPR/Cas9 хорошо работает и в сочетании с другими молекулярными методами. Так, в 2017 году была получена линия генетически отредактированных свиней с нокаутным геном миостатина, свободная от селективного маркерного гена (selectable

marker gene, SMG). На первом этапе ген *MSTN* нокаутировали при помощи CRISPR/Cas9, а затем рекомбиназой Cte вырезали *SMG* (эффективность вырезания составила 82,7 %). Клетки, не содержащие маркерного гена, использовали для получения свиней методом переноса ядра. Всего 685 эмбрионов были имплантированы трем реципиентным свиноматкам, у одной из них наступила беременность, завершившаяся рождением двух живых самцов. Исследование ДНК полученных поросят показало у обоих отсутствие селективного маркерного гена и моноаллельное разрушение локуса *MSTN*. По достижении 6 месяцев были изучены такие фенотипические признаки, как размер мышечной массы и толщина подкожного жира, и оба животных демонстрировали характерный для *MSTN* KO животных фенотип — усиленный рост скелетных мышц и снижение накопления жира [37].

Рост и развитие скелетных мышц тесно связаны с мясной продуктивностью не только млекопитающих (свиньи, кролики, крупный рогатый скот), но и птицы. Механизм регуляции роста мышц у кур в настоящее время активно изучается, о чем свидетельствуют исследования по анализу транскриптома быстрорастущих и медленно-растущих групп куриц Jinghai Yellow [24], сравнение мышц куриных ног на трех различных стадиях развития [66] и изучение мышцы куриной грудки на 6-й и 21-й день после вылупления [50]. В результате этих исследований были обнаружены некоторые ключевые гены (например, *MSTN* и *IGF1*), участвующие в регуляции роста и развития мышц. Биоинформатический анализ показал, что ген *MSTN* расположен на 7-й хромосоме и содержит 5493 п.н. и три экзона [40, 55].

У кур предыдущие исследования были сосредоточены на связи между мутациями гена *MSTN* и признаками роста [67, 68], но лишь немногие исследования изучали молекулярные механизмы роста и развития мышц с использованием редактирования генов. По этой причине использование технологий геномного редактирования на основе системы CRISPR/Cas теперь имеет исключительные перспективы для продвижения исследований *MSTN* на цыплятах.

В настоящее время технология редактирования генома не получила широкого применения для создания новых линий сельскохозяйственных птиц. Одним из ограничений является то, что для птиц характерно внешнее эмбриональное развитие, а сформированное яйцо содержит более 60 000 эмбриональных клеток, что затрудняет получение трансгенных цыплят по зародышевой линии. Следовательно, предыдущие применения CRISPR/Cas9 у кур в основном были исследованиями *in vitro* [41].

Способность системы AdV-CRISPR вносить изменения в ген миостатина доказали, трансдуцировав ее в клетки DF-1 и выполнив ПЦР с использованием ДНК, выделенной из клеток DF-1. Электрофорез в агарозном геле выявил полосу 550 п.н. для продукта *MSTN* в клетках, трансдуцированных системой AdV-CRISPR после предсказанной делеции 5093 п.н., тогда как в контрольных клетках полосы не было [42, 54]. Продукты ПЦР были клонированы в вектор для клонирования TA, и данные секвенирования отдельных клонов подтвердили делецию большого фрагмента. Эти результаты подтвердили функцию редактирования генов системы AdV-CRISPR для *MSTN* в куриных клетках. В дальнейшем систему AdV-CRISPR доставили в переднюю большеберцовую мышцу цыплят, а затем собрали мышечные ткани у цыплят в возрасте 3 и 14 дней. С использованием РНК, выделенной из мышц, была проведена ПЦР с обратной транскрипцией (ОТ-ПЦР). Продукты ОТ-ПЦР также были клонированы в вектор клонирования TA, и данные секвенирования отдельных клонов подтвердили, что все мышцы, подвергшиеся действию системы AdV-CRISPR, были идентифицированы как имеющие делеционный мутант с числом удаленных нуклеотидов в мРНК в диапазоне от 736 до

783 нуклеотидов. Определение уровня экспрессии *MSTN* с помощью ПЦР в реальном времени выявило значительное подавление экспрессии *MSTN* ($p < 0.001$) в мышцах 14-дневных цыплят *MSTN* KO по сравнению с мышцами 14-дневных цыплят дикого типа. Делеция от 736 до 783 нуклеотидов в мРНК может вызвать делецию до 261 аминокислоты в белке *MSTN* [35, 36].

Подавление миостатина и двух его рецепторов, а именно *ACVR2A* и *ACVR2B*, значительно ($P < 0,05$) влияет на массу тела курицы в разном возрасте. В суточном возрасте подавление гена *MSTN* показало самую высокую массу тела у цыплят. На 28-й день подавление только *ACVR2B* и *MSTN* и комбинация *MSTN*, *ACVR2A* и *ACVR2B* показало более высокую массу тела, чем у контрольной группы птиц. Однако трансгенные птицы, у которых был подавлен гена *ACVR2B*, имели наибольшую массу тела в возрасте 28 ($454,2 \pm 18,7$ г), 35 ($703,4 \pm 20,6$ г) и 42 ($779,1 \pm 21,4$ г) дней. В случае сбоя *MSTN* и тройного сбоя *MSTN*, *ACVR2A* и *ACVR2B* генов соответственно, масса тела на 35 сутки ($668,3 \pm 12,2$ и $657,2 \pm 32,4$ г) и 42 сутки ($735,9 \pm 14,0$ и $732,1 \pm 32,8$ г) была достоверно выше, чем в контрольной группе ($581,5 \pm 8,8$ и $639,1 \pm 10,3$ г) [11].

Подобные исследования проводились и ранее, в 2017 году. Тогда сайты направляющей РНК-мишени (gRNA) были созданы в соответствии с последовательностями смежных мотивов протоспейсера (PAM). Сайты-мишени никазы *Cas9-D10A* были сконструированы в экзоне 1 гена *MSTN* курицы. Две мРНК, нацеленные на последовательности левой и правой гРНК длиной 20 и 19 пар оснований соответственно, были сконструированы со смещением +7 пар оснований, таким образом, целевые сайты имели 5'-выступ на 43 п.н. после опосредованных *Cas9-D10A* разрывов ДНК никазой. После ко-трансфекции векторов экспрессии никазы-GFP и гРНК *MSTN* в куриные *DF1* клетки, GFP-положительные клетки были отсортированы с помощью FACS. Впоследствии стабильные клетки *DF1* с нокаутом *MSTN* были отобраны после сортировки и культивирования *in vitro*. Не было значительных фенотипических различий между обычными клетками *DF1* и клетками с нокаутом *MSTN*. В клетках *DF1* с нокаутом *MSTN*, индуцированным никазой *Cas9-D10A*, были идентифицированы различные мутантные генотипы смешанной популяции. Неожиданно все генотипы были идентифицированы как делеционные мутанты, а количество удаленных нуклеотидов составляло от 2 до 39 нуклеотидов. Эти мутантные генотипы могут вызывать сдвиг рамки считывания открытой рамки считывания или делецию 13 аминокислот в белке миостатина. Для подтверждения экспрессии белка миостатина был проведен вестерн-блоттинг со специфическими антителами против куриного миостатина. По сравнению с обычными клетками *DF1*, в клетках *DF1* с нокаутом *MSTN* не было обнаружено положительного сигнала, что указывает на то, что система нокаута, опосредованная *Cas9-D10A* никазой, эффективно и полностью нарушает экспрессию белка миостатина в куриных клетках [42].

Достижения в области редактирования системой *CRISPR/CAS9* хозяйственно-важных признаков. Несмотря на то, что миостатин оказывает заметное влияние на мышечный каркас, есть и иные гены, способные повлиять на мясную продуктивность. Например, ген супрессорной передачи цитокинов 2 (*SOCS2*) оказывает заметное влияние на массу, размер тела и производство молока у овец. Редактирование генома позволило усилить признаки роста после проведения точечной мутации в данном гене [56].

Кроме мясной продуктивности, существуют и другие хозяйственно-важные признаки. Так, фактор роста фибробластов 5 (*FGF5*) играет важную роль в определении длины шерсти у собак [8, 33], кошек [47] и мышей [27]. В исследовании Wang с соавторами [18] было показано, что увеличение длины волокон у кашемировых коз вызывается нокаутными аллелями в *FGF5*. Были получены генетически отредактированные козы

с нокаутом гена *FGF5* [29]. Животные развивались нормально и сохраняли относительно хорошее здоровье. Начиная с 30-го дня (D30) после рождения и каждые 30 дней авторы измеряли длину как остевого волоса, так и подшерстка. Результаты показали, что, за исключением длины остевого волоса на 30-й день, длина шерсти у коз с нокаутом *FGF5* ($n = 6$) была значительно больше, чем в контрольной группе ($n = 20$) от D30 до D120 ($p < 0,05$). Помимо более длинной шерсти, продуктивность кашемира у отредактированных животных оказалась выше, чем у *WT* на D120 ($p = 0.018$), со средним увеличением на 92.75 г кашемира для каждого животного. Оценка выхода кашемира, а также диаметра и длины волокон, которые являются тремя наиболее экономически важными характеристиками у кашемировых коз, показала, что отредактированные с помощью системы CRISPR/Cas9 козы с нокаутированным геном *FGF5* демонстрируют увеличенную длину волокна и общую продуктивность при неизменной толщине [18].

Для производства шерсти важным признаком является не только длина и тонина волоса, но и цвет. Наибольшей ценностью обладает белая шерсть. В 2017 году, выбрав в качестве мишени ген сигнального белка агутти (ASIP), коллектив авторов из института биотехнологии животных [2] получил несколько ягнят с отредактированными генами. Была разработана сигнальная РНК, направленная на второй экзон гена, после чего в 105 зигот китайского мериноса была инъецирована CRISPR/Cas9. Всего родилось шесть ягнят, из них один обладал белым окрасом, остальные пять отличались разнообразным цветным рисунком на шерсти. Анализ их ДНК показал, что, помимо целевого изменения гена, произошли дополнительные спонтанные мутации. Данный пример показывает, что технология редактирования генома все еще не дает стопроцентного результата и нуждается в совершенствовании, дабы избежать нецелевого изменения генетического кода.

Еще одним примером удачного редактирования генома сельскохозяйственных животных можно назвать использование овец в качестве биореакторов — природных систем для получения биологически активных веществ. Трансгенные животные, в частности, коровы, овцы и козы, уже давно используются для производства некоторых биологически активных веществ в молоке, например, лизоцима, лактоферрина, эритропоэтина [32, 58]. Теперь таких животных получили с помощью CRISPR/Cas9 [3]. В качестве целевого продукта был выбран мощный антиоксидант мелатонин. Гены *AANAT* и *ASMT*, связанные с синтезом мелатонина, были активированы в эпителии молочных желез овец. Результатом стали овцы, в чьем молоке находилось значительно больше мелатонина, чем у животных дикого типа.

Таким образом, редактирование генома позволяет улучшать различные параметры сельскохозяйственных животных, такие как их мясная продуктивность, качество шерсти и молока.

Выводы. CRISPR/Cas системы существуют в природе долгие тысячи лет как часть иммунной системы прокариот. Однако универсальность и точность этих «молекулярных ножниц» в сочетании с системами репарации ДНК позволяют использовать кластерные короткие палиндромные повторы и ассоциированные с ними белки в качестве удобного инструмента редактирования генома, наряду с такими методами, как ZFN и TALEN. Наибольший интерес в ряду CRISPR/Cas систем представляют системы 2 класса и особенно II типа, ассоциированные с белком *Cas9*. Именно они отличаются наибольшей вариативностью и удобством применения. Благодаря CRISPR/Cas9 было получено множество генетически отредактированных животных, при этом исследования показывают высокую эффективность данного способа вмешательства в наследственный аппарат.

Метод редактирования генома с помощью системы CRISPR/Cas9 не только достаточно удобен для проведения лабораторных исследований, но и перспективен для последующего создания линий и пород высокопродуктивных сельскохозяйственных животных.

Библиографический список

1. A programmable dual-RNA-guided DNA endonuclease in adaptive bacterial immunity / M. Jinek, K. Chylinski, I. Fonfara, M. Hauer, J. A. Doudna, E. Charpentier // *Science*. 2012. V. 337. P. 816-821.
2. Alteration of sheep coat color pattern by disruption of ASIP gene via CRISPR Cas9 / X. Zhang, W. Li, C. Liu, X. Peng, J. Lin, S. He, X. Li, B. Han, N. Zhang, Y. Wu, L. Chen, L. Wang, J. Huang, M. Liu // *Sci. Rep.* 2017. V. 7(1). P. 8149.
3. An AANAT/ASMT transgenic animal model constructed with CRISPR/Cas9 system serving as the mammary gland bioreactor to produce melatonin-enriched milk in sheep / T. Ma, J. Tao, M. Yang, C. He, X. Tian, X. Zhang, J. Zhang, S. Deng, J. Feng, Z. Zhang, J. Wang, P. Ji, Y. Song, P. He, H. Han, J. Fu, Z. Lian, G. Liu // *J. Pineal Res.* 2017. V. 63.
4. An updated evolutionary classification of CRISPR-Cas systems / K. S. Makarova, Y. I. Wolf, O. S. Alkhnbashi, F. Costa, S. A. Shah, S. J. Saunders, R. Barrangou // *Nat. Rev. Microbiol.* 2015. V. 13. P. 722- 736.
5. Bortesi L., Fischer R. The CRISPR/Cas9 system for plant genome editing and beyond // *Biotechnol. Adv.* 2015. V. 33. P. 41-52.
6. Briggs R., Green U., King T. An investigation of the capacity for cleavage and differentiation in *Rana pipiens* eggs lacking “functional” chromosomes // *J. Exp. Zool.* 1951. V. 116. № 3. P. 455-499.
7. Briggs R., King T. Factors affecting the transplantability of nuclei of frog embryonic cells // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 1953. V. 38. № 5. P. 455-463.
8. Coat Variation in the Domestic Dog Is Governed by Variants in Three Genes / E. Cadieu, M. W. Neff, P. Quignon, K. Walsh, K. Chase, H. G. Parker // *Science*. 2009. V. 326. P. 150-153.
9. Collins J., Hohn B. Cosmids: a type of plasmid gene-cloning vector that is packageable in vitro in bacteriophage lambda heads // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 1978. V. 75 № 9. P. 4242-4246.
10. Collins J., Brüning H. J. Plasmids useable as gene-cloning vectors in an in vitro packaging by coliphage lambda: "cosmids" // *Gene*. V. 4 № 2. P. 85-107.
11. Comparative analysis of silencing expression of myostatin (MSTN) and its two receptors (ACVR2A and ACVR2B) genes affecting growth traits in knock down chicken / T. K. Bhattacharya, R. Shukla, R. N. Chatterjee, S. K. Bhanja // *Sci Rep.* 2019. V. 9(1). P. 7789.
12. Cpf1 Is a single RNA-guided endonuclease of a class 2 CRISPR-Cas system / B. Zetsche, J. S. Gootenberg, O. O. Abudayyeh, I. M. Slaymaker, K. S. Makarova, P. Essletzbichler, S. E. Volz [et al.] // *Cell*. 2015. V. 163. P. 759-771.
13. CRISPR/Cas9-mediated MSTN disruption and heritable mutagenesis in goats causes increased body mass / X. Wang, Y. Niu, J. Zhou, H. Zhu, B. Ma, H. Yu // *Anim. Genet.* 2018. V. 49. P. 43-51.
14. Demonstration of CRISPR/Cas9/sgRNA-mediated targeted gene modification in Arabidopsis, tobacco, sorghum and rice / W. Jiang, H. Zhou, H. Bi, M. Fromm, B. Yang, D. P. Weeks // *Nucleic Acids Res.* 2013. V. 41. № 20. P. e188.
15. Design of polydactyl zinc-finger proteins for unique addressing within complex genomes / Q. Liu, D. J. Segal, J. B. Ghiara, C. F. Barbas // *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 1997. V. 94. № 11. P. 5525-5530.
16. Designed nucleases for targeted genome editing / J. Lee, J. H. Chung, H. M. Kim, D. W. Kim, H. Kim // *Plant Biotechnol. J.* 2015. V. 14, P. 448-462.
17. Dimeric CRISPR RNA-guided FokI nucleases for highly specific genome editing / S. Q. Tsai, N. Wyvekens, C. Khayter, J. A. Foden, V. Thapar, D. Reyon, M. J. Goodwin [et al.] // *Nat. Biotechnol.* 2014. V. 32. P. 569- 576.
18. Disruption of FGF5 in Cashmere Goats Using CRISPR/Cas9 Results in More Secondary Hair Follicles and Longer Fibers / X. Wang, B. Cai, J. Zhou, H. Zhu, Y. Niu, B. Ma, H. Yu, A. Lei, H. Yan, Q. Shen, L. Shi, X. Zhao, J. Hua, X. Huang, L. Qu, Y. Chen // *PLoS One*. 2016. V. 11(10). P. e0164640.
19. DNA targeting specificity of RNA-guided Cas9 nucleases / P. D. Hsu, D. A. Scott, J. A. Weinstein, F. A. Ran, S. Konermann, V. Agarwala, Y. Li // *Nat. Biotechnol.* 2013. V. 31. P. 827- 832.

20. Doudna J. A., Sontheimer E. J. Methods in Enzymology. Preface. // Methods Enzymol. 2014. V. 546. P. 19-20.
21. Editing plant genomes with CRISPR/Cas9 / K. Belhaj, A. Chaparro-Garcia, S. Kamoun, N. J. Patron, V. Nekrasov // Curr. Opin. Biotechnol. 2015. V. 32. P. 76-84.
22. Efficient Generation of Myostatin Knock-Out Sheep Using CRISPR/Cas9 Technology and Microinjection into Zygotes / M. Crispo, A. P. Mulet, L. Tesson, N. Barrera, F. Cuadro, P. C. dos Santos-Neto, T. N. Nguyen, A. Crénéguy, L. Brusselle, I. Anegón, A. Menchaca // PLoS One. 2015. V. 10. № 8. P. e0136690.
23. Efficient Generation of Myostatin Gene Mutated Rabbit by CRISPR/Cas9 / Q. Lv, L. Yuan, J. Deng, M. Chen, Y. Wang, J. Zeng, Z. Li, L. Lai // Sci. Rep. 2016. V. 6. P. 25029.
24. Effective MSTN Gene Knockout by AdV-Delivered CRISPR/Cas9 in Postnatal Chick Leg Muscle / K. Xu, C. X. Han, H. Zhou, J. M. Ding, Z. Xu, L. Y. Yang, C. He, F. Akinyemi, Y. M. Zheng, C. Qin, H. X. Luo, H. Men // Int. J. Mol. Sci. 2020. V. 21. № 7. P. 2584.
25. Evolution and classification of the CRISPR-Cas systems / K. S. Makarova, D. H. Haft, R. Barrangou, S. J. Brouns, E. Charpentier, P. Horvath, S. Moineau // Nat. Rev. Microbiol. 2011. V. 9 P. 467-477.
26. Fauser F., Schiml S., Puchta H. Both CRISPR/Cas-based nucleases and nickases can be used efficiently for genome engineering in Arabidopsis thaliana // Plant J. 2014. V. 79. P. 348-359.
27. FGF5 as a regulator of the hair growth cycle: evidence from targeted and spontaneous mutations / J. M. Hébert, T. Rosenquist, J. Götz, G. R. Martin // Cell. 1994. V. 78. P. 1017-1025.
28. Flickinger R. A study of the metabolism of amphibian neural crest cells during their migration and pigmentation in vitro // J. Exp. Zool. 1949. V. 112. № 3. P. 465-84.
29. Generation of gene-modified goats targeting MSTN and FGF5 via zygote injection of CRISPR/Cas9 system / X. Wang, H. Yu, A. Lei, J. Zhou, W. Zeng, H. Zhu, Z. Dong, Y. Niu, B. Shi, B. Cai, J. Liu, S. Huang, H. Yan, X. Zhao, G. Zhou, X. He, X. Chen, Y. Yang, Y. Jiang, L. Shi, X. Tian, Y. Wang, B. Ma, X. Huang, L. Qu, Y. Chen // Sci. Rep. 2015. V. 5. P. 13878.
30. Guilinger J. P., Thompson D. B., Liu D. R. Fusion of catalytically inactive Cas9 to FokI nuclease improves the specificity of genome modification // Nat. Biotechnol. 2014. V. 32. P. 577- 582.
31. Gurdon J. B. The developmental capacity of nuclei taken from intestinal epithelium cells of feeding tadpoles // J. Embryol. Exp. Morphol. 1962. V. 10 P. 622-640.
32. Houdebine L. M. Transgenic animal bioreactors // Transgenic Res. 2000. V. 9 (4). P. 305-320.
33. Housley D. J., Venta P. J. The long and the short of it: evidence that FGF5 is a major determinant of canine 'hair'-itability // Anim Genet. 2006. 37(4). P. 309-15.
34. Hsu P. D., Lander E. S., Zhang F. Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering // Cell. 2014. V. 157. P. 1262-1278.
35. In vivo genome editing improves muscle function in a mouse model of Duchenne muscular dystrophy / C. E. Nelson, C. H. Hakim, D. G. Ousterout, P. I. Thakore, E. A. Moreb, R. M. Castellanos Rivera, S. Madhavan, X. Pan, F. A. Ran, W. X. Yan // Science. 2016. V. 351. P. 403-407.
36. In vivo gene editing in dystrophic mouse muscle and muscle stem cells / M. Tabebordbar, K. Zhu, J. K. Cheng, W. L. Chew, J. J. Widrick, W. X. Yan, C. Maesner, E. Y. Wu, R. Xiao, F. A. Ran // Science. 2016. V. 351. P. 407-411.
37. Isozygous and selectable marker-free MSTN knockout cloned pigs generated by the combined use of CRISPR/Cas9 and Cre/LoxP / Y. Bi, Z. Hua, X. Liu, W. Hua, H. Ren, H. Xiao, L. Zhang, L. Li, Z. Wang, G. Laible, Y. Wang, F. Dong, X. Zheng // Sci. Rep. 2016. V. 6. P. 31729.
38. Jackson D. A., Symons R. H., Berg P. Biochemical method for inserting new genetic information into DNA of Simian Virus 40: circular SV40 DNA molecules containing lambda phage genes and the galactose operon of Escherichia coli // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 1972. V. 69. № 10. P. 2904-2909.
39. Kumar V., Jain M. The CRISPR-Cas system for plant genome editing: advances and opportunities // J. Exp. Bot. 2015. V. 66, P. 47-57.

40. Lee S. J. Quadrupling muscle mass in mice by targeting TGF-beta signaling pathways // PLoS ONE. 2007. V. 2. P. e789.
41. Lee S. J. Regulation of muscle mass by myostatin // Annu. Rev. Cell Dev. Biol. 2004. V. 20. P. 61-86.
42. Lee J. H., Kim S. W., Park T. S. Myostatin gene knockout mediated by Cas9-D10A nickase in chicken DF1 cells without off-target effect // Asian-Australas. J. Anim. Sci. 2017. V. 30. P. 743-748.
43. McPherron A. C., Lawler A. M., Lee S. J. Regulation of skeletal muscle mass in mice by a new TGF-beta superfamily member // Nature. 1997. V. 387. P. 83-90.
44. McPherron A. C., Lee S. J. Double muscling in cattle due to mutations in the myostatin gene // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 1997. V. 94. P. 12457-61.
45. Menchaca A., Dos Santos-Neto P. C., Mulet A. P., Crispo M. CRISPR in livestock: From editing to printing // Theriogenology. 2020. V. 150. P. 247-254.
46. Multiplex gene editing via CRISPR/Cas9 exhibits desirable muscle hypertrophy without detectable off-target effects in sheep / X. Wang, Y. Niu, J. Zhou, H. Yu, Q. Kou, A. Lei, X. Zhao, H. Yan, B. Cai, Q. Shen, S. Zhou, H. Zhu, G. Zhou, W. Niu, J. Hua, Y. Jiang, X. Huang, B. Ma, Y. Chen // Sci Rep. 2016. V. 6. P. 32271.
47. Mutations within the FGF5 gene are associated with hair length in cats / C. Drögemüller, S. Rüfenacht, B. Wichert, T. Leeb // Animal Genetics. 2007. V. 38. P. 218-221.
48. Myostatin acts as an autocrine/paracrine negative regulator in myoblast differentiation from human induced pluripotent stem cells / F. Gao, T. Kishida, A. Ejima, S. Gojo, O. Mazda // Biochem. Biophys. Res. Commun. 2013. V. 431. P. 309-14.
49. Obligate ligation-gated recombination (ObLiGaRe): custom-designed nuclease-mediated targeted integration through nonhomologous end joining / M. Maresca, V. G. Lin, N. Guo, Y. Yang // Genome Res. 2013. V. 23. P. 539-546.
50. Oksbjerg N., Therkildsen M. Myogenesis and muscle growth and meat quality // New Aspects of Meat Quality. Amsterdam: Elsevier. 2017. P. 33-62.
51. Osakabe Y., Osakabe K. Genome editing with engineered nucleases in plants // Plant Cell Physiol. 2015. V. 56. P. 389-400.
52. Patterns of CRISPR/Cas9 activity in plants, animals and microbes / L. Bortesi, C. Zhu, J. Zischewski, L. Perez, L. Bassié, R. Nadi, G. Forni, S. B. Lade, E. Soto, X. Jin, V. Medina, G. Vil-lorbina, P. Muñoz, G. Farré, R. Fischer, R. M. Twyman, T. Capell, P. Christou, S. Schillberg // Plant Biotechnol. J. 2016. V. 14. № 12. P. 2203-2216.
53. Plant genome editing made easy: targeted mutagenesis in model and crop plants using the CRISPR/Cas system / K. Belhaj, A. Chaparro-García, S. Kamoun, V. Nekrasov // Plant Methods. 2013. V. 9. P. 39.
54. Postnatal genome editing partially restores dystrophin expression in a mouse model of muscular dystrophy / C. Long, L. Amoasii, A. A. Mireault, J. R. McAnally, H. Li, E. Sanchez-Ortiz, S. Bhattacharyya, J. M. Shelton, R. Bassel-Duby, E. N. Olson // Science. 2016. V. 351. P. 400-403.
55. Production of a monoclonal anti-myostatin antibody and the effects of in ovo administration of the antibody on posthatch broiler growth and muscle mass / Y. S. Kim, N. K. Bobbili, K. S. Paek, H. J. Jin // Poult. Sci. 2006. V. 85. P. 1062-1071.
56. Programmable Base Editing of the Sheep Genome Revealed No Genome-Wide Off-Target Mutations / S. Zhou, B. Cai, C. He, Y. Wang, Q. Ding, J. Liu, Y. Liu, Y. Ding, X. Zhao, G. Li, C. Li, H. Yu, Q. Kou, W. Niu, B. Petersen, T. Sonstegard, B. Ma, Y. Chen, X. Wang // Front Genet. 2019. V. 10. P. 215.
57. Quétier F. The CRISPR-Cas9 technology: closer to the ultimate toolkit for targeted genome editing // Plant Sci. 2016. V. 242. P. 65-76.
58. Samiec M., Skrzyszowska M. Transgenic mammalian species, generated by somatic cell cloning, in biomedicine, biopharmaceutical industry and human nutrition/dietetics-recent achievements // Pol. J. Vet. Sci. 2011. V. 14(2). P. 317-328.
59. Sander J. D., Joung J. K. CRISPR-Cas systems for editing, regulating and targeting genomes // Nat. Biotechnol. 2014. V. 32. P. 347-355.

60. Sanger F., Coulson A. A rapid method for determining sequences in DNA by primed synthesis with DNA polymerase // J. Mol. Biol. 1975. V. 94. № 3. P. 441-448.
61. Schiml S., Fauser F., Puchta H. Repair of adjacent single-strand breaks is often accompanied by the formation of tandem sequence duplications in plant genomes // Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 2016. V. 113. P. 7266-7271.
62. Smith H. O., Wilcox K. W. A restriction enzyme from Haemophilus influenzae: I. Purification and general properties // J. Mol. Biol. 1970. V. 51. № 2. P. 379-391.
63. Spemann H. Embryonic Development and Induction. N.Y.: Hafner Publishing Company, 1962. 401 p.
64. Spemann H. Embryonic Induction // American Zoologist. 1987. V. 27. № 2. P. 575-579.
65. The regulation and action of myostatin as a negative regulator of muscle development during avian embryogenesis / H. Amthor, R. Huang, I. McKinnell, B. Christ, R. Kambadur, M. Sharma, K. Patel // Dev. Biol. 2002. V. 251. P. 241-57.
66. Transcriptome Analysis of Differentially Expressed Genes Related to the Growth and Development of the Jinghai Yellow Chicken / F. Chen, P. Wu, M. Shen, M. He, L. Chen, C. Qiu, H. Shi, T. Zhang, J. Wang, K. Xie // Genes. 2019. V. 10. P. 539.
67. Transcriptome Analysis of Post-Hatch Breast Muscle in Legacy and Modern Broiler Chickens Reveals Enrichment of Several Regulators of Myogenic Growth / R. V. N. Davis, S. J. Lamont, M. F. Rothschild, M. E. Persia, C. M. Ashwell, C. J. Schmidt // PLoS ONE. 2015. V. 10. P. e0122525.
68. Transcriptomic profile of leg muscle during early growth in chicken / Q. Xue, G. Zhang, T. Li, J. Ling, X. Zhang, J. Wang // PLoS ONE. 2017. V. 12. P. e0173824.
69. Use of CRISPR/Cas9 technology efficiently targeted goat myostatin through zygotes microinjection resulting in double-muscling phenotype in goats / Z. He, T. Zhang, L. Jiang, M. Zhou, D. Wu, J. Mei, Y. Cheng // Biosci. Rep. 2018. V. 38. № 6. P. BSR20180742.
70. Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells / I. Wilmut, A. E. Schnieke, J. McWhir, A. J. Kind, K. H. Campbell // Nature. 1997. V. 385. P. 810-813.
71. Wang X., Liu J., Niu Y. Low incidence of SNVs and indels in trio genomes of Cas9-mediated multiplex edited sheep // BMC Genomics. 2018. V. 19. P. 397.
72. Yoshida K., Treen N. TALEN-Based Knockout System // Adv. Exp. Med. Biol. 2018. V. 1029. P. 131-139.

Информация об авторах:

Полтева Екатерина Андреевна, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста». (196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а). **ORCID:** 0000-0001-9082-3059; **E-mail:** ketlin.liselse@yandex.ru

Ларкина Татьяна Александровна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста». (196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а).

ORCID: 0000-0002-7764-1338; **E-mail:** tanya.larkina2015@yandex.ru

Пегливанян Григорий Карапетович, аспирант, младший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста». (196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а). **ORCID:** 0000-0001-5194-4851; **E-mail:** peglivanian_grig@mail.ru

Баркова Ольга Юрьевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохозяйственных животных, филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр животноводства — ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста». (196625, г. Санкт-Петербург, пос. Тярлево, Московское шоссе, д. 55а). **ORCID:** 0000-0002-0963-905X; **E-mail:** barkoffws@list.ru

CHANGES IN THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE BLOOD BY TOXIC DAMAGES OF SOW'S LIVER

N. K. Hlebus¹, S. V. Piatrouski²

¹ Joint Limited Liability Company "NatiVita", Beshenkovichi, Republic of Belarus

² EE "Vitebsk Order "Badge of Honor" State Academy of Veterinary Medicine", Vitebsk, Republic of Belarus

Received 10.01.2023

Submitted 17.02.2023

Summary

The article presents the results of assessing the biochemical parameters of the pregnant sow's blood and sows after weaning. The results of the research showed that in most cases the average values for the sample corresponded to the normative values. From groups of sows with different numbers of farrowings, subgroups were identified. In these animals, changes in biochemical parameters characterized the development of liver diseases. The results obtained should be taken into account when carrying out diagnostic measures in industrial pig breeding.

Abstract

Introduction. Violations of the conditions for feeding pigs, the rules of veterinary treatments become the cause of the development of toxic hepatitis and toxic hepatosis. Despite their wide distribution, their timely diagnosis is not always carried out in vivo. In this case, the average indicators for a group of animals are often taken into account without highlighting individual changes. The result is obtaining satisfactory results and the absence of any measures aimed at preventing the development of hepatic pathologies. **An object.** The object of research were blood samples of pregnant sows (90 days of gestation) and sows after weaning of piglets. **Materials and methods.** In the conditions of the pig-breeding complex, blood samples were taken from sows with different numbers of farrowings. The sows were gestating (90 days of gestation) and single (three days after weaning). In the blood of sows, a number of indicators characterizing the biochemical syndromes of liver diseases were determined. Based on the results of the research, subgroups of sows were identified. Their biochemical blood parameters characterized the development of liver pathologies. **Results and conclusion.** The final period of gestation (90 days) and the post-weaning period are characterized by the development of liver pathologies (hepatopathy) in sows, characterized by syndromes of cytotoxicity, hepatodepression, cholestasis, and mineral metabolism disorders. In pregnant sows, there is a decrease in the concentration of albumin in the blood by 23.76-58.19%, urea - by 29.27-73.76%, total cholesterol by 52.53-114.84%, triglycerides by 100.00 -142.86%, serum cholinesterase activity by 44.94-113.98% and an increase in the concentration of total bilirubin by 151.65-174.07%, aspartate aminotransferase activities by 71.67-89.68% and alanine aminotransferase by 113.02-119.23%, lactate dehydrogenase (LDH) - by 11.79-44.51%, γ -glutamyl transpeptidase (GGTP) - by 40.15-81.97%, alkaline phosphatase (AP) - by 129.89 - 171.19% compared to healthy animals. In the post-weaning period, hepatopathy in sows was characterized by a decrease in the concentration of albumin in the blood by 32.87-44.40%, urea - by 36.65-44.20%, total cholesterol by 69.72-130.50%, triglycerides by 235.00-486.67%, serum cholinesterase activity by 66.67-81.19% and an increase in the concentration of total bilirubin by 47.13-113.23%, aspartate aminotransferase activities by 29.15-56.40% and alanine aminotransferase by 25.44-56.69%, LDH - by 11.27-47.22%, GGTP - by 43.94-116.73%, ALP - by 15.79-87.23% compared with healthy animals. Both in pregnant sows and in sows after weaning, with the development of liver pathologies, the concentrations of total calcium decreased with a simultaneous increase in the concentrations of inorganic phosphorus and serum iron.

Key words: pregnant sows, suckling sows, liver disease, biochemical syndromes, cytotoxicity syndrome, hepatodepression syndrome, cholestasis syndrome.

Citation. Hlebus N. K., Piatrouski S. V. Changes in the biochemical composition of the blood in toxic damages of the liver of sows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 415-427 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-45.

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

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

УДК 619:616.36-076.084:636.4

**ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА КРОВИ
ПРИ ТОКСИЧЕСКИХ ПОРАЖЕНИЯХ ПЕЧЕНИ СВИНОМАТОК****Н. К. Хлебус¹**, магистр ветеринарных наук
С. В. Петровский², кандидат ветеринарных наук, доцент¹СООО «НатиВита», Республика Беларусь, Витебская область, г. п. Бешенковичи²УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины»,
Республика Беларусь, г. Витебск

Дата поступления в редакцию 03.10.2022

Дата принятия к печати 25.01.2023

Актуальность. Длительное хозяйственное использование, нарушения условий кормления свиней, правил ветеринарных обработок становятся причиной развития токсического гепатита и гепатозов в целом. Несмотря на широкое распространение, своевременная диагностика прижизненно проводится редко. При этом часто учитывают усредненные показатели по группе животных без выделения индивидуальных изменений. Результатом становится ускользание истинной картины гепатитов/гепатозов и получение ложно удовлетворительных результатов, которые приводят к отсутствию мероприятий, направленных на недопущение развития печёночных патологий. **Объект.** Объектом исследований были образцы крови супоросных свиноматок и свиноматок после отъёма поросят. **Материалы и методы.** В условиях свиноводческого комплекса были отобраны образцы крови свиноматок с различным количеством опоросов. Свиноматки были супоросными (90 дней супоросности) и холостыми (три дня после отъёма поросят). В крови свиноматок определяли ряд показателей, характеризующих биохимические синдромы болезней печени. По итогам исследований были выделены подгруппы свиноматок. Их биохимические показатели крови характеризовали развитие печёночных патологий. **Результаты и выводы.** Заключительный период супоросности (90 дней) и послеотъёмный период характеризуются развитием у свиноматок печёночных патологий (гепатопатий), характеризующихся синдромами цитолиза, гепатодепрессии, холестаза, нарушениями минерального обмена. У супоросных свиноматок происходит снижение в крови концентрации альбумина на 23,76-58,19 %, мочевины – на 29,27-73,76 %, общего холестерина – на 52,53-114,84 %, триглицеридов – на 100,00-142,86 %, активности сывороточной холинэстеразы – на 44,94-113,98 % и возрастанием концентрации общего билирубина – на 151,65-174,07 %, активностей аспартатаминотрансферазы – на 71,67-89,68 % и аланинаминотрансферазы – на 113,02-119,23 %, лактатдегидрогеназы (ЛДГ) – на 11,79-44,51 %, γ-глутамилтранспептидазы (ГГТП) – на 40,15-81,97 %, щелочной фосфатазы (ЩФ) – на 129,89-171,19 % по сравнению со здоровыми животными. В послеотъёмный период гепатопатии у свиноматок наблюдалось снижение в крови концентрации альбумина на 32,87-44,40 %, мочевины – на 36,65-44,20 %, общего холестерина – на 69,72-130,50 %, триглицеридов – на 235,00-486,67 %, активности сывороточной холинэстеразы – на 66,67-81,19 % и возрастанием концентрации общего билирубина на 47,13-113,23 %, активностей аспартатаминотрансферазы – на 29,15-56,40 % и аланинаминотрансферазы – на 25,44-56,69 %, ЛДГ – на 11,27-47,22 %, ГГТП – на 43,94-116,73 %, ЩФ – на 15,79-87,23 % по сравнению со здоровыми животными. И у супоросных свиноматок, и у свиноматок после отъёма поросят при развитии патологий печени снижались концентрации общего кальция с одновременным увеличением концентраций неорганического фосфора и сывороточного железа.

Ключевые слова: супоросные свиноматки, подсосные свиноматки, болезни печени свиней, биохимические синдромы, синдром цитолиза, синдром гепатодепрессии, синдром холестаза.

Цитирование. Хлебус Н. К., Петровский С. В. Изменения биохимического состава крови при токсических поражениях печени свиноматок. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 415-427. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-45.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Промышленное ведение свиноводства, стандартизированные условия кормления и содержания свиней – важная составляющая повышения рентабельности отрасли. Вместе с тем необходимо учитывать, что содержание свиней, и в особенности беременных и лактирующих свиноматок, в условиях ограниченного пространства не физиологично. При возникновении любых нарушений (параметров микроклимата, качественных и количественных показателей рациона и т.д.) однородные производственные факторы оказывают негативное влияние на большие поголовья животных.

Нарушения условий кормления свиней (недостаточное, неполноценное и некачественное кормление) становятся причиной развития экзо- и эндотоксикоза [1, 4, 5]. Эндотоксины образуются в организме свиней и при различных болезнях (заразных и незаразных) [9-12]. Токсическое действие установлено и для многих лекарственных препаратов [2, 3, 7].

Обезвреживание токсинов происходит преимущественно в печени. При этом интенсивная токсическая нагрузка на данный орган становится причиной развития у свиней токсического гепатита и токсических гепатозов (гепатодистрофии, токсической дистрофии печени) [1, 3, 5]. В общем, данные патологии могут быть обозначены как «гепатопатии» или «гепатопатии токсического происхождения».

У свиноматок токсические гепатопатии, протекающие в большинстве случаев в виде гепатозов, становятся причиной снижения продуктивности свиней и их репродуктивных качеств, повышения непроизводительного выбытия [8]. Несмотря на их широкое распространение своевременная диагностика токсических поражений печени прижизненно проводится не всегда. Сложность раннего выявления токсического гепатоза заключается в отсутствии выраженных клинических изменений в необходимости проведения большого спектра лабораторных (прежде всего, биохимических) исследований крови и мочи. При проведении подобной диагностики интерпретация полученных результатов часто ведётся с ориентацией на «усреднённые» показатели по группе животных без выделения индивидуальных изменений. Результатом становится получение удовлетворительных результатов и отсутствие каких-либо мероприятий, направленных на недопущение развития печёночных патологий.

В этой связи целью наших исследований стала оценка изменения содержания в крови свиноматок (глубокосупоросных и после отъёма поросят) ряда биохимических показателей, характеризующих функциональное состояние печени и статистически значимо изменяющихся при болезнях печени.

Материалы и методы. В условиях свиноводческого комплекса были сформированы 6 групп свиноматок по 25 животных в каждой (таблица 1).

Таблица 1 – Группы свиноматок

Table 1 – Groups of sows

Физиологическое состояние свиноматок	№ группы*/количество опоросов		
90 дней супоросности	16/0**	17/2-3	18/4 и более
3 дня после отъёма поросят	19/1***	20/2-3	21/4 и более

* - помимо данных групп, на предшествующих этапах исследований были задействованы ещё 15 групп супоросных и подсосных свиноматок, ** - осеменённые ремонтные свинки, *** - опоросившиеся ремонтные свинки

У всех животных в каждой группе были отобраны образцы крови, в сыворотке которой определяли биохимические показатели по методикам таблицы 2.

Такие биохимические показатели, как глюкоза, креатинин, общий кальций, неорганический фосфор, магний и железо, не могут «напрямую» быть отнесены к тому или иному биохимическому синдрому болезней печени. Тем не менее изменение их содержания в крови животных косвенно характеризует изменения функциональной ак-

тивности печени (прежде всего, её синтетическую функцию). Расчётным методом было определено альбумин-протеиновое соотношение (АПС), кальций-фосфорное соотношение (КФС).

Таблица 2 – Биохимические показатели крови свиноматок

Table 2 – Biochemical parameters of blood of sows

Показатель	Методика определения	Биохимический синдром болезней печени, характеризуемы данным показателем*
Общий белок (ОБ)	с биуретовым реактивом	МВС
Альбумин	с бромкрезоловым зеленым	СГД
Мочевина	ферментативная, уреазная	СГД
Креатинин	с пикриновой кислотой без депротеинизации (реакция Яффе)	-
Глюкоза	глюкозооксидазный	-
Общий холестерол (ОХ)	холестеролоксидазный	СГД, СХ
Триглицериды (ТГ)	ферментативно	СГД
Общий билирубин (ОБил)	реакция с диазореактивом	СЦ
Аспартатаминотрансфераза (АсАт)	по Райтману и Френкелю	СЦ
Аланинаминотрансфераза (АлАт)	по Райтману и Френкелю	СЦ
Лактатдегидрогеназа (ЛДГ)	кинетически	СЦ
γ-глутамилтранспептидаза (ГГТП)	кинетически	СХ
Щелочная фосфатаза (ЩФ)	колориметрически, с п-нитрофенилфосфатом	СХ
Холинэстераза (ХЭ)	колориметрический, по расщеплению бутирилтиохолинйодида	СГД
Общий кальций (Са)	колориметрически с о-крезолфталеинкомплексом	-
Неорганический фосфор (Р)	с молибденовым реактивом	-
Сывороточное железо (Fe)	колориметрический, реакция с хромогеном после восстановления аскорбиновой кислотой	-

* - МВС – мезенхимально-воспалительный синдром, СЦ – синдром цитолиза, СХ – синдром холестаза, СГД – синдром гептодепрессии

В дальнейшем в каждой группе свиноматок были определены подгруппы с биохимическими показателями, характеризующими печёночные патологии (подгруппы А), и с отсутствием таковых (подгруппы Б). Критерием при этом служили нормативные значения (НЗ) для супоросных (НЗ 1) и подсосных (НЗ 2) свиноматок, приведенные в «Рекомендациях по проведению биохимического контроля состояния здоровья свиней», утверждённых Департаментом ветеринарного и продовольственного надзора Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь 01.04.2013 г. [6], а также результаты статистической обработки результатов исследований (статистически значимые различия между содержанием того или иного биохимического показателя в крови свиноматок разных подгрупп). Интерпретацию биохимических показателей крови свиноматок после отъёма поросят проводили в соответствии с нормативами для подсосных свиноматок.

При статистической обработке материала опытов рассчитывали: среднюю арифметическую ($\bar{X}$), стандартное отклонение (σ), достоверность различий между множествами данных (p), исходя из уровня значимости 0,05.

Результаты. Анализ полученных показателей позволил установить существенные различия между «средними показателями» по группе свиноматок и результатами выборок, входящих в подгруппы А различных групп. Полученные значения содержания ОБ, альбумина, мочевины и креатинина в крови свиноматок различных групп приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели белкового и азотистого обменов
в крови свиноматок различных групп ($\bar{X} \pm \sigma$)

Table 3 – Indicators of protein and nitrogen metabolism
in the blood of sows of different groups ($\bar{X} \pm \sigma$)

Группа	ОБ, г/л	Альбумин, г/л	АПС, %	Мочевина, ммоль/л	Креатинин, мкмоль/л
16	74,31±7,383	34,30±5,690	47,02±11,596	3,24±1,032	89,17±22,219
17	75,60±9,674	30,61±6,113	41,49±11,652	3,11±0,929	89,94±32,709
18	75,68±7,875	29,14±7,309	39,31±12,619	2,51±0,683	102,76±14,752
19	71,20±13,316	33,12±4,166	48,77±13,620	2,56±0,530	108,18±19,069
20	72,96±13,235	31,52±4,881	44,91±12,335	2,44±0,985	102,91±34,130
21	73,63±14,435	29,90±5,703	42,46±12,935	2,37±0,784	109,33±26,784
НЗ1	65-75	30-45	-	2,2-4,0	60-90
НЗ2	60-72	30-42	-	2,0-3,5	60-110

Как следует из данных таблицы, при учёте «средних по группе» показателей незначительная гиперпротеинемия была установлена у свиноматок 17-й, 18-й, 20-й и 21-й групп, гипоальбуминемия – у свиноматок 18-й и 21-й групп, гиперкреатининемия – у свиноматок 18-й группы. Средний уровень мочевины во всех группах свиноматок находился в пределах референтных значений. При этом превышение верхних нормативных пределов (ОБ, креатинин) и уменьшение нижних (альбумин) во всех случаях оказалось незначительным.

Однако в каждой группе свиноматок оказались животные с показателями белкового и азотистого обменов, характеризующих развитие патологий печени (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели белкового и азотистого обменов
в крови свиноматок различных подгрупп ($\bar{X} \pm \sigma$)

Table 4 – Indicators of protein and nitrogen metabolism in the blood
of sows of various subgroups ($\bar{X} \pm \sigma$)

Подгруппа	ОБ, г/л	Альбумин, г/л	АПС, %	Мочевина, ммоль/л	Креатинин, мкмоль/л
1	2	3	4	5	6
Супоросные свиноматки (90 дней супоросности)					
16А	83,54±2,75**	28,96±2,76***	34,69±3,42**	1,99±0,31**	108,11±2,62
16Б	69,95±4,39	35,84±4,51	51,68±9,30	3,08±0,41	74,63±17,45
Разница показателей А к Б (+/- %)	+19,43	-23,76	-16,99	-54,77	+44,86
17А	82,05±4,28**	24,30±2,82**	29,58±2,56**	2,05±0,24*	132,99±44,03*
17Б	68,94±3,45	38,44±4,57	55,81±6,81	2,65±0,31	80,37±17,38
Разница показателей А к Б (+/- %)	+19,02	-58,19	-26,23	-29,27	+65,47

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
18А	86,73±4,21**	25,62±3,46**	29,51±3,41**	2,02±0,31**	111,94±5,45**
18Б	67,59±2,22	40,39±4,16	59,93±7,51	3,51±0,12	80,37±11,42
Разница показателей А к Б (+/- %)	+28,32	-57,65	-30,42	-73,76	+39,28
Свиноматки после отъёма поросят (три дня)					
19А	83,42±4,49**	27,87±1,37**	33,52±3,03**	1,91±0,15**	116,08±5,37**
19Б	66,61±3,83	37,03±4,06	55,65±5,73	2,61±0,31	84,80±14,14
Разница показателей А к Б (+/- %)	+25,24	-32,87	-22,13	-36,65	+36,89
20А	79,95±5,28**	26,84±1,78**	33,69±3,28***	1,68±0,19*	130,90±10,65***
20Б	64,73±2,66	36,87±3,46	56,92±4,38	2,41±0,40	71,62±11,86
Разница показателей А к Б (+/- %)	+23,51	-37,37	-23,23	-43,45	+82,77
21А	85,90±6,26**	25,16±1,53**	29,34±1,70**	1,81±0,23	128,43±14,67**
21Б	62,58±2,53	36,33±3,66	58,19±7,04	2,61±0,28	85,62±9,83
Разница показателей А к Б (+/- %)	+37,26	-44,4	-28,85	-44,2	+50,00

* - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ по отношению к показателям свиноматок подгрупп Б

Несмотря на то что в среднем по каждой группе свиноматок изучаемые показатели белкового и азотистого обменов находились либо в пределах референтных величин, либо незначимо от них отличались, между показателями сформированных подгрупп была установлена существенная разница. Так, во всех подгруппах А выявлены гиперпротеинемия, гипоальбуминемия, снижение АПС и концентрации мочевины. Во всех случаях установлена гиперкреатининемия. Статистически незначимой была разница только между показателями свиноматок подгрупп 16А и 16Б (концентрация креатинина). Во всех остальных случаях разница оказалась статистически значимой.

Информация о содержании в крови свиноматок глюкозы, ОХ, ТГ и общего билирубина приведена в таблице 5.

Таблица 5 – Показатели углеводного, липидного и пигментного обменов в крови свиноматок различных групп ($X \pm \sigma$)

Table 5 – Indicators of carbohydrate, lipid and pigment metabolism in the blood sows of different groups ($X \pm \sigma$)

Группа	Глюкоза, ммоль/л	ОХ, ммоль/л	ТГ, ммоль/л	Общий билирубин, мкмоль/л
16	4,15±0,794	2,04±0,522	0,48±0,159	12,59±6,413
17	4,12±0,570	2,01±0,568	0,50±0,228	11,97±5,903
18	4,02±0,375	1,79±0,464	0,38±0,201	12,16±5,212
19	3,64±0,853	2,24±0,658	0,41±0,229	18,00±5,440
20	3,68±0,398	2,04±0,747	0,36±0,223	17,81±4,627
21	3,19±0,574	2,03±0,882	0,43±0,340	18,60±5,773
НЗ1	4,2-5,2	1,8-3,4	0,5-1,0	5-12
НЗ2	3,6-4,6	2,0-3,8	0,3-1,0	7-18

Только в крови свиноматок 19-й и 20-й групп средняя концентрация глюкозы оказалась в пределах референтных величин. Гипохолестеролемия выявлена у свиноматок 18-й группы, у свиноматок этой же группы, а также в 16-й группе установлена гипотриглицеридемия. Гипербилирубинемия определена в крови свиноматок 16-й, 18-й и 21-й групп.

Как и в случае изучения изменений содержания в крови веществ, характеризующих белковый и азотистый обмены, были выявлены существенные различия в уровне глюкозы, ОХ, ТГ и общего билирубина в крови свиноматок подгрупп А и Б (таблица 6).

Таблица 6 – Показатели углеводного, липидного и пигментного обменов в крови свиноматок различных подгрупп ($X \pm \sigma$)

Table 6 – Indicators of carbohydrate, lipid and pigment metabolism in the blood sows of different subgroups ($X \pm \sigma$)

Подгруппа	Глюкоза, ммоль/л	ОХ, ммоль/л	ТГ, ммоль/л	Общий билирубин, мкмоль/л
Супоросные свиноматки (90 дней супоросности)				
16А	2,96±0,69**	1,58±0,16*	0,28±0,10**	24,31±2,28**
16Б	4,75±0,17	2,41±0,59	0,68±0,16	8,87±1,20
Разница показателей А к Б (+/- %)	-60,47	-52,53	-142,86	+174,07
17А	3,73±0,27**	1,28±0,15**	0,33±0,10**	22,75±3,65**
17Б	4,49±0,31	2,75±0,33	0,69±0,12	8,65±1,83
Разница показателей А к Б (+/- %)	-20,38	-114,84	-109,09	+163,01
18А	3,84±0,08*	1,43±0,16**	0,30±0,11**	21,29±2,66**
18Б	4,48±0,37	2,24±0,39	0,60±0,09	8,46±2,13
Разница показателей А к Б (+/- %)	-16,67	-56,64	-100	+151,65
Свиноматки после отъёма поросят (три дня)				
19А	2,85±0,39**	1,68±0,15**	0,23±0,06**	21,51±1,85**
19Б	4,09±0,30	3,17±0,47	0,82±0,17	14,62±1,47
Разница показателей А к Б (+/- %)	-43,51	-88,69	-256,52	+47,13
20А	3,32±0,18**	1,42±0,35	0,20±0,06*	22,17±2,29**
20Б	4,12±0,41	2,41±1,03	0,67±0,25	14,59±4,04
Разница показателей А к Б (+/- %)	-24,1	-69,72	-235,00	+51,95
21А	2,83±0,35**	1,41±0,27**	0,15±0,03**	25,31±4,66**
21Б	4,01±0,19	3,25±0,57	0,88±0,22	11,87±2,21
Разница показателей А к Б (+/- %)	-41,7	-130,5	-486,67	+113,23

* - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ по отношению к показателям свиноматок подгрупп Б

У всех свиноматок подгрупп Б содержание в крови глюкозы, ОХ, ТГ и общего билирубина находилось в пределах нормативных значений и статистически значимо отличалось от показателей свиноматок подгруппы А. У данных свиноматок (во всех подгруппах) установлены гипогликемия, гипохолестеролемия, гипотриглицеридемия и гипербилирубинемия.

Изменения активности ферментов в крови животных – важная составляющая диагностики болезней печени, поскольку содержание тех или иных энзимов с высокой точностью характеризует как проницаемость клеточных мембран, так и синтетическую активность паренхимы печени. Информация об активности ферментов в печени свиноматок различных групп содержится в таблице 7.

Таблица 7 – Активность ферментов в крови свиноматок различных групп ($X \pm \sigma$)

Table 7 – The activity of enzymes in the blood of sows of different groups ($X \pm \sigma$)

Группа	АсАт, ИЕ/л	АлАт, ИЕ/л	ЛДГ, ИЕ/л	ЩФ, ИЕ/л	ГГТП, ИЕ/л	ХЭ, ИЕ/л
16	41,21± 12,490	47,58± 19,693	573,27± 171,182	79,80± 31,172	47,01± 13,117	461,46± 100,264
17	41,59± 12,341	47,98± 15,442	545,91± 155,018	72,91± 27,081	63,83± 16,515	373,50± 141,864
18	41,89± 11,313	47,73± 23,768	594,43± 171,929	120,12± 42,815	54,78± 21,862	363,62± 129,223
19	46,51± 16,511	48,86± 10,239	489,27± 80,836	100,84± 12,698	65,82± 14,958	358,44± 80,416
20	47,12± 9,281	51,83± 10,690	609,82± 231,964	155,74± 46,484	70,98± 14,209	357,97± 135,754
21	45,02± 9,209	46,84± 8,528	641,24± 184,473	191,52± 113,840	65,45± 14,429	348,10± 131,393
НЗ1	24-42	24-48	300-540	42-84	24-66	360-600
НЗ2	30-42	30-54	360-660	54-108	36-72	300-540

В основном активность ферментов находилась в пределах нормативных значений. Исключение составила гиперферментемия для АсАт (группы 19-я, 20-я, 21-я), ЛДГ (группы 16-я, 17-я, 18-я), ЩФ (группы 18-я, 20-я, 21-я).

Между подгруппами свиноматок в активности ферментов также были выявлены различия (в большинстве случаев статистически значимые) (таблица 8).

Таблица 8 – Активность ферментов в крови свиноматок различных подгрупп ($X \pm \sigma$)

Table 8 – Activity of enzymes in the blood of sows of different subgroups ($X \pm \sigma$)

Подгруппа	АсАт, ИЕ/л	АлАт, ИЕ/л	ЛДГ, ИЕ/л	ЩФ, ИЕ/л	ГГТП, ИЕ/л	ХЭ, ИЕ/л
1	2	3	4	5	6	7
Супоросные свиноматки (90 дней супоросности)						
16А	57,44± 9,470**	79,47± 11,921**	593,15± 19,634**	120,96± 26,128**	59,79± 2,524	371,62± 56,766**
16Б	30,95± 3,796	36,25± 9,150	452,07± 71,153	49,56± 5,476	42,66± 16,212	538,61± 50,854
Разница показателей А к Б (+/- %)	+85,59	+119,23	+31,21	+144,07	+40,15	-44,94
17А	58,65± 3,757**	68,79± 12,152**	608,11± 192,721	84,00± 27,780*	76,35± 7,062**	218,74± 63,111**
17Б	30,92± 5,414	31,47± 5,972	543,99± 55,327	36,54± 2,817	47,48± 12,307	468,05± 82,906
Разница показателей А к Б (+/- %)	+89,68	+118,59	+11,79	+129,89	+60,8	-113,98
18А	60,79± 5,622***	76,26± 21,483*	759,87± 51,588***	134,40± 29,847**	70,95± 9,640**	275,18± 52,985**
18Б	35,41± 5,889	35,80± 7,783	525,82± 12,869	49,56± 6,901	38,99± 14,114	519,79± 87,768
Разница показателей А к Б (+/- %)	+71,67	+113,02	+44,51	+171,19	+81,97	-88,89
Свиноматки после отъёма поросят (три дня)						
19А	59,18± 2,851**	60,79± 1,662**	506,58± 33,243	55,44± 13,081	151,93± 8,486**	237,55± 54,147**

Окончание таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7
19Б	37,84± 3,281	38,82± 10,009	455,28± 53,889	47,88± 4,789	70,1±7 7,351	406,90± 27,074
Разница показателей А к Б (+/- %)	+56,4	+56,59	+11,27	+15,79	+116,73	-71,29
20А	54,62± 1,665**	58,82± 2,095**	487,34± 24,312	221,76± 6,901**	87,16 1,839**	246,96± 39,880*
20Б	37,38± 2,930	43,18± 4,284	503,37± 58,464	118,44± 26,128	56,97± 7,296	411,60± 95,900
Разница показателей А к Б (+/- %)	+46,12	+36,22	-3,29	+87,23	+52,99	-66,67
21А	48,82± 4,194**	56,26± 1,129*	849,64± 119,965**	156,24± 7,513***	82,68± 2,907***	237,55± 36,626***
21Б	37,80± 4,595	44,85± 6,740	577,12± 32,062	89,04± 6,230	57,44± 7,351	430,42± 63,656
Разница показателей А к Б (+/- %)	+29,15	+25,44	+47,22	+75,47	+43,94	-81,19

* - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ по отношению к показателям свиноматок подгрупп Б

Во всех подгруппах А установлена гиперферментемия для АсАт, АлАт, ЛДГ, ГГТП, ЩФ, гипоферментемия для ХЭ. У свиноматок подгрупп Б активность всех ферментов находилась в пределах нормативных значений.

Значения показателей минерального обмена, косвенно характеризующих функциональную активность печени, в основном (за исключением концентрации Р), находились в пределах нормативных значений (таблица 9).

Таблица 9 – Показатели минерального обмена в крови свиноматок различных групп ($X \pm \sigma$)

Table 9 – Indicators of mineral metabolism in the blood of sows of various groups ($X \pm \sigma$)

Группа	Са, ммоль/л	Р, ммоль/л	КФС	Fe, мкмоль/л
16	2,40±0,239	2,67±0,556	0,94±0,237	21,03±4,795
17	2,11±0,412	3,23±0,738	0,70±0,270	28,95±6,832
18	1,85±0,483	3,34±0,695	0,59±0,250	27,17±9,510
19	2,56±0,445	3,16±1,149	0,93±0,367	23,70±6,698
20	2,02±0,591	3,93±2,606	0,74±0,455	35,66±7,239
21	1,79±0,676	3,06±0,641	0,65±0,375	37,00±9,073
НЗ1	2,1-3,1	1,5-2,7	-	15-38
НЗ2	2,0-3,5	1,5-2,5	-	15-38

Гипокальциемия была выявлена в группах «старых» свиноматок (группы 18-я и 21-я), гиперфосфатемия – практически во всех группах (за исключением 16-й).

Разница в содержании показателей минерального обмена между свиноматками подгрупп А и Б приведена в таблице 10.

Подгруппы А и Б свиноматок выделялись на основе различия содержания в крови животных показателей, характеризующих развитие тех или иных биохимических синдромов болезней печени. Однако у свиноматок подгрупп А, помимо данных изменений в крови, выявлялись гипокальциемия, гиперфосфатемия, снижение КФС. Также у данных животных в крови повышалось содержание сывороточного железа (за исключением свиноматок подгруппы 19А) с развитием или без развития гиперферроемии. Последняя была установлена у свиноматок подгрупп 20А и 21 А. В основном различия между показателями свиноматок подгрупп А и Б были статистически значимыми.

Таблица 10 – Показатели минерального обмена в крови свиноматок подгрупп А и Б ($X \pm \sigma$)

Table 10 – Indicators of mineral metabolism in the blood of sows of subgroups A and B ($X \pm \sigma$)

Подгруппа	Са, ммоль/л	Р, ммоль/л	КФС	Fe, мкмоль/л
Супоросные свиноматки				
16А	2,28±0,076	3,09±0,623	0,77±0,197	22,16±6,360
16Б	2,26±0,365	2,59±0,421	0,89±0,213	20,19±5,286
Разница показателей А к Б (+/- %)	+0,88	+19,31	-15,58	+9,76
17А	1,52±0,247**	3,75±0,374**	0,41±0,085**	35,93±2,922**
17Б	2,57±0,265	2,49±0,538	1,07±0,243	22,45±5,464
Разница показателей А к Б (+/- %)	-69,08	+50,6	-160,98	+60,04
18А	1,57±0,149**	4,20±0,253**	0,38±0,053**	34,69±3,294***
18Б	2,47±0,220	2,69±0,453	0,94±0,218	16,47±3,373
Разница показателей А к Б (+/- %)	-57,32	+56,13	-147,37	+110,63
Свиноматки, три дня после отъёма поросят				
19А	3,06±0,185	3,89±0,847**	0,81±0,167**	21,33±7,532
19Б	2,80±0,226	2,10±0,353	1,36±0,242	25,37±5,548
Разница показателей А к Б (+/- %)	+9,29	+85,24	-67,9	-18,94
20А	1,52±0,231***	8,24±2,510**	0,21±0,126***	41,45±2,444***
20Б	2,87±0,366	2,13±0,171	1,36±0,214	26,06±4,328
Разница показателей А к Б (+/- %)	-88,82	+286,85	-547,62	+59,06
21А	1,58±0,214**	3,36±0,349**	0,47±0,074***	42,57±2,770***
21Б	2,93±0,377	2,23±0,184	1,31±0,155	22,53±3,877
Разница показателей А к Б (+/- %)	-85,44	+50,67	-178,72	+88,95

* - $p < 0,05$, ** - $p < 0,01$, *** - $p < 0,001$ по отношению к показателям свиноматок подгрупп Б

Как показали наши исследования, оценка полученных результатов биохимических исследований по средней выборке может привести к неверным суждениям о развитии гепатопатий у свиноматок. Биохимические изменения, типичные для СГД, выявлялись:

- гипоальбуминемия – у свиноматок двух групп;
- снижение концентрации мочевины и активности ХЭ – ни в одной группе свиноматок;
- гипохолестеролемия – у свиноматок одной группы;
- гипотриглицеридемия – у свиноматок двух групп.

Изменения, характерные для СЦ, выявлялись:

- гипербилирубинемия – в трёх группах свиноматок;
- повышение активностей ЛДГ и АсАт – у свиноматок трёх групп.

Средние по выборкам, характеризующие СХ, оказались повышенными для ЩФ в трёх группах. Уровень ОБ, косвенно характеризующего МВС, и возрастающий за счёт нарастания белков воспаления, входящих в основном в глобулиновую фракцию.

Показатели минерального обмена в сыворотке крови свиноматок выходили за пределы референтных значений с развитием:

- гипокальциемии – у свиноматок двух групп;
- гиперфосфатемии – у свиноматок пяти групп.

Содержание в крови железа в среднем за пределы референтных величин не выходило.

При этом отмечаемые изменения (как в сторону увеличения, так и в сторону снижения) от верхних (нижних) пределов нормативных значения отличались незначительно.

Оценка биохимических показателей отдельных свиноматок позволила выявить значительные отклонения от нормативных значений. На основании данных отклонений было установлено развитие у животных в заключительный период супоросности и в послеотъёмный период цитолитических изменений в печени, что проявлялось в повышении активности АсАт, АлАт, ЛДГ, гипербилирубинемией. Гепатодепрессия у свиноматок в указанные периоды характеризовалась гипоальбуминемией, снижением АПС, концентраций мочевины, ОХ и ТГ, активности ХЭ. Синдром холестаза характеризовался повышением активностей ГГТП и ЩФ. Вместе с тем, повышение активности ГГТП может быть связано с развитием в печени дистрофических и воспалительных изменений без развития холестаза. Повышение же активности ЩФ у свиноматок обусловливается в том числе и дистрофическими изменениями в костной ткани. На последнее указывают гипокальциемия, гиперфосфатемия и снижение КФС у свиноматок подгрупп А (с биохимическими изменениями, характерными для гепатопатий).

Изменения показателей минерального обмена у свиноматок косвенно характеризуют развитие у свиноматок гепатопатий. Биохимические признаки, характеризующие ацидозную форму остеодистрофии (гипокальциемия и гиперфосфатемия), развивались вследствие снижения синтеза паренхимой печени кальцидиола (преметаболита активной формы витамина D) и ухудшением его усвоения в желудочно-кишечном тракте вследствие снижения желчеобразования и желчевыведения. Развитие гиперферремии либо достоверно значимое превышение содержания сывороточного железа у свиноматок подгрупп А – следствие печёчно-клеточной недостаточности, при которой происходит нарушение синтеза в печени белков-регуляторов обмена железа (ферритина, трансферрина, гепсидина, церулоплазмина), а также блокируется синтез активной формы витамина B₉ (тетрагидрофолиевой кислоты).

Выводы. Проведенные исследования выявили, что средние значения по выборке свиноматок не позволяют сделать достоверного заключения о развитии токсического гепатоза и других патологий печени (гепатопатий) у свиноматок. В этой связи с целью оценки биохимических изменений в крови, характеризующих развитие гепатопатий, следует контролировать изменения и у отдельных животных выборки.

Заключительный период супоросности (90 дней) и в послеотъёмный период (три дня после окончания лактации и отъёма поросят) характеризуются развитием у свиноматок гепатопатий, характеризующихся синдромами цитолиза, гепатодепрессии, холестаза и нарушениями минерального обмена. При данных патологиях (гепатопатиях) у супоросных свиноматок происходит снижение в крови концентрации альбумина на 23,76-58,19 %, альбумин-протеинового соотношения – на 16,99-30,42 %, мочевины – на 29,27-73,76 %, общего холестерина – на 52,53-114,84 %, триглицеридов – на 100,00-142,86 %, глюкозы – на 16,67-60,47 %, кальция – на 56,7-69,7 %, активности сывороточной холинэстеразы – на 44,94-113,98 % и возрастанием концентрации общего билирубина – на 151,65-174,07 %, неорганического фосфора – на 19,31-56,13 %, железа – на 9,76%-110,63 %, активностей аспартатаминотрансферазы – на 71,67-89,68 % и аланинаминотрансферазы – на 113,02-119,23 %, ЛДГ – на 11,79-44,51 %, ГГТП – на 40,15-81,97 %, ЩФ – на 129,89-171,19 % по сравнению со здоровыми животными.

В послеотъёмный период гепатопатии у свиноматок характеризовались снижением в крови концентрации альбумина на 32,87-44,40 %, альбумин-протеинового соотношения – на 22,13-28,85%, мочевины – на 36,65-44,20 %, общего холестерина – на 69,72-130,50 %, триглицеридов – на 235,00-486,67 %, глюкозы – на 24,10-43,51 %, каль-

ция – на 85,44-88,92 %, активности сывороточной холинэстеразы – на 66,67-81,19 % и возрастанием концентрации общего билирубина – на 47,13-113,23 %, неорганического фосфора – на 50,67-286,85 %, железа – на 18,94-88,95 %, активностей аспартатамино-трансферазы – на 29,15-56,40 % и аланинаминотрансферазы – на 25,44-56,69 %, ЛДГ – на 11,27-47,22 %, ГГТП – на 43,94-116,73 %, ЩФ – на 15,79-87,23 % по сравнению со здоровыми животными.

Следует отметить, что значения биохимических показателей крови, характеризующие синдромы цитолиза (повышения активностей АсАт, АлАт, ЛДГ, гипербилирубинемия), гепатодепрессии (гипоальбуминемия, гипохолестеролемия, гипотриглицеридемия, снижения концентрации мочевины и активности ХЭ), в большинстве случаев статистически значимо отличались от показателей крови свиноматок с «нормальными» значениями.

Установленные гиперферментемия для ЩФ и ГГТП, гиперфосфатемия, гипокальциемия и снижение КФС у свиноматок с биохимическими изменениями, характерными для гепатопатий, имели статистически значимые отличия от показателей крови свиноматок с «нормальными» значениями (за исключением свиноматок 16-й группы). Следует отметить, что разница в активности ЩФ и у данных свиноматок оказалась статистически значимой.

Развитие у свиноматок гепатопатий, подтверждаемых биохимическими исследованиями крови, сопровождается метаболическими нарушениями в организме, которые неизбежно приведут к снижению «качества» приплода, нарушениям его роста и развития.

Библиографический список

1. Великанов В. В. Интенсивность перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы поросят при токсической гепатодистрофии // Учёные записки Витебской государственной академии ветеринарной медицины: научно-практический журнал. 2017. Т. 53. В. 1. С. 39-42.
2. Петровский С. В., Большакова Е. И., Матеша А. А. Фармакопрофилактика лекарственного гепатоза с использованием карнитинсодержащего препарата // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 46–53.
3. Польских С. В., Жукова М. И. Влияние зернового мицелия вешенки обыкновенной (*pleurotu zostreatus fr. kumm*) на иммуномодулирующие свойства у поросят-отъемышей в хозяйствах Воронежской области // Дальневосточный аграрный вестник. 2018. № 3 (47). С. 64-79.
4. Пятроўскі С. У., Дубіна І. М., Хлебус Н. К. Біяхімічныя паказчыкі крыві і рэпрадукцыя свінаматок пры хранічных мікатаксікозах // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы: сборник научных трудов: в 2 т. Гродненский государственный аграрный университет, 2010. Т. 2: Агрономия. Ветеринария. С. 369-376.
5. Разведение и болезни свиней: практическое пособие: в 2 ч. / А. И. Ятусевич [и др.]. Витебск: ВГАВМ, 2013. Ч. II. С. 297-300.
6. Рекомендации по биохимическому контролю состояния здоровья свиней / А. П. Курдеко, Н. К. Хлебус, С. В. Петровский, И. Н. Дубина, А. П. Демидович, А. А. Мацинович. Горки: УО БГСХА, 2013. 48 с.
7. Сенько А. В., Емельянов В. В. Медикаментозные поражения печени у поросят // Ветеринарная медицина Беларуси. 2001/2002. № 4/1. С. 30-31.
8. Хлебус Н. К., Пятроўскі С. У. Узаемазвязь энергадэфіцытных станаў і функцыянальнай недастатковасці печані з гаспадачымі паказчыкамі свінаматок // Животноводство и ветеринарная медицина. 2012. № 1 (4). С. 25-29.
9. Effects of Deoxynivalenol and Zearalenone on the Histology and Ultrastructure of Pig Liver / N. Skiepmo, B. Przybylska-Gornowicz, M. Gajecka, M. Gajecki, B. Lewczuk // Toxins. 2020. V. 12. № 463. 19 p.
10. Nolan J. P., Yale J. The Contribution of Gut-Derived Endotoxins to Liver Injury // Biol Med. 1979. V. 52. № 1. P. 127–133.

11. Nolan J. P. The role of intestinal endotoxin in liver injury: A long and evolving history // Hepatology. 2010. V. 52. P. 1829-1835.

12. Swine inflammation and necrosis syndrome is influenced by husbandry and quality of sow in suckling piglets, weaners and fattening pigs / G. Reiner, J. Kühling, M. Lechner, H. Schrader, J. Saltzman, Ch. Muelling, . Dänicke, F. Loewenstein // Porc Health Manag. 2020. Vol. 6. № 32. 22 p.

Информация об авторах

Хлебус Наталья Константиновна, химик 2-й категории, руководитель группы физико-химических испытаний, магистр ветеринарных наук, СООО «НатиВита» (211361, Республика Беларусь, Витебская область, г.п. Бешенковичи, ул. Строителей, 3), магистр ветеринарных наук, тел. +375 29 718 92 06, e-mail: natali-chleb@tut.by

Петровский Сергей Владимирович, доцент кафедры внутренних незаразных болезней животных УО «Витебская ордена «Знак Почёта» государственная академия ветеринарной медицины» (210026, Республика Беларусь, г. Витебск, ул. 1-я Доватора, 7/11), кандидат ветеринарных наук, доцент, тел. +375 29 718 40 13, e-mail: vsavm_sergey@tut.by

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-46

INFLUENCE OF CHLORELLA VULGARIS IGF No.C-111 ON THE FORMATION OF EPIZOOTIC WELL-BEING IN POND FARMING

A. Yu. Toropov, M. V. Moskovets, M. I. Filimonov, S. Ya. Semenenko

*Federal state budgetary scientific institution
«All-Russian research Institute of irrigation agriculture», Volgograd*

Received 14.09.2022

Submitted 13.02.2023

Summary

The article presents a comparative analysis of the general resistance of the fish organism before algolization of ponds with chlorella suspension and during its use in fish farming.

Abstract

Introduction. The causes of infectious and invasive diseases, as well as toxicosis in pond farms, which negatively affect the growth and development of fish, are considered. One of the problems is the pollution of reservoirs, as a result of compacted planting of fish in ponds, which causes close contact of cultivated objects and creates favorable conditions for the spread of various diseases; as well as the introduction of a large amount of feed and mineral fertilizers into ponds. **Materials and methods.** The paper presents a comparative analysis of the general resistance of the fish organism before algolization of ponds with chlorella suspension and during its use in fish farming by the IP-head of the Lozin farm located in the Sredniakhtubinsky district of the Volgograd region. The main causes of the disease and epizootics of their occurrence are: a significant content of organic matter, accumulation of blue-green algae, which occur in the spring-summer period and intensify with increasing temperature. When actively developing in The Volgograd reservoir of cyanobacteria, which come in large quantities with the injected water, develop blue-green algae. This leads to further negative processes that determine the gas, hydrochemical and hydrological regimes of the reservoir, which affect the clinical picture of a particular disease. **Results and conclusions.** The use of chlorella made it possible to reduce the intoxication of carp, increase the survival rate of fry (yield) by 5-10%, reduce the incidence (intensity) of toxicosis by 80%, for other diseases, including parasitic by 10-15%, increase the growth rate of fish by 10-15% (determined by the weight in control catches).

Key words: *infectious, invasive diseases, toxicosis, chlorella, fish ponds, prevention, correction of algocenosis, oxygen, biogenic substances.*

Citation. Toropov A. Yu., Moskovets M. V., Filimonov M. I., Semenenko S. Ya. The influence of chlorella vulgaris igf No.c-111 on the formation of epizootic well-being in pond farming. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 427-434 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-46.

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

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

УДК 639.37

ВЛИЯНИЕ CHLORELLA VULGARIS ИФР № С-111 НА ФОРМИРОВАНИЕ ЭПИЗООТИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ В ПРУДОВОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. Ю. Торопов, научный сотрудник

М. В. Московец, старший научный сотрудник

М. И. Филимонов, кандидат технических наук

С. Я. Семененко, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.09.2022

Дата принятия к печати 13.02.2023

Актуальность. Рассматриваются причины возникновения инфекционных и инвазионных болезней, а также токсикозов в прудовых хозяйствах, негативно влияющих на рост и развитие рыбы. Одной из проблем является загрязнение водоемов в результате уплотненной посадки рыбы в пруды, что обуславливает тесный контакт выращиваемых объектов и создаёт благоприятные условия для распространения различных болезней, а также внесение в пруды большого количества кормов и минеральных удобрений. **Материалы и методы.** В работе использован научный метод сравнительного анализа общей резистентности организма рыб до альголизации прудов суспензией хлореллы и в период применения её в рыбоводном хозяйстве. Исследования проводились в нагульных прудах ООО «Флора» и ИП-глава КФХ Лозина, расположенных в Среднеахтубинском районе Волгоградской области. Основными причинами заболевания и эпизоотии их возникновения являются: значительное содержание органики, скопление сине-зеленых водорослей, пик развития которых приходится на весенне-летний период, повышение температуры. Активно развивающиеся в Волгоградском водохранилище цианобактерии, которые поступают в большом количестве с закачиваемой в пруды водой, инициируют развитие сине-зеленых водорослей. Это приводит к дальнейшим негативным процессам, изменяющим газовый, гидрохимический и гидрологический режимы водоёма, которые влияют на клиническую картину того или иного заболевания у рыб. **Результаты и выводы.** Использование хлореллы позволило уменьшить интоксикацию карпа, повысить выживаемость мальков (выход) на 5-10 %, сократить заболеваемость (интенсивность) по токсикозам на 80 %, по другим заболеваниям, включая паразитарные на 10-15 %, повысить темп роста рыбы на 10-15 % (определялся по навеске в контрольных обловах).

Ключевые слова: инвазионные болезни рыб, токсикозы рыб, хлорелла, рыбоводные пруды, коррекция альгоценоза, биогенные вещества.

Цитирование. Торопов А. Ю., Московец М. В., Филимонов М. И., Семененко С. Я. Влияние chlorella vulgaris ифр №с-111 на формирование эпизоотического благополучия в прудовом хозяйстве. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 427-434. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-46.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Развитие искусственного воспроизводства водных биологических ресурсов и аквакультуры в прудовых хозяйствах является приоритетным направлением государственной политики и является одним из важнейших элементов продовольственной безопасности [11].

По официальной оценке, ущерб, наносимый рыбоводным хозяйствам страны различными заболеваниями, существенен и он с трудом поддается точному расчету. По некоторым оценкам, этот ущерб составляет от 20 до 50 % всей производимой в стране

рыбы. Независимая профессиональная экспертиза в 2010-2016 гг. констатировала нарушение санитарных норм безопасности российской рыбной продукции – 28-37 %. Рост потребления рыбной продукции мотивирует производителей наращивать темпы и объёмы производства при ограниченных ресурсных возможностях, что влечёт за собой нарушения биотехнологии выращивания и несоблюдение ветеринарно-санитарных правил, что сказывается на качестве товара. Вследствие интенсификационных мероприятий, проводимых на водоёмах, ухудшается среда обитания гидробионтов, что, в свою очередь, повышает ветеринарные риски, создавая благоприятные условия для распространения болезней и в конечном счёте отражается на приросте живой массы и его жизнестойкости [3]. Недостаточно внимания уделяется гидрохимическому (и особенно газовому) режиму водоёмов и улучшению зоогигиенических условий, что приводит к ухудшению эпизоотической ситуации в рыбоводческих хозяйствах [9]. Это наносит экономический ущерб рыбному хозяйству, исчисляющийся прямой потерей (гибелью) около 20-30 % товарной рыбы. Кроме того, большие средства расходуются на оздоровление хозяйств, дезинфекцию, дезинвазию водоемов и лечение рыб [13].

Российская индустрия аквакультуры испытывает по существующим и перспективным объектам товарного рыбоводства затруднения в поставках современных средств диагностики, профилактики и лечения заболеваний аквакультуры [1]. Нарращивание объёмов традиционных и новых видов продукции, повышение выхода и улучшение качества вырабатываемой продукции неразрывно связано с совершенствованием методов и процессов управления в прудовом бизнесе [8].

Для обеспечения экологического и ветеринарного благополучия рыбоводных хозяйств особое внимание следует уделять профилактике возникновения болезней и состоянию используемых водоемов. В связи с этим актуально наметить комплекс противозооотических мероприятий, направленных на уменьшение потерь и повышение качества рыбной продукции [4].

Цель исследований — провести сравнительный анализ общей резистентности организма рыб до альголизации прудов суспензией хлореллы и в период применения её в рыбоводном хозяйстве.

Материалы и методы. Эксперимент проводился на базе полносистемного прудового хозяйства ООО «Флора» и ИП-глава КФХ Лозина, расположенных в Среднеахтубинском районе Волгоградской области. Основанием для выбора водоемов послужило наличие достаточного количества собственных данных, полученных по результатам исследований 2016 года без применения хлореллы и с применением хлореллы в 2018-2020 годах.

Пробы фитопланктона отбирались в соответствии с общепринятой методикой батометром из поверхностного горизонта ежемесячно с мая по сентябрь. Пробы фиксировали раствором Утермеля, концентрировали их с помощью фильтровальной бумаги. Объем концентрата составлял 7-10 мл. Подсчет клеток и идентификацию видов проводили на световом микроскопе Leica при увеличении от $\times 200$ до $\times 1600$ в камере Нажотта объемом 0,05 мл. Численность клеток (N) определяли по формуле:

$$N = \frac{n(\text{кл.}) \times V(\text{мл.})}{V_{\text{камеры}}(\text{мл.}) \times V_{\text{пробы}}(\text{л.})},$$

где n — количество клеток в камере, кл., v — объём сконцентрированной пробы, мл; V (камеры) — объём камеры, в которой осуществляется определение клеток и подсчет, мл; V (пробы) — объём пробы, л.

Параллельно производили забор воды на гидрохимические показатели, которые определялись в лицензированной лаборатории ФГБУ «Управление эксплуатации Волгоградского водохранилища».

Возбудители заболеваний рыб определялись по результатам эпизоотических обследований хозяйства, а также клинических и патологоанатомических исследований во время контрольных обловов. Эпизоотические обследования проводились 2 раза в год (весной – при облове зимовальных прудов и последующем зарыблении (март – апрель), осенью – при облове прудов и пересадке на зимовку (октябрь – ноябрь). Контрольные обловы проводились еженедельно в течение сезона при кормлении (с 10 июня по 30 сентября). При проведении контрольных обловов определялись темпы роста, интенсивность питания, состав пищевого комка. Для проведения вселения использовалась суспензия хлореллы штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111. (патент RU2176667C1), в соответствии с рекомендациями ФГБНУ «Всероссийский НИИ орошаемого земледелия». Хлорелла вносилась в нагульные пруды при совместном выращивании рыбы (поликультура) в период с мая по октябрь. Сроки вселения определяли с учетом потребности в естественной кормовой базе с помощью диска Секки.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных ветеринарных данных рыбного хозяйства свидетельствует о том, что наибольший удельный вес имеют инфекционные и инвазионные заболевания рыб, а также токсикозы (таблица 1).

Таблица 1 – Сведения по отдельным болезням рыб

Table 1 – Information on individual fish diseases

Заболевание	Среднее за 2016-2017 гг., %	Среднее за 2018...2020 гг., %
Инфекционные (сапролегниоз, в зимнее время при содержании в садках)	10	7,5
инвазионные	10-15	8-12
Токсикозы карпа и р/я	80	0

При этом следует отметить, что динамика заболеваемости зависит от целого комплекса биотических и абиотических факторов и имеет выраженный сезонный характер. Количественная связь между возникновением эпизоотии и изменяющимися факторами показала, что наиболее сильное влияние на изменение ситуации оказывают температура, содержание в воде растворенного кислорода, реакция среды (pH) и формы азота. Основные заболевания и эпизоотии их возникновения приходится на весенне-летний период и интенсифицируются с повышением температуры.

Цианобактерии, активно развивающиеся в данный период в Волгоградском водохранилище при отсутствии хлореллы, в большом количестве с водой, закачиваемой на подпитку водоёмов, попадают в пруды. В прудах, при значительном содержании органики, развитие получают сине-зеленые водоросли, что определяет дальнейшие негативные процессы, связанные с газовым, гидрохимическим и гидрологическим режимами водоёма, которые влияют на клиническую картину того или иного заболевания [5].

Анализ данных ранее проведённых исследований и результатов 2016 г. показывает, что в результате интоксикации воды сине-зелеными водорослями фиксировалась гибель белого толстолобика (до 10 тонн в пруду или 70 % от общего количества), развивался токсикоз карпа, ухудшались пищевые качества (мясо рыбы приобретает неприятный запах и вкус). Исследования также показали, что проведение альголизации суспензией хлореллы в весенние месяцы способствует перестройке в фитопланктонном сообществе и смене доминантного комплекса форм водорослей, что является сдерживающим фактором развития сине-зеленых водорослей, т.е. хлорелла создает конкуренцию сине-зеленым водорослям в использовании биогенных веществ (рисунок 1).

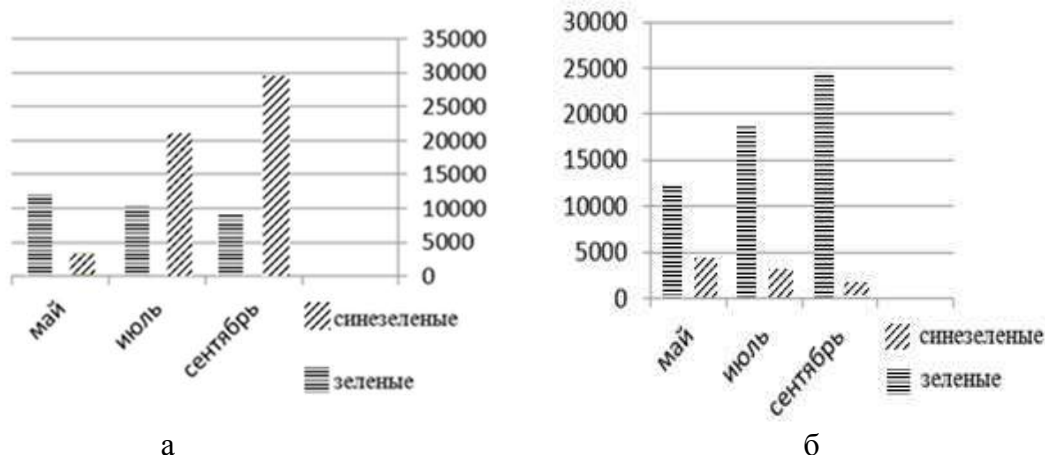


Рисунок 1 – Динамика развития фитопланктона. а) контрольный пруд;
б) экспериментальный пруд

Figure 1 – Dynamics of phytoplankton development. a) control pond; b) experimental pond

Рассматриваемые водоёмы характеризовались разной степенью развития планктонных водорослей в вегетационный период при однотипных метеорологических условиях. Температура воды находилась на уровне 20-25 С°. В июле-сентябре развитие водорослей достигает максимума. В этот период наиболее полно выявляется различие в количественном развитии фитопланктона, что обуславливается как гидрологическими (наличие или отсутствие течения, подверженность ветровому воздействию), так и гидрохимическими факторами, при этом влияние последнего более значимо [12].

Стоит отметить, что при развитии хлореллы не происходит накопления биомассы её самой, так как она вовлечена в пищевые цепочки и тем самым препятствует образованию трофических тупиков [10].

Очень часто снижению резистентности организма рыб способствуют стресс-факторы, и главенствующую роль здесь играет дефицит кислорода. По статистике, представленной Центральной лабораторией ихтиопатологической службы Минрыбхоза РСФСР, более 90 % всех случаев гибели и заболеваний рыб в той или иной степени были связаны с дефицитом кислорода. Помимо заморов, самой частой причиной стресса рыб является нарушение гидрохимического режима. При интенсивном «цветении» воды в ней накапливается органическое вещество на различных стадиях деструкции, изменяются концентрации водородных ионов, что существенно влияет на обмен веществ рыб и увеличивает ингибирующее действие [14].

Хлорелла обеспечивает улучшение качества воды по физико-химическим показателям и изменению их концентраций [7].

Исследованиями установлено снижение количественных значений показателей качества воды, таких как химическое и биохимическое потребление кислорода (таблица 2).

По полученным значениям, как видно из таблицы, гидрохимические показатели в исследуемых прудах на начальной стадии исследований практически идентичны, что свидетельствует об однообразном характере протекающих процессов. Продуктивное действие хлореллы отражается в корреляции с содержанием в воде азотистого рациона и кислорода. При понижении количества растворенного кислорода в контроле (с 7,7 до 6,3), наблюдается рост азотных форм. Это связано с недостаточной утилизацией биогена из оборота через трофические цепочки и вовлечением его в локальный незамкнутый круговорот (эвтрофирование) водного объекта. Увеличение содержания нитритов с 0,039 до 0,05 мг/дм³ указывает на усиление процессов разложения органики в условиях

более медленного окисления NO₂- в NO₃-, что указывает на зависимость скорости реакции нитрификации от концентрации кислорода. Количество кислорода, использованное на превращение азота сначала из аммонийной (образовывается в анаэробных условиях) в нитритную, а затем и нитратную форму, может в несколько раз превышать количество кислорода, требуемого для биохимического окисления органических углеродсодержащих соединений. Можно предположить, что данный факт отражает обратную зависимость рН от кислорода, так как реакции нитрификации идут без выделения CO₂.

Таблица 2 – Гидрохимические показатели прудов (среднее за 2018 г.)

Table 2 – Hydrochemical indicators of ponds (average for 2018)

Наименование	Контроль. Пруд без хлореллы, мг/дм ³	Эксперимент. Пруд с хлореллой, мг/дм ³	ПДК для водоемов, мг/дм ³
Кислород растворенный	7,7-6,3	7.8-8,6	Не менее 6,0
Реакция среды, рН	8,0-8,7	7,9-7,1	6,5-8,5
Нитриты	0,039-0,05	0,043-0,02	0,08
Нитраты	35-42	35-1,68	40
БПК ₅	3,7-4,9	3,18-2,7	3,0
ХПК	28,2-23,8	27,5-13,3	15,0

Изучение изменений рН проводились в акватории обоих прудов. Максимальное значение рН (8,7) было достигнуто в контрольном пруду в период максимального «цветения» водорослей. Это связано с низкими буферными свойствами воды и способностью растительной биомассы высвобождать карбонаты [15]. В результате биохимической реакции получают сильные основания и высокая общая щелочность, при которых возрастает кислородный порог и ослабляется интенсивность дыхания рыб [2]. В альголизированном пруду происходило снижение рН, что связано с развитием естественной кормовой базы, её количественным и видовым разнообразием (установлено при сравнении состава пищевых комков), и это способствовало дополнительному образованию свободной углекислоты.

В первый месяц наблюдений установлено повышенное БПК₅ в исследуемых водоёмах. В процессе фотосинтетической активности клеток хлореллы происходит интенсивное выделение атомарного кислорода, часть которого идет на окисление органического вещества и дальнейшую биотическую циркуляцию. В процессе исследований по показателям БПК₅ опытный пруд после ежемесячного вселения хлореллы от класса «загрязненный» повысился до класса «умеренно загрязненный» (БПК₅-2,94), а контрольный пруд от «загрязненный» снизился до «грязный» (БПК₅-4,9).

Особенностью биохимического окисления органических веществ в воде является сопутствующий ему процесс нитрификации, искажающий характер потребления кислорода. Также различны показатели по количеству израсходованного на окисление химически связанного кислорода (ХПК). Анализируя динамику перманганатной окисляемости на контроле, отмечаем некоторое снижение, но в основном это указывает на более высокую органическую нагрузку на экосистему пруда по мере роста продукционных процессов. Снижение перманганатной окисляемости в эксперименте установлено на протяжении всего периода наблюдений, и в августе его показатель достиг значения 13,3 мг/дм³, что соответствует нормативам ПДК.

Таким образом, динамика и различное содержание концентраций веществ в прудах указывает на степень и направленность гидрохимических процессов (в том числе кислородная составляющая): экспериментальный – стабилизация основных показателей и насыщение кислородом (май – 7,8 август – 8,7), контрольный – снижение кис-

лорода (май – 7,7 август – 6,3) и рост значимых величин [6]. Полученные результаты позволяет предположить наличие процесса самоочищения в эксперименте под действием экосистемы пруда.

Данное обстоятельство положительно сказывается на гидрохимическом режиме водоема, оказывая благоприятное воздействие на условия обитания рыб и их кормовых организмов. Все эти многоплановые изменения способствуют повышению резистентности организма рыб, уменьшению количества и интенсивности заболеваний. В результате заметно повышается выживаемость рыб различных возрастов, повышаются темпы роста. Также заметно сокращается интенсивность заболеваний и паразитоносительства даже инвазионных (лернеоз, аргулез) заболеваний.

Выводы. На основании проведенных исследований и работ по вселению хлореллы в рыбоводные пруды следует отметить положительное влияние штамма *Chlorella vulgaris* ИФР № С-111 на формирование эпизоотического благополучия в прудовом хозяйстве, что позволило предотвратить в 2018 году интенсивное «цветение» сине-зеленых водорослей и улучшить гидробиологический состав воды. На протяжении периода наблюдений отмечено стойкое уменьшение концентраций по формам соединений азота, показателю ХПК и БПК, повышение естественной продуктивности водоемов на 5-10 % за счет развития и функционирования водного биоценоза. Использование хлореллы, помимо предотвращения замора рыб, позволило уменьшить интоксикацию карпа, повысить выживаемость мальков (выход) на 5-10 %, сократить заболеваемость (интенсивность) по токсикозам на 80 %, по другим заболеваниям, включая паразитарные, – на 10-15 %, повысить темп роста рыбы на 10-15 %, что повысило конкурентную способность и экономическую эффективность прудовых хозяйств.

Библиографический список

1. Аварский Н. Д., Полухин А. А., Таран В. В. Ключевые проблемы развития инфраструктуры рыбохозяйственного комплекса России // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 6 (63). С. 72–80.
2. Аршаница Н. М., Гребцов М. Р., Стекольников А. А. Рыбы как индикаторы качества вод // Международный вестник ветеринарии. 2017. № 3. С. 66-72.
3. Бурлаков И. А., Крючков В. Н., Волкова И. В. Реакция почек густеры (*Blicca bjoerkna*) дельты Волги на условия обитания // Вестник АГТУ. Серия: Рыбное хозяйство. 2021. № 3. С. 142-149.
4. Бурлаченко И. В., Яхонтова И. В. Рыбоводные технологии в искусственном воспроизводстве: современное состояние, проблемы, решения // Труды ВНИРО. 2015. Т. 153. С. 137–153.
5. Использование водоемов с неблагоприятным гидрохимическим режимом для выращивания рыб / Т. Х. Плиева, Н. М. Лаврентьева, В. В. Тетдоев, Т. А. Михалева // Вестник РГА-ЗУ. Научный журнал. 2012. № 13 (18). С. 94-97.
6. Котелевцев С. В., Остроумов С. А., Садчиков А. П. О некоторых аспектах влияния планктонных организмов на химизм гидросферы // Экологическая химия. 2016. № 25 (3). С. 163-171.
7. Лукьянов В. А., Мысик А. Т., Наумов М. М. Биологический способ увеличения растворенного кислорода в водоемах с помощью микроводорослей // Зоотехния. 2019. № 1. С. 19-22.
8. Медведев А. В., Торопов А. Ю., Медведева Л. Н. Применение умных и природосберегающих технологий в сельском хозяйстве (на примере прудового бизнеса) // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С.12-17.
9. Наумова А. М., Наумова А. Ю., Логинов Л. С. Эпизоотологический мониторинг рыбоводных хозяйств и рыбопромысловых водоемов России // Труды ВНИРО. 2016. Т. 162. С. 97–102.
10. Нечипорук Т. В., Плиева Т. Х. Увеличение естественной кормовой базы водоемов как метод восстановления рыбных ресурсов // Вестник сельского развития и социальной политики. 2016. № 1 (9). С. 89-92.
11. Развитие товарной аквакультуры в России: состояние и ключевые направления / Н. Д. Аварский, К. В. Колончин, С. Н. Серегин, О. И. Бетин // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 8 (65). С. 74–90.

12. Фитопланктон Казанского залива Куйбышевского водохранилища в 2017 г. / К. И. Абрамова, Р. П. Токинова, С. В. Бердник, Р. Р. Шагидуллин, Л. К. Мустафина, Н. В. Шурмина, О. В. Богданова // Волга и её жизнь: сборник тезисов докладов Всероссийской конференции. Ярославль: Филигрань, 2018. С. 5.

13. Эпизоотическая ситуация по болезням рыб: методы исследования, тенденции, перспективы / Е. А. Завьялова, А. Е. Дрошнев, К. Ю. Булина, А. М. Гулюкин // Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2018. № 1 (25). С. 136-142.

14. Paerl H. U., Hall N. S., Kalandrino E. S. Combating harmful cyanobacteria blooming in a world experiencing anthropogenic and climatic changes // Environmental Science in general. 2011. Vol. 409. No 10. P. 1739-1745.

15. The reduction of nutrients enhances the influence of extreme weather conditions on the formation of cyanobacterial blooms in the large shallow lake Taihu (China) / Z. Yang, M. Zhang, H. Shi, F. Kong, R. Ma, Yu. Yu // Water Research. 2016. Vol. 103. P. 302-310.

Информация об авторах

Торопов Алексей Юрьевич, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград, (РФ, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева 9). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8798-0296>, E-mail: vnioz-algo@yandex.ru; 8-902-389-69-07

Мария Васильевна Московец, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград, (РФ, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева 9). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1997-63-13>, E-mail: vnioz-algo@yandex.ru; 8-909-377-36-10

Филимонов Максим Игоревич, кандидат технических наук, научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (РФ, 400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), ORCID: orcid.org/0000-0002-1805-5670, E-mail: maks.filimonov.1986@mail.ru, 8-917-720-75-03

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, д. 9). E-mail: sergeysemenenko@list.ru Тел. 8(961) 068-52-07. ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5992-8127>

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-47

THE USE OF IODINE-CONTAINING FEED ADDITIVES IN THE PRODUCTION OF BEEF

M.V. Giro¹, I.F. Gorlov^{1,2}, M.I. Slozhenkina^{1,2},
E. S. Vorontsova^{1,3}, A.A. Mosolov¹, E.V. Chernikov¹

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing
of Meat-and-Milk Production, Volgograd

²Volgograd State Technical University, Volgograd

³Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 21.12.2022

Submitted 10.03.2023

The work was carried out under a grant RNF 22-16-00041, GNU NIIMMP

Abstract

Introduction. The article presents the effectiveness of the effect of iodine-containing feed additives on the chemical composition and nutritional value of beef obtained from Kazakh white-headed bulls. The aim of the study is to study the feeding of feed additives «Proto-Iodium» and «KBD-Iodium», used in the cultivation of bulls, on the biochemical composition and concentration of iodine in the resulting raw materials.

Object. The object of the study was the bulls of the Kazakh white-headed breed. **Materials and methods.** The means and methods to achieve the result of the work are the analysis of information from literary patent sources, data that were obtained through a review of theoretical aspects and own experimental studies.

Research and experiments on this work were carried out in the conditions of the complex for the cultivation of young cattle of Open Joint Stock Company «Shurupovskoye» (Frolovsky district of the Volgograd region). During the experiment, three experimental groups of 15 animals each were formed. The animals selected in the control group were fed using the basic ration (BR); I experimental - BR and the additive «KBD-Iodum» 100g per 1 t of compound feed; II experimental - BR and the additive «Proto-Iodium» 1000g per 1 t of compound feed. Keeping and feeding of animals was carried out on the basis of norms and rations of feeding of farm animals. **Results and conclusions.** It has been established that feed additives «Proto-Iodium» and «KBD-Iodum» have a beneficial effect on the nutritional value of raw materials. Studies of the chemical composition of meat have shown that in bulls of the II experimental group, compared with bulls from the control and I experimental groups, more dry matter was detected by 0.87 and 1.20%; protein - by 0.57 and 1.33%, fat – by 0.79 and 1.37%. The biochemical composition of the meat under study also allows us to conclude that in animals of the experimental group II, the tryptophan index has a higher value compared with analogues of the control and experimental groups I by 44.21 and 26.42 mg%, the protein-quality index is by 0.76 and 0.52 units, and the moisture-retaining capacity index is reduced by 12.6 and 4.6%, respectively. It was also found that the iodine contained in the tested feed additives accumulates quite effectively in the body of animals of the experimental groups. The concentration of iodine in the bulls of the experimental groups was significantly higher than that of analogues from the control group by 32,7 и 37,8 micrograms/100 g или 29,8 и 34,4%, respectively. Thus, the use of the proposed iodine-containing feed additives in the diets of bred bulls makes it possible to enrich the raw materials obtained with this most important biologically active trace element in organic form, which can serve as a basis for the development of specialized food products.

Key words: beef cattle breeding, bulls, Kazakh white-headed breed, lifetime enrichment of raw materials, chemical composition and nutritional value of meat.

Citation. Giro M.V., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Vorontsova E.S., Mosolov A.A., Chernikov E.V. The use of iodine-containing feed additives in the production of beef. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 434-441 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-47.

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

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

УДК 636.29.034:637.07

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЙОДСОДЕРЖАЩИХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГОВЯДИНЫ

М. В. Гиро¹, лаборант-исследователь

И. Ф. Горлов^{1,2}, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН

М.И. Сложенкина^{1,2}, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН

Е. С. Воронцова^{1,3}, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

А. А. Мосолов¹, доктор биологических наук, главный научный сотрудник

Е.В.Черников¹, лаборант-исследователь

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки
мясомолочной продукции, г. Волгоград

²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 21.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Работа выполнена по гранту РНФ 22-16-00041, ГНУ НИИММП

Актуальность. В работе представлена эффективность влияния йодсодержащих кормовых добавок на химический состав и пищевую ценность говядины, полученную от бычков казахской белоголовой породы. Целью работы является изучение скармливания кормовых доба-

вок «Протойодиум» и «КБД-Йодум», используемых при выращивании бычков, на биохимический состав и концентрацию йода в получаемом сырье. **Объектом исследования** являлись бычки казахской белоголовой породы. **Материалы и методы.** Средствами и методами для достижения результата работы является проведение анализа информации из литературных патентных источников, данных, которые были получены благодаря обзору теоретических аспектов и собственных экспериментальных исследований. Исследования и опыты по данной работе проводились в условиях комплекса по выращиванию молодняка крупного рогатого скота ОАО «Шуруповское» (Фроловский район Волгоградской области). В процессе опыта были сформированы 3 опытные группы по 15 животных в каждой. Животные, отобранные в контрольную группу, были откормлены с помощью основного рациона (ОР); I опытной – ОР и добавка «КБД-Йодум» 100г на 1т комбикорма; II опытной – ОР и добавка «Протойодиум» 1000г на 1т комбикорма. Содержание и кормление животных осуществлялось на основании норм и рационов кормления сельскохозяйственных животных. **Результаты и выводы.** Установлено, что кормовые добавки «Протойодиум» и «КБД-Йодум» оказывают благоприятное воздействие на пищевую ценность сырья. Исследования химического состава мяса показали, что у бычков II опытной группы по сравнению с бычками из контрольной и I опытной групп сухого вещества выявлено больше на 0,87 и 1,20%; протеина – на 0,57 и 1,33%, жира – на 0,79 и 1,37%. Биохимический состав исследуемого мяса позволяет также заключить, что у животных II опытной группы показатель триптофана имеет более высокое значение по сравнению с аналогами контрольной и I опытных групп на 44,21 и 26,42 мг%, белково-качественный показатель - на 0,76 и 0,52 ед., а показатель влагоудерживающей способности снижен на 12,6 и 4,6% соответственно. Также установлено, что йод, содержащийся в испытуемых кормовых добавках, достаточно эффективно аккумулируется в организме животных опытных групп. Концентрация йода у бычков опытных групп была достоверно выше, чем у аналогов из контрольной группы соответственно на 32,7 и 37,8 мкг/100 г или 29,8 и 34,4%. Таким образом, использование предлагаемых йодсодержащих кормовых добавок в рационах выращиваемых бычков позволяет прижизненно обогатить получаемое сырье этим важнейшим биологически активным микроэлементом в органической форме, что может служить базисом для разработки специализированных продуктов питания.

Ключевые слова: мясное скотоводство, бычки, казахская белоголовая порода, прижизненное обогащение сырья, химический состав и пищевая ценность мяса.

Цитирование. Гиро М.В., Горлов И.Ф., Сложенкина М.И., Воронцова Е.С., Мосолов А.А., Черников Е.В. Использование йодсодержащих кормовых добавок при производстве говядины. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 434-441. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-47.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Мясные продукты являются необходимым видом продовольственных ресурсов, которые обеспечивают правильное течение физиологических процессов в организме человека [1, 2]. Пищевая ценность мясопродуктов может быть охарактеризована массовой долей присутствующих в ней питательных веществ и биохимическим составом [1, 8, 9]. Однако пищевая и биологическая ценность мясных продуктов во многом определяется генетическими и паратипическими факторами. Поэтому, чтобы в большей степени добиться раскрытия биологического потенциала мясной продуктивности, как известно, необходимо использовать этот потенциал более широко, т. е. с применением различных стимулирующих кормовых добавок [2, 11].

Материалы и методы. Объект исследования: бычки казахской белоголовой породы. Содержание и кормление животных осуществлялось на основании норм и рационов кормления сельскохозяйственных животных (Калашников А.П., Клейменов Н.И. и другие).

Схема эксперимента. На основании поставленных целей и задач для эксперимента использовали 3 группы бычков казахской белоголовой породы заволжского типа в 10-месячном возрасте. Исследования и опыты по данной работе проводились в условиях комплекса по выращиванию молодняка крупного рогатого скота ОАО «Шуруповское» (Фроловский район Волгоградской области). В процессе опыта были сформированы 3 опытные группы по 15 животных в каждой. Животные, отобранные в контрольную группу, были откормлены с помощью основного рациона (ОР); I опытной – ОР и добавка «КБД-Йодум» 100 г на 1 т комбикорма; II опытной – ОР и добавка «Протойодиум» 1000 г на 1 т комбикорма.

Для определения пищевой ценности полученной мясной продукции был произведен убой, где было взято по 3 головы 16-месячного возраста.

Оборудование и технические средства. Химический состав мясной продукции определяли в комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП по стандартным методикам: показатель влага определяли по ГОСТ 33319-2015, протеин - на основании метода Кьельдаля (ГОСТ 25011-2017), жир был определен по ГОСТ 23042-2015, а зола определялась методом сухой минерализацией образцов в муфельной печи ($t = +450-600\text{ }^{\circ}\text{C}$). Оценку полноценности мышечной ткани в длиннейшей мышце спины проводили на основании метода В. Вербицкого и Д. Детериджа (1984), содержание полноценных белков - по триптофану, неполноценных - по оксипролину по методу М.А. Логана и Р.Е. Неймана (1950) в модификации Т.Ф. Красильниковой и др. (1968). Белковый качественный показатель (БКП) определяли на основании соотношения триптофана к оксипролину. Методами вариационной статистики осуществляли обработку экспериментальных данных. Корреляционный анализ осуществляли с помощью офисного программного комплекса «Microsoft Office» программы «Excel» («Microsoft» США), далее данные обрабатывали в «Statistica 10.0» («Stat Soft Inc.», США).

Результаты и обсуждение. Полученные результаты анализа химического состава сырья доказывают положительный эффект введения новых йодсодержащих кормовых добавок при выращивании бычков.

Как известно, химический состав говядины отражает ее пищевую ценность [3, 4, 5]. Он варьирует в зависимости от породы животного, возраста, упитанности, откорма. Соотношение мышечной, жировой и других тканей также может изменяться от вида применяемых кормовых добавок. Для полноценного определения показателей пищевой ценности говядины, полученной от подопытных бычков, в рацион которых вводили йодсодержащие кормовые добавки, мы изучили химический состав мяса при убое молодняка в 16-ти месячном возрасте. На рисунке 1 видно, что химический состав мяса был различным в зависимости от применяемых кормовых добавок.

Химический анализ дает полную характеристику о содержании жира, белка и других важных составляющих, которые в дальнейшем определяют качество мяса. При изучении химического состава сырья, полученного от подопытных животных, было выявлено увеличение показателей у подопытных бычков II опытной группы в сравнении с бычками из контрольной и I опытной групп по сухому веществу - на 0,87 и 1,20%, протеину на 0,57 и 1,33%. Показатель жира в сырье, полученном от подопытных бычков опытных групп, был выше, чем у аналогов из контрольной и I опытной групп соответственно на 0,79 и 1,37%. Биохимический состав длиннейшей мышцы спины m. longissimus dorsi представлен на рисунке 2.

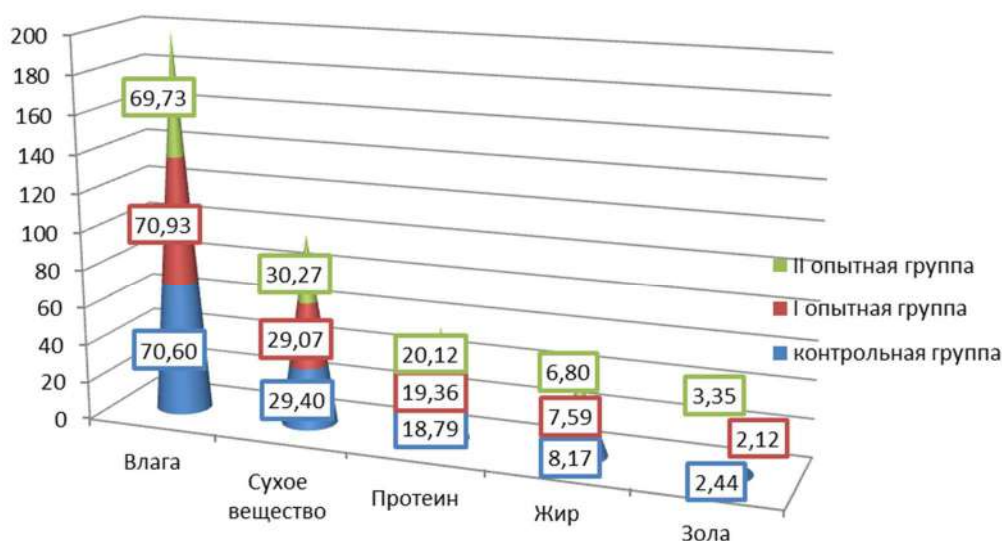


Рисунок 1 – Химический состав m. longissimus dorsi подопытных бычков, %

Figure 1 – Chemical composition of m. longissimus dorsi experimental bulls

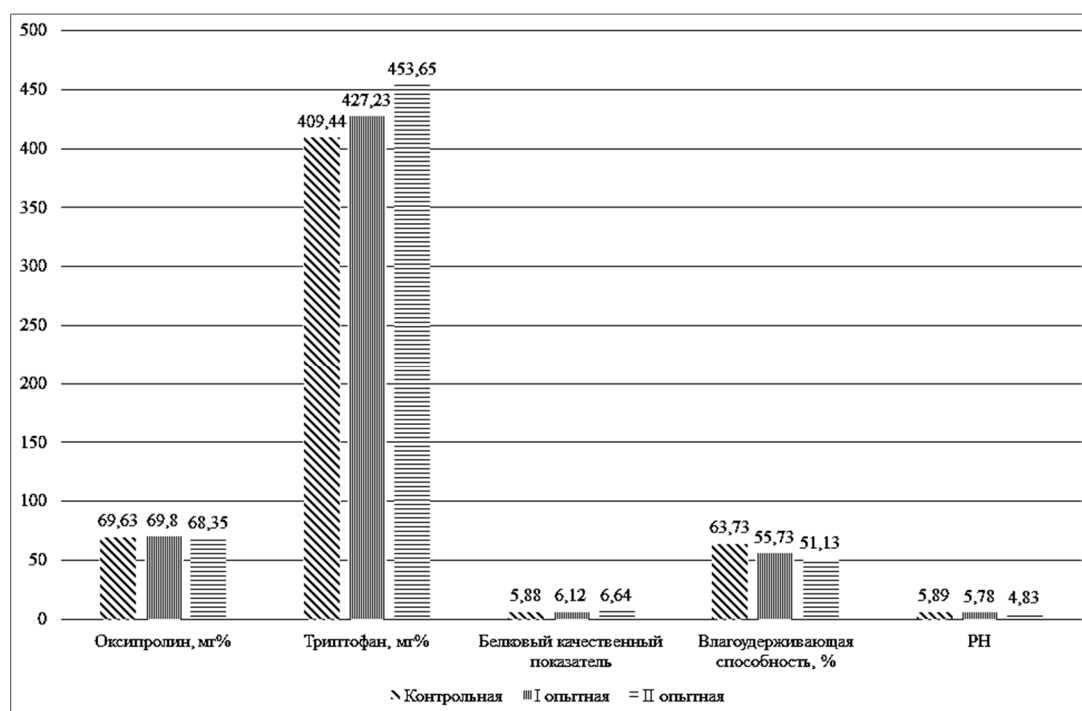


Рисунок 2 – Биохимический состав m. longissimus dorsi, %

Figure 2 – Biochemical composition of M. longissimus dorsi, %

На рисунке 2 представлены данные, которые характеризуют биохимический состав длиннейшего мускула спины, полученного от подопытных животных. У животных II опытной группы показатель триптофана имеет более высокое значение по сравнению с аналогами контрольной и I опытных групп на 44,21 и 26,42 мг%, белково-качественный показатель (БКП) - на 0,76 и 0,52 ед. Показатель влагоудерживающей способности снижен на 12,6 и 4,6 % соответственно, что, очевидно, может благоприятно сказаться при производстве сыровяленых целномышечных изделий.

При использовании испытуемых кормовых добавок в рационах откармливаемых бычков наибольший интерес представляет концентрация йода в получаемой говядине [12, 13, 14]. На рисунке 3 представлено содержание йода в различных опытных образцах.

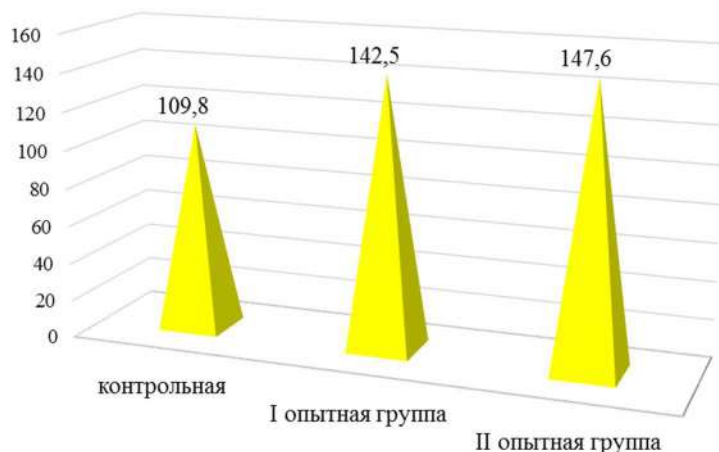


Рисунок 3 – Показатели содержания йода в мясе (m. longissimus dorsi), полученном от подопытных бычков, мкг/100 г

Figure 3 – Indicators of iodine content in meat (m. longissimus dorsi) obtained from experimental bulls, mcg /100 g

По данным опыта было установлено, что йод в большей степени аккумулировался в мясе бычков, полученном от животных опытных групп. Так, в длиннейшем мускуле спины животных I и II опытных групп показатель йода был выше, чем в контрольной на 32,7 и 37,8 мкг/100 г или 29,8 и 34,4% соответственно. Полученные результаты свидетельствуют, что использование в рационах крупного рогатого скота йодсодержащих кормовых добавок благоприятно сказывается на биохимическом составе и пищевой ценности получаемой говядины [6, 7, 10, 15]. Дальнейшие исследования в этом направлении представляются перспективными, так как показывают пути производства животноводческого сырья, обогащенного органическим йодом за счет применения специальных кормовых добавок в рационах животных.

Выводы. Использование в кормлении бычков казахской белоголовой породы йодсодержащих кормовых добавок положительно сказывается на формировании химического состава полученного сырья. При этом установлено, что кормовые добавки «Протойодиум» и «КБД-Йодум» оказывают благоприятное воздействие на пищевую ценность сырья, что дало возможность бычкам опытных групп накопить в мясе более высокое содержание питательных веществ по сравнению с контрольной группой. Исследования химического состава показали, что у бычков II опытной группы по сравнению с бычками из контрольной и I опытной групп сухого вещества выявлено больше на 0,87 и 1,20%; протеина – на 0,57 и 1,33%, жира – на 0,79 и 1,37%. Биохимический состав исследуемого мяса позволяет также заключить, что у животных II опытной группы показатель триптофана имеет более высокое значение по сравнению с аналогами контрольной и I опытных групп на 44,21 и 26,42 мг%, белково-качественный показатель – на 0,76 и 0,52 ед., а показатель влагоудерживающей способности снижен на 12,6 и 4,6% соответственно. Также было установлено, что йод, содержащийся в испытуемых кормовых добавках, достаточно эффективно аккумулируется в организме животных опытных групп. При этом концентрация йода в мясе, полученном от бычков опытных групп, была достоверно выше, чем у аналогов из контрольной группы соответственно на 29,8 и 34,4%.

Таким образом, использование предлагаемых йодсодержащих кормовых добавок в рационах выращиваемых бычков позволяет прижизненно обогатить получаемое сырье этим важнейшим биологически активным микроэлементом в органической форме, что может служить базисом для разработки специализированных продуктов питания.

Библиографический список

1. Рождественская Т.А. Некоторые особенности химического состава различных видов мяса разных агроэкологических зон алтайского края / Т.А. Рождественская, С.В. Бабошкина, А.В. Пузанов, И.А. Трошкова, С.Н. Балыкин, Д.Н. Балыкин, А.В. Салтыков, М.П. Пеленева // Известия АО РГО. 2021. № 3 (62). – 2021. – № 3 (62). – С. 47-63.
2. Лукин А.А., Бец Ю.А., Наумова Н.Л., Родионова И.А. Экология сельскохозяйственного сырья // Инновации и продовольственная безопасность. – 2020. – №4 (30). – С. 35–40.
3. Рассыпнов В.А. Агроэкологическое районирование территории на основе бонитировки почв // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2012. – №12 (98). – С. 39–41.
4. Bortey-Sam N., Nakayama S.M.M., Ikenaka Y., Akoto O., Baidoo E., Yohannes Y.B., Mizukawa H., Ishizuka M. Human health risks from metals and metalloid via consumption of food animals near gold mines in Tarkwa, Ghana: Estimation of the daily intakes and target hazard quotients (THQs) // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2015. – V.111. – P. 160–167.
5. Oyaro N., Juddy O., Murago E.N.M, Murago E. N. M., Gitonga E. The contents of Pb, Cu, Zn and Cd in meat in Nairobi, Kenya // J. Food Agriculture & Environment. – 2017. – V. 5 (3-4). – P.119–121.
6. Puia M., Mihon B., Ionescu B., Butucel E., Chicinas A., Farcas E., Puskas H., Raducu C., Longodor A.L., Coroian A. Assessing the level of heavy metals in different geographical areas in Romania // Banats J. of Biotechnology. – 2019. –V.10 (19). – P. 5–10.
7. Susanti R., Widiyastuti K., Yuniastuti A., Fibriana F. Feed and water management may influence the heavy metal contamination in domestic ducks from Central Java, Indonesia // Water air and soil pollution. – 2020. – V. 231 (4). – V. 117. – P.1–9.
8. Харламов А.В. Элементный статус коров мясного направления продуктивности в Оренбургской области / А.В. Харламов, А.Н. Фролов, О.А. Завьялов, И.В. Маркова // Животноводство и кормопроизводство. 2018. – Т. 101. № 1. – С. 51-58.
9. Mirochnikov S.A. Method of sampling beef cattle hair for assessment of elemental profile / S.A. Miroshnikov, A.V. Kharlamov, O.A. Zavyalov, A.N. Frolov, I.P. Bolodurina, O. Arapova, G. Duskaev // Pakistan Journal of Nutrition. 2015. – Т. 14. № 9. – P. 632-636.
10. Jaiswal S.K. The Level of Toxic Elements in Edible Crops from Seleniferous Area (Punjab, India) / S.K. Jaiswal, R. Prakash, N.T. Prakash, A.R. Grabeklis, I.V. Zhegalova, F. Zhang, X. Guo, A.A. Tinkov, A.V. Skalny // Biological Trace Element Research. – 2018 Aug. – 184(2). – P. 523-528. doi:10.1007/s12011017-1216-7.
11. Сложенкина М.И. Формирование количественных и качественных характеристик говядины, полученной от бычков при использовании йодсодержащих кормовых добавок / М.И. Сложенкина, А.С. Мирошник, А.А. Мосолов, И.Ф. Горлов // Животноводство и кормопроизводство. – 2021. –Т. 104, № 4. – С. 98-107.
12. Дефицит йода в агроландшафтах Брянской области / Е.М. Коробова, В.Ю. Берёзкин, Л.И. Колмыкова, Н.В. Корсакова, Л.В. Кригман // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2016. – №3. – С. 57-65. doi: 10.24412/FfyG3kPYc54
13. Кравченко В.И., Медведев Б.К. Биологическая роль йода и йодная недостаточность как патогенетический фактор возникновения тиреоидной патологии у беременных и ее профилактика // Международный эндокринологический журнал. – 2018. – Т. 14. № 2. – С. 111-118.
14. Смирнов А.П., Машкина Е.А. Причины йододефицитных состояний и их влияние на когнитивные способности детского населения на примере Кировской области // Международный научно-исследовательский журнал. – 2017. – № 2-2(56). – С. 33-35. doi:10.23670/IRJ.2017.56.028
15. Фролов А.Н. Использование новой технологии для коррекции элементного статуса коров с нарушениями воспроизводительной функции // Животноводство и кормопроизводство. – 2020. – Т. 103. – № 2. – С. 24-42. doi: 10.33284/2658-3135-103-2-24

Информация об авторах

Гиро Мария Валерьевна, лаборант-исследователь ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6). E-mail: vivenlilimary@yandex.ru

Горлов Иван Федорович, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, ORCID: 0000-0002-8683-8159. E-mail: niimmp@mail.ru.

Сложенкина Марина Ивановна, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6, тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09), член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, ORCID: 0000-0001-9542-5893. E-mail: niimmp@mail.ru.

Воронцова Елена Сергеевна, старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, д. 26), кандидат биологических наук. E-mail: esvoronts@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, главный научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), доктор биологических наук. E-mail: niimmp@mail.ru

Черников Егор Владимирович, лаборант-исследователь ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6). E-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-48

EFFICIENT FEED ADDITIVE IN THE RATIONS OF REPAIR PIGS

N. E. Khovатов¹, D. Sh. Gayirbegov¹, A. T. Varakin²,
G. A. Simonov³

¹National research Mordovian State University named after N. P. Ogaryova, Saransk

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

³Vologda Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,

North-Western Research Institute of Dairy and Grassland Farming, Vologda

Received 26.01.2023

Submitted 20.03.2023

Abstract

Introduction. The effect of different dosages of cresacin in diets on the growth energy and health status of crossbred (large white x landras) repair young pigs was studied. **Materials and methods.** For scientific and economic experience according to the principle of analogues, 40 heads of weaned piglets were selected, which were pigs with an average live weight of 8.15-8.18 kg, and divided into 4 groups of 10 goals each. Animals from the first, second and third experimental groups by stepwise mixing «Krezatsin» was added to the main diet in the amount of 5.0; 7.5 and 10 mg/kg live weight respectively. **Results and conclusions.** In the experiment, we established the effectiveness of the studied feed additive «Krezacin» at an optimal dose of 5.0 mg/kg of live weight in the diets of young pigs. The supplement helps to increase their live weight, has a positive effect on the average daily weight gain, and also improves the morphological composition of blood in the body of repair pigs. It was found that the optimization of cresacin in the diets of pigs of the first experimental group contributes to a significant increase in average daily gains compared to pigs from the control group by 7 %, from the second experimental group – by 4.5 % and from the third group – by 4.3 %. «Cresacin» in the amount of 5 mg/kg of animal body weight, also improves the composition piglets' blood. It increases the concentration of erythrocytes - by 8.2 %, hemoglobin – by 17.2 %, and the content of leukocytes - by 11.2 % decreases compared to the control group, which indicates better immunity of animals receiving the feed additive krezacin in the diet.

Key words: repair pigs, rations for replacement pigs, «Krezacin», live weight of pigs, average daily gain of pigs.

Citation. Khovатов N. E., Gayirbegov D. Sh., Varakin A. T., Simonov G. A. Efficient feed additive in the rations of repair pigs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 441-447 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-48.

Author's contribution. The authors of this study collected material, analyzed the data and wrote the paper. The authors of this article are familiar with the submitted final version and approved it.

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

УДК 636.4.033.1.412.16

ЭФФЕКТИВНАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА В РАЦИОНАХ РЕМОНТНЫХ СВИНОК

Н. Э. Ховатов¹, аспирант

Д. Ш. Гайирбегов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. Т. Варакин², доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Г. А. Симонов³, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник

¹Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
имени Н. П. Огарёва, г. Саранск

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

³Вологодский научный центр РАН, Северо-Западный научно-исследовательский институт мо-
лочного и лугопастбищного хозяйства, г. Вологда

Дата поступления в редакцию 26.01.2023

Дата принятия к печати 20.03.2023

Актуальность. Изучено влияние различных дозировок крезацина в рационах на энергию роста и состояние здоровья помесного (крупная белая х ландрас) ремонтного молодняка свиней. **Материалы и методы.** Для проведения научно-хозяйственного опыта по принципу аналогов были отобраны 40 голов поросят-отъёмышей, которые являлись свинками со средней живой массой 8,15-8,18 кг и разделены на 4 группы по 10 голов в каждую. Животным из первой, второй и третьей опытных групп путём ступенчатого смешивания к основному рациону добавляли «Крезацин» в количестве 5,0; 7,5 и 10 мг/кг живой массы соответственно. **Результаты и выводы.** В эксперименте нами установлена эффективность изучаемой кормовой добавки «Крезацин» в оптимальной дозе 5,0 мг/кг живой массы в рационах молодняка свиней. Добавка способствует увеличению их живой массы, благоприятно влияет на среднесуточные приросты массы тела, а также улучшает морфологический состав крови в организме ремонтных свинок. Установлено, что оптимизация крезацина в рационах свинок первой опытной группы способствует достоверному увеличению среднесуточных приростов по сравнению со свинками из контрольной на 7 %, из второй опытной – на 4,5 % и из третьей группы – на 4,3 %. «Крезацин» в количестве 5 мг/кг живой массы животного, улучшает также и состав крови поросят. В ней увеличивается концентрация эритроцитов – на 8,2 %, гемоглобина – на 17,2 %, а содержание лейкоцитов на 11,2 % снижается по сравнению с контрольной группой, что свидетельствует о лучшем иммунитете животных, получавших в рационе кормовую добавку «Крезацин».

Ключевые слова: ремонтные свинки, рационы ремонтных свинок, «Крезацин», живая масса свинок, среднесуточный прирост свинок.

Цитирование. Ховатов Н. Э., Гайирбегов Д. Ш., Варакин А. Т., Симонов Г. А. Эффективная кормовая добавка в рационах ремонтных свинок. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 441-447. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-48.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования непосредственно участвовали в планировании, проведении или анализе данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одним из перспективных направлений в повышении продуктивности животных является разработка и применение различных адаптогенов и иммуностимуляторов в промышленном животноводстве [3]. К таким адаптогенам и иммуностимуляторам относится и биологически активная кормовая добавка «Крезацин». К её основным свойствам можно отнести противовоспалительный, антиоксидантный, мембранопротекторный эффект, и она является малотоксичным веществом: ЛД₅₀ для мышей, которая составляет 3500 мг/кг, для крыс – 6400 мг/кг, для собак – 2500 мг/кг живой массы.

По литературным источникам, «Крезацин» обладает рядом полезных свойств, в частности повышает резистентность организма и функциональную активность тромбоцитов, стимулирует рост организма. Катион крезацина (триэтаноламмониевый) имеет протатрановую структуру, что сближает его с силатранами – классом физиологически активных веществ, содержащих кремний.

Ремонтный молодняк свиней очень сильно подвержен различным стрессам из-за смены рациона, перевода животных между цехами, а также конфликтов между группами.

Стресс обязательно вызывает снижение аппетита у животного, нарушение пищеварения, снижение прироста. В запущенных случаях стресс может привести и к гибели животного.

Поэтому в животноводстве (в частности, в свиноводстве) широко стали использовать различные [2] общетонизирующие средства (адаптогены и иммуностимуляторы), которые способствуют поддержанию и повышению уровня активности организма.

В зоотехнической литературе отсутствуют какие-либо сведения, указывающие о влиянии крезацина на продуктивность и здоровье молодняка свиней, поэтому в опытах мы изучали его действие на организм ремонтных свинок.

Следует отметить, что рационы, сбалансированные по питательным и биологически активным веществам, позитивно влияют на рост и развитие, продуктивность и здоровье животных и птицы [4-11, 14], что следует учитывать при составлении рационов ремонтного молодняка свиней.

Целью исследований являлось определение эффективности использования кормовой добавки «Крезацин» в рационах ремонтного молодняка свиней.

В задачи исследований входило:

- определить в динамике живую массу ремонтного молодняка свиней;
- установить среднесуточные приросты животных;
- определить морфологический состав крови ремонтных свинок;
- установить дозировку крезацина в рационе молодняка свиней.

На основании полученных данных в опыте дать объективную оценку использования кормовой добавки «Крезацин» в рационах молодняка свиней.

Материалы и методы. Помесный ремонтный молодняк свиней (крупная белая х ландрас). Кормовая добавка «Крезацин». Научно-хозяйственный опыт был проведён в последнее время в условиях свиноводческого хозяйства ПООА «Центр практического обучения» Республики Мордовия, согласно представленной схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Experience Scheme

Группа	Количество голов	Условие кормления
Контрольная	10	Основной хозяйственный рацион (ОР)
Опытная I	10	ОР+5,0 мг/кг живой массы крезацина
Опытная II	10	ОР+7,5 мг/кг живой массы крезацина
Опытная III	10	ОР+10,0 мг/кг живой массы крезацина

Для проведения эксперимента по принципу аналогов были отобраны 40 голов поросят-отъёмышей, которые являлись свинками со средней живой массой 8,15-8,18 кг, и разделены на 4 группы по 10 голов в каждую.

На момент постановки опыта животные были клинически здоровы, имели хороший аппетит, содержались в одинаковых условиях. Кормление осуществлялось по группам полнорационными комбикормами, согласно существующим нормам РАСХН.

Содержание энергии и питательных веществ в комбикорме для каждой группы было одинаковым, различие составляло лишь в количестве крезацина, вводимого в состав рациона поросят.

Молодняк с 30-го по 42-е сутки получал комбикорм ПКС-3, от 43-х до 60-ти суточного возраста – СПК-4, от 61-го до 104-х суточного – СПК-5 и от 105-ти до 240-ка суточного – СПК-6.

Опытным животным из первой, второй и третьей опытных групп путём ступенчатого смешивания к основному рациону добавляли «Крезацин» в количестве 5,0; 7,5 и 10 мг на 1 кг живой массы соответственно.

Взвешивали поросят при постановке на опыт в возрасте 30-ти суток, а также каждый месяц до снятия с опыта в возрасте 240-ка суток.

В середине опыта, с целью выявления действия дозировок исследуемой добавки на состояние здоровья подопытных свинок 5 месячного возраста, исследовали кровь, которую брали из вены каждого животного изучаемых групп. Кровь исследовали в Государственном бюджетном учреждении «Мордовская республиканская ветеринарная лаборатория».

Биометрическую обработку полученного цифрового материала проводили на компьютере по программе «Statistica 10.0» версии 2,6.

Результаты и обсуждение. Проведённые исследования показали, что дозировкой крезацина, оказавшей лучшее действие на приросты у подопытных свинок, является добавка её в рацион в количестве 5 мг на 1 кг живой массы.

Так, молодняк свиней первой опытной группы, получавший такую дозировку кормовой добавки, к концу опыта превосходил по живой массе контрольных животных – на 9,7 % ($P < 0,001$), из второй группы – на 2,1 % ($P > 0,05$), и третьей опытной группы – на 2,8 % ($P < 0,05$) (таблица 2).

Таблица 2 – Изменение живой массы ремонтных свинок под действием
разных количеств крезацина в рационе, кг

Table 2 – Change in the live weight of repair pigs under the influence of different amounts
of cresacin in the diet, kg

Возраст, суток	Группа			
	контрольная	первая опытная	вторая опытная	третья опытная
30	8,12±0,03	8,17±0,05	8,10±0,03	8,16±0,03
60	24,11±0,06	25,31±0,03	25,21±0,03	24,74±0,03
90	38,06±0,13	44,35±0,13	42,41±0,15	40,52±0,13
120	54,58±0,38	62,28±0,41	59,56±0,41	58,31±0,39
150	71,69±0,36	81,00±0,38	79,04±0,39	77,15±0,43
180	88,86±0,52	99,00±0,70	97,09±0,70	95,61±0,70
210	108,42±0,5	119,56±0,57	117,53±0,62	116,64±0,64
240	129,02±0,77	141,61±0,77	138,62±0,78	137,77±0,76

Несмотря на то что количество крезацина в составе комбикорма свинок из второй опытной группы было доведено до 7,5 мг на 1 кг живой массы, это не обусловило аналогичного прироста живой массы, она у животных из второй опытной группы была на 9,6 кг или на 7,4 % выше, чем в контрольной группе ($P < 0,001$) и на 0,85 кг или на 0,6 % ($P > 0,05$), чем в третьей опытной группе.

Наиболее правильное представление о темпах роста свинок дают результаты их среднесуточных приростов живой массы.

Проведённые нами расчёты по результатам взвешиваний животных показали, что поросята, получавшие в составе комбикорма исследуемой добавки в количестве 5 мг на 1 кг живой массы, имели самые высокие суточные приросты массы тела, по сравнению с аналогами из всех остальных подопытных групп (таблица 3).

Так, среднесуточные приросты живой массы поросят первой опытной группы, по сравнению с контрольными аналогами, к концу эксперимента были выше на 48,34 г, или на 7 % ($P < 0,05$), со второй опытной группой – на 32 г, или на 4,5 % ($P > 0,05$) и по сравнению с третьей опытной группой – на 30,67 г, или на 4,3 % ($P > 0,05$).

Таблица 3 - Изменение среднесуточных приростов живой массы ремонтных свинок под действием разных количеств крезацина в рационе, г

Table 3 - Change in the average daily weight gain of repair pigs under the influence of different amounts of cresacin in the diet, g

Возраст, суток	Группа			
	контрольная	первая опытная	вторая опытная	третья опытная
30-60	533,00±1,11	571,33±1,51	570,33±1,43	552,66±1,52
60-90	465,00±4,36	634,66±5,07	573,33±5,61	526,00±4,72
90-120	550,66±10,38	597,66±12,52	571,66±13,24	593,00±13,01
120-150	570,33±10,69	624,00±14,12	649,33±13,26	628,00±13,35
150-180	572,33±11,72	600,00±18,21	601,66±15,73	615,33±16,53
180-210	652,00±12,24	685,33±10,69	681,33±14,94	701,00±15,39
210-240	686,66±10,13	735,00±11,2	703,00±14,06	704,33±10,07

Анализируя продуктивные качества и состояние здоровья подопытных животных при использовании в рационах испытуемых кормовых средств, проводим исследование их гематологических показателей [1, 13, 15].

Исследователи отмечают [12], что показатели состава крови следует рассматривать в качестве индикаторов здоровья и физиологического состояния сельскохозяйственных животных.

Проведённый анализ также показал, что все исследуемые параметры крови поросят находятся в физиологически допустимых пределах (таблица 4).

Таблица 4 - Морфологический состав крови ремонтных свинок

Table 4 - Morphological composition of blood of repair pigs

Концентрация	Группа			
	контрольная	опытная I	опытная II	опытная III
Эритроцитов, $10^{12}/л$	6,30±0,07	6,82±0,05	6,50±0,1	6,61±0,06
Лейкоцитов, $10^9/л$	12,60±0,20	11,20±0,03	11,50±0,02	11,90±0,04
Гемоглобина, г/л	100,70±1,07	118,00±1,09	110,05±1,58	109,09±1,35

Если рассмотреть показатели крови отдельно по группам, то видно, что у поросят первой опытной группы, получавших кормовую добавку «Крезацин» в количестве 5,0 мг/кг живой массы, достоверно повысилась концентрация эритроцитов, по сравне-

нию с контрольными аналогами, – на 8,2 % ($P < 0,01$), гемоглобина – на 17,2 % ($P < 0,001$), из второй опытной – на 4,9 % и 7,2 % ($P < 0,05$) соответственно, и из третьей опытной группы – на 3,2 % ($P > 0,05$) и 8,1 % ($P < 0,01$).

Следует также отметить, что данная дозировка крезацина в рационах молодняка свиней из первой опытной группы способствовала снижению концентрации лейкоцитов, по сравнению с аналогами из контрольной группы, – на 11,2 % ($P < 0,05$), из второй опытной группы – на 2,6 % ($P < 0,01$) и из третьей – на 6,2 % ($P < 0,001$).

Экспериментальные данные по исследованию гематологических показателей у подопытных животных свидетельствуют о нормальном состоянии и развитии свинок всех групп.

Выводы. Таким образом, полученные данные в опыте показали, что кормовая добавка «Крезацин» к рациону в количестве 5 мг на 1 кг живой массы подопытного животного способствовала повышению массы тела и среднесуточного прироста у ремонтных свинок на 9,7 и 7 % соответственно, по сравнению с контрольным молодняком свиней.

Кроме того, в крови животных возростала концентрация эритроцитов на 8,2 %, гемоглобина – на 17,2 %, а содержание лейкоцитов на 11,2 % снижалось по сравнению с контрольной группой, что говорит о лучшем иммунитете молодняка свиней в первой опытной группе.

Библиографический список

1. Влияние минеральной добавки на уровень общего белка и его фракций в сыворотке крови коров / Г. А. Симонов [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1. С. 73-79.
2. Гибалкина Н. И., Мунгин В. В., Короткий В. П. Эффективность применения антистрессового фитогенного кормового иммуномодулятора при выращивании телят // Аграрный научный журнал. 2022. № 9. С. 59-62.
3. Гурьянов А. М., Вельматов А. П., Петуненков С. В. Стартерные комбикорма и кормовые добавки в рационах молодняка свиней // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2010. № 13 (1). С. 9-14.
4. Использование рыжикового жмыха для производства баранины / А. Т. Варакин, Д. К. Кулик, В. В. Саломатин [и др.] // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3. С. 39-43.
5. Оптимизация уровня меди в рационе холостых овцематок / В. С. Зотеев [и др.] // Овцы, козы, шерстяное дело. 2018. № 2. С. 31-34.
6. Органический селен и дрожжевой пробиотик в рационах лактирующих свиноматок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 152-161.
7. Повышение воспроизводительной функции у свиней при использовании биологически активных добавок / А. Т. Варакин [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 172-177.
8. Повышение яйценоскости и качества яиц перепёлок / В. В. Мунгин [и др.] // Птицеводство. 2016. № 7. С. 31-34.
9. Симонов Г. А., Гайирбеков Д. Ш., Федин А. С. Влияние препарата креззооферан на энергию роста ремонтного молодняка кур-несушек // Эффективное животноводство. 2013. № 5 (91). С. 22-23.
10. Симонов Г. А., Гуревич В. И. Тритикале в рационе лактирующих свиноматок // Эффективное животноводство. 2012. № 8 (82). С. 48-49.
11. Batanov S. D., Perevozchikov A. L., Novikova L. A. Application of vitamin-mineral supplement in intensive use of boars and its effect on reproductive qualities // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. № 26 (2). P. 471-474.

12. Batanov S. D., Starostina O. S. Blood parameters as indicators of physiological condition of animals // *Tieraerztliche Umschau*. 2018. № 1-2. P. 14-19.

13. Hematological parameters of boars-producers at use of a natural mineral additive in a diet / A. T. Varakin [et al.] // *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. 2019. Vol. 9. Iss. 1. P. 3837-3841.

14. Perevozchikov A. L., Batanov S. D., Atnabaeva N. A. The use of vitamin-mineral preparation in the feeding of sows for reproduction level // *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2017. № 23 (2). P. 298-303.

15. Productivity and blood composition indicators of ram lambs during fattening with the use of oil-plant seeds in diets / A. T. Varakin [et al.] // *Development of the agro-industrial complex in the context of robotization and digitalization of production in Russia and abroad (DAIC 2020): International Scientific and Practical Conference*. 2020. Vol. 222. P. 1-8.

Информация об авторах

Ховатов Николай Эдуардович, аспирант кафедры «Зоотехния» имени профессора С. А. Лапшина, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва (Россия, 430904, Республика Мордовия, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 31, Аграрный институт); тел. 8 (8342) 25-41-65; E-mail: kafedra_zoo@mail.ru

Гайирбегов Джунайди Шарамазанович, профессор кафедры «Зоотехния» имени профессора С. А. Лапшина, Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва (Россия, 430904, Республика Мордовия, г. Саранск, п. Ялга, ул. Российская, 31, Аграрный институт); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; тел. 8 (8342) 25-41-65; E-mail: kafedra_zoo@mail.ru

Варакин Александр Тихонович, профессор кафедры «Частная зоотехния» Волгоградского государственного аграрного университета (Россия, 400002, г. Волгоград, Университетский пр., д. 26); доктор сельскохозяйственных наук, профессор; ORCID: <https://orcid.org/00000003-0375-7108>; E-mail: varakinat@mail.ru

Симонов Геннадий Александрович, главный научный сотрудник отдела кормов и кормления сельскохозяйственных животных Вологодского научного центра РАН, Северо-Западного научно-исследовательского института молочного и лугопастбищного хозяйства (Россия, 160555, г. Вологда, с. Молочное, ул. Ленина, 14); доктор сельскохозяйственных наук; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4559-233X>; E-mail: gennadiy0007@mail.ru

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/ AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-49

FACTORS AFFECTING THE USE OF SORGHUM HARVESTING MACHINES

A. I. Ryadnov, A. V. Sedov, A. K. Kurakhtenkov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 14.12.2022

Submitted 10.03.2023

Summary

It is proposed to divide all factors affecting the indicators of the use of machines used in sorghum harvesting into two main groups. The first group of factors relates to the design and technological features of a self-propelled chassis and components and systems mounted on it with working bodies that ensure the threshing of sorghum on the root, followed by mowing of threshed plants, crushing and scattering over the field with further embedding in the soil or loading into a vehicle. The second group of factors relates to cleaning conditions. This group includes four subgroups of factors: harvested crops, natural and climatic, organizational and operational.

Abstract

Relevance. The solution of the problem of food and feed supply for farm animals in arid regions is possible due to the expansion of the areas sown with a drought-resistant crop, such a crop is sorghum. One of the most time-consuming operations in the cultivation of sorghum is its cleaning. It is recommended to carry out cleaning when the grain mass is fully ripe, however, when the grain matures in panicles, the leaf-stem mass of the crop has a humidity of 65-70%. Currently, it is necessary to increase the efficiency of equipment used in agriculture, including harvesting. Therefore, it is important to assess the effectiveness of the use of technical means for harvesting sorghum for grain according to a complex criterion. However, to do this, it is necessary to study, first of all, the factors affecting the use of harvesting machines. **The purpose of the work** is to analyze the factors affecting the indicators of the use of machines used in sorghum harvesting. **Materials and methods.** The research is based on the application of detailed monitoring of the use of machines for harvesting sorghum in the farms of the Russian Federation, the modern theory of the logic of science, the methodology of scientific research and the provisions of the theory of the effectiveness of operations. **Results and discussion.** Two main groups of factors influencing the indicators of the use of machines used in sorghum harvesting are identified: structural and technological factors of machines used in harvesting and factors of cleaning conditions. The first group of factors relates to the structural and technological features of the self-propelled chassis and the components and systems mounted on it with working bodies that ensure the threshing of sorghum on the root, followed by mowing of the threshed plants and grinding or loading into a vehicle. This group includes factors related directly to the design features of machines, and factors that determine the quality of machines. The first subgroup of structural and technological factors of machines includes: the technological scheme of the threshing and separating device, the width of the reaper, the presence of a stationary or replaceable hopper for grain collection, its volume, the level of mechanization and automation of the sorghum harvester. The second subgroup includes the levels of technical reliability of both individual systems and components, and the machine as a whole, the efficiency of the energy means, ergonomics and manufacturability of the combine, as well as its price. The second group of factors relates to cleaning conditions. This group includes four subgroups of factors: harvested crops, natural and climatic, organizational and operational. The most important factors of the harvested crop that affect the indicators of the use of sorghum harvesting machines are: its yield, plant moisture, clogging, the period of grain ripening, as well as the height of plants and its uniformity over the harvested field. The factors of natural and climatic conditions include: wind direction and speed, the amount of precipitation during the harvesting period, air temperature, as well as the

slope of the field and the condition of the road surface. Organizational factors include: harvesting technology, the load on one machine, determined by the total area of the harvested crop and the number of machines used, the availability of machine operators, the distance from the field to the place of storage or sale and the form of organization of work. Operational factors: qualification of maintenance personnel, the speed of machines when mowing or combing sorghum and the quality of preparation of machines for work. **Conclusion.** As a result of the analysis of research works, a classification of factors affecting the indicators of the use of machines used in sorghum harvesting is proposed. All factors are divided into two groups: structural and technological factors of sorghum harvesting machines and factors of sorghum harvesting conditions.

Key words: *sorghum, sorghum harvesting machine, factors affecting the indicators of the use of sorghum harvesting machines.*

Citation. Ryadnov A. I., Sedov A. V., Kurakhtenkov A. K. Factors affecting the use of sorghum harvesting machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 448-456 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-49.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of the results of this study. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 631.354.2

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОКАЗАТЕЛИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОРГОУБОРОЧНЫХ МАШИН

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. В. Седов, кандидат технических наук, доцент

А. К. Курахтенков, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.12.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Решение проблемы продовольственной и кормовой базы для сельскохозяйственных животных в засушливых регионах возможно за счет расширения площадей засеиваемых засухоустойчивой культурой. Такой культурой является сорго. Одной из самых трудоемких операций при выращивании сорго является её уборка. Рекомендуется выполнять уборку при полном созревании зерновой массы, однако при созревании зерна в метелках листостебельная масса культуры имеет влажность 65-70 %. В настоящее время требуется повышать эффективность применяемой в сельском хозяйстве техники, в том числе и уборочной. Поэтому важно дать оценку эффективности использования технических средств на уборке сорго на зерно по комплексному критерию. Однако для этого следует изучить, в первую очередь, факторы, влияющие на показатели использования уборочных машин. **Цель работы** – анализ факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых при уборке сорго. **Материалы и методы.** Исследования основаны на применении детального мониторинга использования машин при уборке сорго в хозяйствах Российской Федерации, современной теории логики науки, методологии научных исследований и положений теории эффективности операций. **Результаты и обсуждение.** Выделены две основные группы факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых при уборке сорго: конструктивно-технологические факторы машин, используемых на уборке, и факторы условий уборки. Первая группа факторов относится к конструктивно-технологическим особенностям самоходного шасси и смонтированных на нем узлов и систем с рабочими органами, которые обеспечивают обмолот сорго на корню с последующим

скашиванием обмолоченных растений, измельчением и разбрасыванием по полю с дальнейшей заделкой в почву или погрузкой в транспортное средство. Эта группа включает факторы, относящиеся непосредственно к конструктивным особенностям машин, и факторы, определяющие качество машин. Вторая группа факторов относится к условиям уборки. Эта группа включает четыре подгруппы факторов: убираемая культура, природно-климатические, организационные и эксплуатационные. **Выводы.** В результате анализа научно-исследовательских работ предложена классификация факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых на уборке сорго. Все факторы разделены на две группы: конструктивно-технологические факторы соргоуборочных машин и факторы условий уборки сорго.

Ключевые слова: уборка сорго, соргоуборочные машины, показатели использования машин для уборки сорго.

Цитирование. Ряднов А. И., Седов А. В., Курахтенков А. К. Факторы, влияющие на показатели использования соргоуборочных машин. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 448-456. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-49.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Решение проблемы кормовой базы для сельскохозяйственных животных в регионах с недостаточным увлажнением возможно за счет расширения площадей засеиваемых засухоустойчивой культурой. Такой культурой является сорго [1]. Сорго обладает рядом преимуществ по сравнению с другими сельскохозяйственными культурами, выращиваемыми в Российской Федерации. Среди основных преимуществ такие как высокая урожайность, сниженная норма высева, возможность посева в более поздние сроки, а уборки – в широком диапазоне влажности зерна и растений; высокая отавность (до 3 укосов), поливидность, а также универсальность использования [4-7, 13].

Важность расширения посевов сорго связана также и с тем, что из зернового сорго получают не только зерно, но и корм в виде сена и силоса [5, 8], из сахарного – сахар и патоку [6, 16], из веничного сорго – метелки для изготовления щеток и веников [3].

Одной из самых трудоемких операций при выращивании сорго является её уборка. Рекомендуются выполнять уборку при полном созревании зерновой массы, однако, при созревании зерна в метелках листостебельная масса культуры имеет влажность 65-70 %.

Уборка сорго на силос схожа с уборкой кукурузы на силос.

При уборке сорго на зерно в настоящее время используют, в основном, следующие технологии:

- раздельная уборка (скашивание растений сальной жаткой на высоком срезе (35–45 см), подбор и обмолот их через несколько дней зерноуборочными комбайнами);
- прямое комбайнирование зерноуборочными комбайнами со сбором скошенной массы в прицеп и дальнейшим обмолотом на стационаре молотилками;
- очес метелок на корню очесными жатками или соргоуборочным комбайном конструкции Волгоградского ГАУ, в котором реализован инерционно-очесный способ обмолота [12].

На территории Волгоградской области большая часть посевов сорго относится к зерновому сорго. К сожалению, практически везде используется раздельная уборка или прямое комбайнирование с использованием зерноуборочных комбайнов, что приводит к высоким потерям зерна.

В настоящее время требуется повышать эффективность применяемой в сельском хозяйстве техники, в том числе и уборочной. Поэтому важно дать оценку эффективности использования технических средств на уборке сорго на зерно по комплексному критерию. Однако для этого следует изучить, в первую очередь, факторы, влияющие на показатели использования уборочных машин.

Цель настоящей работы – анализ факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых при уборке сорго.

Материалы и методы. При подготовке данной статьи осуществлялся детальный мониторинг использования машин на уборке сорго в хозяйствах Российской Федерации, использован материал научных работ по исследованию производительности машин, их надежности и технологичности, эксплуатационным особенностям, качеству выполняемых работ, а также по технологиям уборки сельскохозяйственных культур [2, 9-11]. Методика проводимых исследований основана на применении современной теории логики науки, методологии научных исследований и положений теории эффективности операций.

Результаты и обсуждение. Анализ научных работ по оценке эффективности уборки сорго для получения зерна, сахара и силоса позволил определить основные показатели использования соргоуборочных машин: производительность машины за смену, потери зерна и растительной массы, удельные затраты труда, эксплуатационный расход топлива.

Известно, что производительность соргоуборочной машины за смену зависит от рабочей ширины захвата жатки (B_p , м), рабочей скорости машины (V_p , м/с), продолжительности смены ($T_{см}$, ч) и коэффициента использования времени смены (τ):

$$W_{см} = 0,36 B_p V_p T_{см} \tau. \quad (1)$$

Рассмотрим факторы, от которых зависят составляющие сменной производительности.

Рабочая ширина захвата жатки зависит от конструктивной ширины жатки (B_k) и степени ее использования β :

$$B_p = B_k \beta. \quad (2)$$

Рабочая скорость машины определяется теоретической скоростью машины (V_m) и ее буксованием (δ):

$$V_p = V_m (1 - \delta). \quad (3)$$

При этом теоретическая скорость машины:

$$V_m = 0,377 n_d r_k / i_m, \quad (4)$$

где n_d – частота вращения коленчатого вала двигателя, мин^{-1} ; r_k – радиус качения ведущего колеса, м; i_m – передаточное число трансмиссии.

В расчетах продолжительность смены принято принимать 7 ч.

Коэффициент использования времени смены рассчитывается по формуле:

$$\tau = T_0 / T_{см}, \quad (5)$$

где T_0 – время основной работы машины в течение смены, зависящей не только от времени основной работы, но и от затрат времени на получение наряда и прием машины (T_H), ежесменное техническое обслуживание ($T_{ЕТО}$), повороты в конце гона поля ($T_П$), заезды и переезды во время смены ($T_З$), технологическое обслуживание ($T_{техн}$), а также естественные надобности и отдых ($T_{ЕН}$).

Рассматривая зависимости (2) – (5), можно отметить, что сменная производительность зависит как от конструктивных факторов машины ($B_K, V_m, n_d, r_K, i_m, \delta, T_{ЕТО}$), так и от эксплуатационных ($\beta, T_{ЕТО}, T_П, T_{техн}$), организационных ($T_H, T_{ЕТО}, T_З, T_{ЕН}$) факторов и условий использования машины (δ).

Опыт уборки сорго показал, что потери зерна и растительной массы во многом определяются характеристиками растений и условиями уборки, а также качеством подготовки машины и режимами ее работы.

Удельные затраты труда определяются по зависимости:

$$ЗТ = \frac{(Ч_K T_{сез.} + Ч_{вр} T_{сез.всп.})}{S}, \quad (6)$$

где $Ч_K$ и $Ч_{вр}$ – количество комбайнеров и вспомогательных рабочих, обслуживающих соргоуборочную машину; $T_{сез.}$ и $T_{сез.всп.}$ – соответственно продолжительность работы комбайнера и вспомогательных рабочих на обслуживании машины в течение уборочного сезона; S – площадь сорго, убранная машиной в течение уборочного сезона, га.

Учитывая составляющие зависимости (6), можно отметить, что удельные затраты труда зависят от конструктивных факторов машины ($Ч_K, Ч_{вр}$), организационных ($T_{сез.}, T_{сез.всп.}$) факторов и условий использования машины (S).

Следующим из выбранных показателей использования соргоуборочной машины является эксплуатационный расход топлива:

$$g_{га} = G_{тсм} / W_{см}, \quad (7)$$

где $G_{тсм}$ – расход топлива машиной за смену, л.

Данный показатель использования соргоуборочной машины зависит от тех же факторов, что и производительность машины за смену.

Таким образом, все факторы, влияющие на показатели использования соргоуборочных машин, можно разделить на две большие группы: конструктивно-технологические факторы соргоуборочных машин и факторы условий уборки.

Конструктивно-технологические факторы соргоуборочных машин относятся к особенностям самоходного шасси и смонтированных на нем узлов и систем с рабочими органами, которые обеспечивают обмолот сельскохозяйственных культур, в том числе и сорго, на корню с последующим скашиванием обмолоченных растений, измельчением и разбрасыванием измельченной массы по полю с заделкой в почву или погрузкой в транспортное средство.

В настоящее время существует несколько вариантов уборки сорго на зерно, а именно:

- скашивание и погрузка метелок в прицеп при помощи соргоуборочной машины (СМ-2.6) и дальнейший обмолот растений на стационарной молотилке;
- скашивание растений и подсушивание их на поле, подбор и обмолот их зерно-

уборочным комбайном. При этом может использоваться один и тот же комбайн с разными жатками;

- прямое комбайнирование после высыхания листостебельной массы;
- обмолот на корню с дальнейшим скашиванием листостебельной массы с погрузкой в транспортное средство, или укладка обмолоченных растений на поле с последующей уборкой, или измельчением растений с разбрасыванием измельченной массы по полю с дальнейшей заделкой в почву (см. патенты РФ № 2220531, № 2421974, № 2496296, № 2498553, № 2635403).

Конструктивно-технологические факторы машин, используемых на уборке сорго, разделены нами на две подгруппы: факторы, относящиеся непосредственно к конструктивным особенностям машин, и факторы, определяющие качество машин.

К первой подгруппе конструктивно-технологических факторов машин отнесены: технологическая схема молотильно-сепарирующего устройства (МСУ), определяющая, в первую очередь, применяемый способ обмолота сельскохозяйственной культуры, ширина захвата жатки, наличие стационарного, т.е. смонтированного на комбайне, или сменного бункера для сбора зерна, его объем и уровень механизации и автоматизации узлов и агрегатов соргоуборочной машины.

Ко второй подгруппе отнесены уровни технической надежности как отдельных систем и узлов, так и машины в целом, экономичности энергетического средства, эргономичности и технологичности комбайна, а также его цена.

Вторая группа факторов отнесена нами к условиям уборки сорго. Эта группа включает четыре подгруппы факторов: убираемая культура, природно-климатические, организационные и эксплуатационные.

Важнейшими факторами убираемой культуры, влияющими на показатели использования соргоуборочных машин, являются ее урожайность, влажность растений, засоренность, период созревания зерна, а также высота растений и ее равномерность по убираемому полю [4, 5, 14, 15, 17]. От этих факторов зависят потери зерна и производительность машины.

К факторам природно-климатических условий, при которых выполняют уборку сорго, можно отнести направление и скорость ветра, количество выпавших осадков за период уборки, температуру воздуха, а также уклон поля и состояние дорожного покрытия (грунтовые дороги, асфальтированные). От указанных факторов во многом зависит возможность уборки данной культуры и потери, не связанные с применяемой машиной.

К организационным факторам отнесены технология уборки, нагрузка на одну машину, определяемая суммарной площадью убираемой культуры и количеством используемых машин, обеспеченность механизаторами, расстояние от поля до места хранения или реализации и форма организации работы (индивидуальная, звеньевая, бригадная и т.п.).

Эксплуатационные факторы: квалификация обслуживающего персонала, скоростной режим машин при скашивании или очесывании сорго и качество подготовки машин к работе.

Эксплуатационные и организационные факторы оказывают существенное влияние на важнейшие показатели использования машин: производительность и качество работы.

Классификация факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых при уборке сорго, представлена на рисунке.

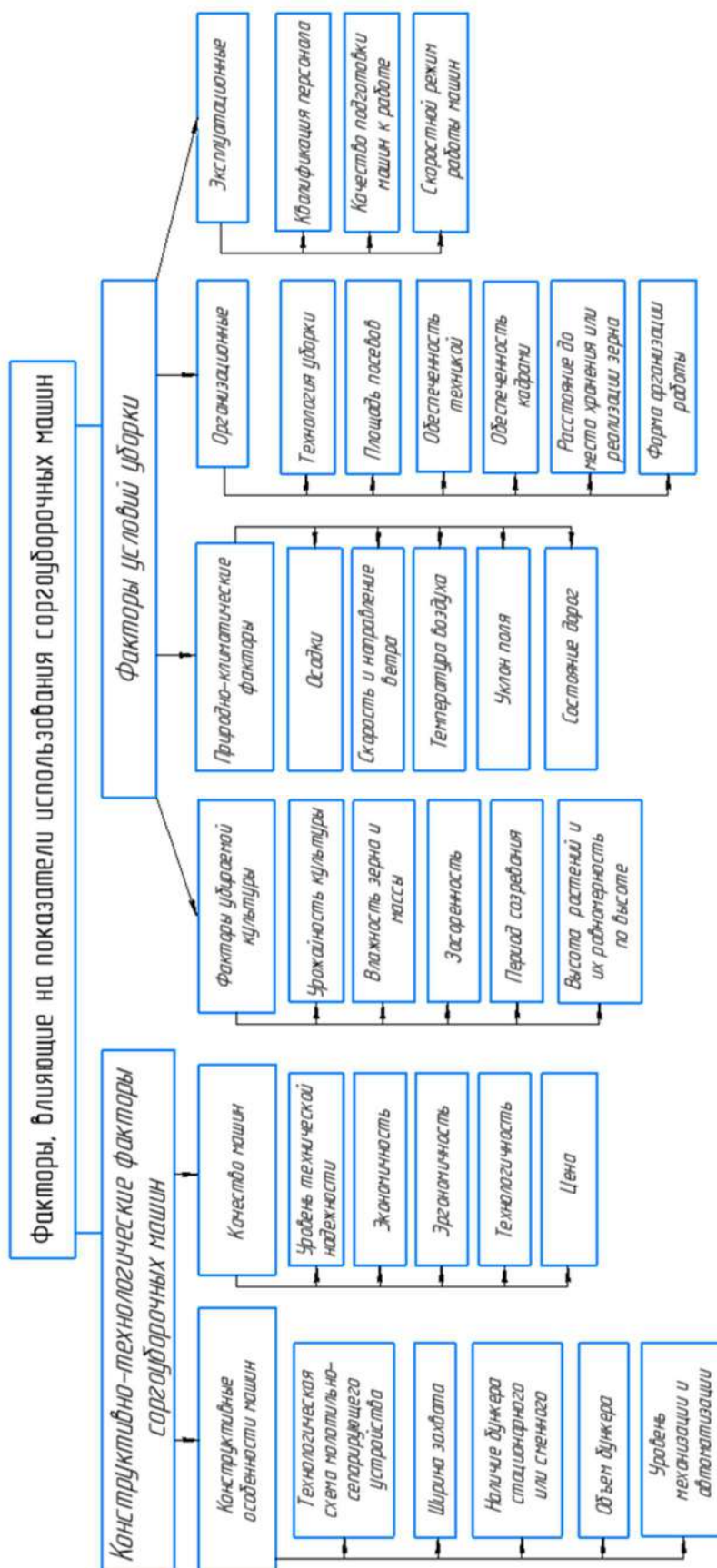


Рисунок – Классификация факторов, влияющих на показатели использования соруборочных машин

Выводы. В результате анализа научно-исследовательских работ предложена классификация факторов, влияющих на показатели использования машин, применяемых на уборке сорго. Все факторы разделены на две группы: конструктивно-технологические факторы соргоуборочных машин и факторы условий уборки сорго.

Библиографический список

1. Балакай С. Г. Сорго – культура больших возможностей // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2012. № 1 (5). С. 86-90.
2. Бердышев В. Е. Методология оценки качества функционирования зерноуборочных комбайнов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2011. Т. 76. № 2. С. 85-89.
3. Дронов А. В., Дышлюк М. Ю., Обложко Е. М. Ресурсный потенциал сорго всех видов при производстве кормов и продуктов переработки в условиях Брянской области // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 2. С. 3-7.
4. Жужукин В. И., Шор М. Ф. Африканское просо в условиях Нижнего Поволжья // Земледелие. 2011. № 5. С. 33-34.
5. Жужукин В. И., Семин Д. С. Зерновое сорго в Поволжье // Земледелие. 2013. № 5. С. 29-30.
6. Жужукин В. И., Семин Д. С., Гаршин А. Ю. Сахарное сорго в Нижневолжском регионе // Земледелие. 2013. № 6. С. 47-48.
7. Землянов В. А., Смиловенко Л. А. Роль сахарного сорго в стабилизации кормопроизводства // Кормопроизводство. 2011. № 1. С. 32-33.
8. Кононенко С. И. Перспективы применения сорго в животноводстве // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. Краснодар: КубГАУ. 2013. № 90 (06). С. 549-580.
9. Ловчиков А. П., Ловчиков В. П., Иксанов Ш. С. Теоретический аспект технологического процесса прямого комбайнирования зерновых культур с двойным срезом стеблей // Известия ОГАУ. 2015. № 3 (53). С. 92-95.
10. Ряднов А. И. Метод выбора транспортных средств при уборке сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 349-356.
11. Ряднов А. И. Совершенствование технологии уборки веничного сорго комбайнами с инерционно-очесным способом обмолота // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 11-1. С. 31-32.
12. Ряднов А. И., Шарипов Р. В. Совершенствование конструкции соргоуборочного комбайна // Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 10-11.
13. Титков В. И., Безуглов В. В., Галяутдинов Р. Х. Сорго - ценная страховая кормовая культура Оренбургской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 30-1. Т. 2. С. 51-53.
14. Федорова О. А., Фандеев С. Ю. К обоснованию комплексного критерия эффективности использования технических средств для уборки суданской травы // Вестник НГИЭИ. 2021. № 6 (121). С. 5-14.
15. Changes in Physicochemical Characteristics of Sorghum Among Different Varieties and at Different Harvest Stages after Heading / S. K. Kim [et al.] // Korean Journal of Food Science and Technology. 2018. Vol. 50. № 3. Pp. 260–266.
16. Ethanol production from steam-pretreated sweet sorghum with high substrate consistency enzymatic hydrolysis / F. Shen, J. Hu, M. L. Y. Liu, J. N. Saddler, Y. Zhong, R. Liu // Biomass and Bioenergy. 2012. V. 41. P. 157-164.
17. Mathanker S. K., Hansen A. C. Harvesting System Design and Performance // Engineering and Science of Biomass Feedstock Production and Provision. 2014. Pp. 85–139.

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.

Седов Алексей Васильевич, заведующий кафедрой «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.), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-3896-5129. E-mail: sedov7020@yandex.ru.

Курахтенков Андрей Константинович, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2796-9316>. E-mail: kurahtenkov2011@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-50

DOUBLE-ACTING MANDREL WITH THE USE OF A LUBRICATING AND COOLING PROCESS MEDIUM FOR PROCESSING DEEP HOLES APPLIED TO POWER HYDRAULIC CYLINDERS OF AGRICULTURAL MACHINERY

E. A. Fedyanov¹, V. A. Saninsky²,
A.V. Gribenchenko³, N. A. Ushakov²

¹*Volgograd State Technical University, Volgograd*

²*Volzhsky Polytechnic Institute*

(the branch of the Volgograd State Technical University), Volzhsky

³*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 20.11.2022

Submitted 01.02.2023

Abstract

Introduction. A design for mechanical processing of deep holes is presented. This development can be used in metal-cutting machine tools to improve the technology of machining deep holes in long pipe blanks during their flashing, burnishing and internal grinding of holes, for example, by improving the accuracy of holes in restored power hydraulic cylinders of agricultural machines. **Materials and methods.** The technical result is achieved by a mandrel for processing holes by surface plastic deformation, containing a body with axial and radial channels with check valves installed in them and rows of deforming elements. The lubricating-cooling process fluid system contains a mechanism for switching the direction of the lubricating-cooling fluid pressure to the opposite one and provides reciprocating movement of the mandrel during mandrel, as well as front and rear working ends having check valves and throttles connected by axial channels with radial channels brought out between adjacent mandrel teeth and connected to channels for discharge of used cutting fluid. **Results and conclusions.** Improving the quality of the machined surface of deep holes of hydraulic cylinders of agricultural machines due to the intensification of the coolant supply to the deformation zone when using the developed design of the mandrel and the hydraulic circuit of the mandrel.

Keywords: *mandrel, reciprocating movement, valves, throttles, mandrel, power hydraulic cylinder.*

Citation. Fedyanov E. A., Saninsky V. A., Gribenchenko A. V., Ushakov N. A. Double-acting mandrel using a lubricating and cooling process medium. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 456-463 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-50.

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

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

УДК 621.438-46:621.921

ДОРН ДВУХСТОРОННЕГО ДЕЙСТВИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ ПРИМЕНИТЕЛЬНО ДЛЯ СИЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е. А. Федянов¹, доктор технических наук, профессор
В. А. Санинский², доктор технических наук, профессор
А. В. Грибенченко³, кандидат технических наук, доцент
Н. А. Ушаков², кандидат технических наук, доцент

¹Волгоградский государственный технический университет

²Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет

³Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.11.2022

Дата принятия к печати 01.02.2023

Актуальность. Представлена конструкция для обработки глубоких отверстий (ГО) механическим способом. Данная разработка может быть использована в металлорежущих станках для совершенствования технологии механической обработки ГО в трубных заготовках большой длины при их прошивании, дорновании и внутреннем шлифовании отверстий, например, при повышении точности отверстий восстановленных силовых гидроцилиндров машин сельскохозяйственного назначения. **Материалы и методы.** Технический результат достигается дорном для обработки отверстий поверхностным пластическим деформированием (ППД), содержащим корпус с осевым и радиальными каналами с установленными в них обратными клапанами и рядами деформирующих элементов. Система смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) содержит механизм переключения направления давления смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) на противоположное и обеспечивает возвратно-поступательное перемещение дорна при дорновании, а также передний и задний рабочие торцы, имеющие обратные клапаны и дроссели, соединенные осевыми каналами с радиальными каналами, выведенными между соседними дорнующими зубьями и соединенными с каналами сброса отработанной СОЖ. **Результаты и выводы.** Повышение качества обрабатываемой поверхности ГО гидроцилиндров сельскохозяйственных машин за счёт интенсификации подачи СОЖ в очаг деформации при применении разработанной конструкции дорна и гидросхемы дорнующего устройства.

Ключевые слова: дорн, возвратно-поступательное перемещение, дорнование, силовые гидроцилиндры.

Цитирование. Федянов Е. А., Санинский В. А., Грибенченко А. В., Ушаков Н. А. Дорн двухстороннего действия с использованием смазочно-охлаждающей технологической среды. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 456-463. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-50.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Отверстия свыше пяти диаметров относятся к труднообрабатываемым. Чтобы получить такие отверстия, необходимо применять специальные режущие инструменты и станки, а также требуются большие затраты средств и времени. Для эффективной реализации обработки ГО необходимо знать особенности обработки ГО, требования к применяемым СОТС, способам базирования заготовок на станках для обработки ГО.

В настоящее время предложено множество способов механической обработки поверхностей высокоточных деталей. Одним из самых эффективных способов является дорнование отверстий методом прошивки. Во время обработки ГО способом деформирующего прошивания [7] значительное влияние на точность и шероховатость оказывает заточка дорнующих элементов прошивочного органа. Так, например, такая проблема возникает при ремонте гидроцилиндров тракторов и сельскохозяйственных машин. За время эксплуатации машин сельскохозяйственного назначения, имеющих силовые гидроцилиндры, происходит износ цилиндра, что приводит к потере мощности приводов рабочих органов. Нарушение геометрических параметров рабочих поверхностей гидроцилиндра приводит к снижению эксплуатационных показателей машины в целом.

Так как гидроцилиндры являются дорогостоящими узлами, то встает вопрос о возможности восстановления изношенных поверхностей наплавкой. В процессе восстановления износостойкими покрытиями на изношенные рабочие поверхности гидроцилиндров с последующим шлифованием в токарном станке могут возникнуть нарушения первоначальных размеров диаметра цилиндра, и это может вызвать ускоренный износ рабочих поверхностей гидроцилиндров, а также снижение мощности. Чем больше погрешность изделия при механической обработке, тем больше величина отклонения от первоначальных размеров [3].

Материалы и методы. Разработка конструкции дорна со смазочно-охлаждающей технологической средой (СОТС), повышающей стойкость дорна за счёт снижения износа прошивок путём уменьшения дорнующих зубьев, длины их касания и, соответственно, трения в местах соприкосновения рабочих поверхностей зубьев с обрабатываемой поверхностью.

При помощи разработанного метода можно получить необходимые технологические выходные параметры обрабатываемой поверхности (заданную шероховатость, твердость и остальные геометрические параметры, указанные в технических требованиях на чертеж) восстановленных силовых гидроцилиндров машин сельскохозяйственного назначения (рисунок 1).

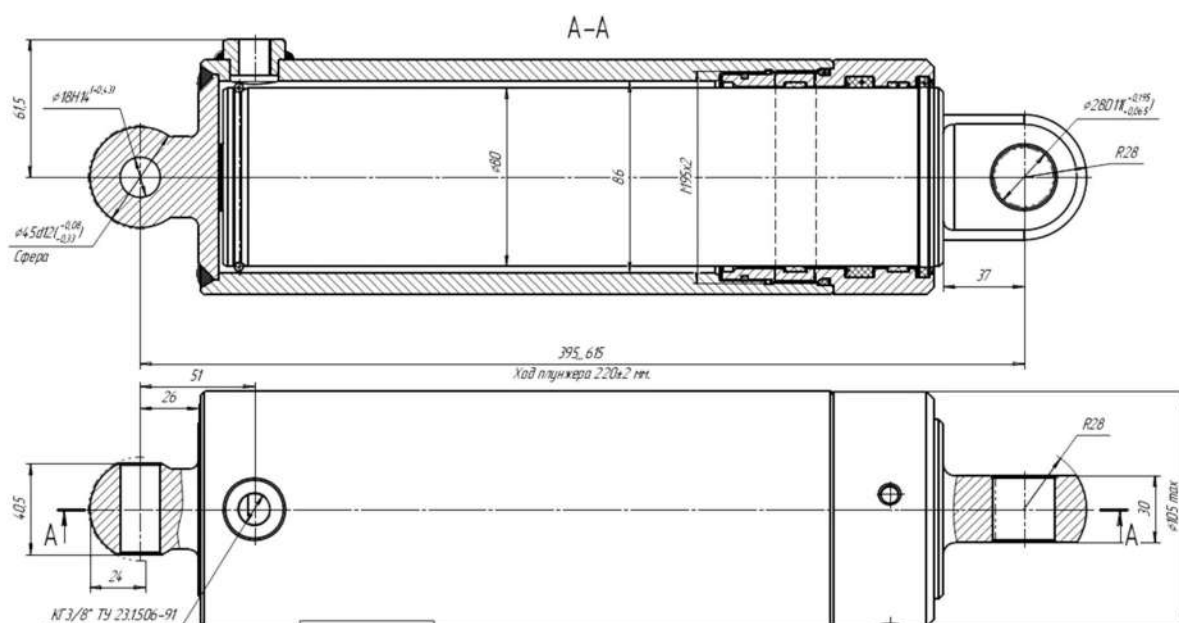


Рисунок 1 – Гидроцилиндр в сборе / Figure 1 – Hydraulic cylinder assembly

Гидроцилиндры, как правило, изготавливают из стали 20Х, и к ним предъявляют следующие требования:

- шероховатость рабочей поверхности гильзы не ниже $Ra\ 0,32\ \mu\text{m}$;
- внутренняя поверхность гильзы должна иметь коррозионно-стойкое покрытие;
- цилиндры должны без разрушения и деформации выдерживать давление в $1,6\ \text{МПа}$;
- падение давления в цилиндре не должно превышать $0,02\ \text{МПа}$ в течение 5 минут;
- поршень в цилиндре должен перемещаться плавно, без рывков;
- ресурс работы силового гидроцилиндра должен быть не меньше 2,5 млн ходов.

Традиционные методы обработки гидроцилиндров не всегда могут гарантировать соблюдение вышеперечисленных требований из-за несовершенства технологического процесса обработки и рабочего инструмента.

Результаты и обсуждение. Известен способ обработки глубоких отверстий методом деформирующего прошивания, обеспечивающий повышение параметров точности и шероховатости обработанных отверстий за счет безазорного базирования дорнующих элементов прошивки, закрепленных на наружной поверхности расточной пинноли (патент 2021124493 от 18.08.2021) [6, 8].

Недостаток способа – в недостаточной стойкости дорнующих зубьев прошивки, так как при большом количестве рабочих ходов возможно отсутствие смазки и давления, особенно на последних по ходу дорнующих зубьях, что ведёт к шелушению отверстия и уменьшению диаметра обрабатываемого отверстия на выходе (конусообразность). Подачу СОЖ предлагается выполнять через дополнительные радиальные каналы. Сброс отработанной СОЖ происходит через каждую нечетную кольцевую канавку, полученную при изготовлении прошивки между соседними дорнующими зубьями, которые соединены с четными кольцевыми канавками, что позволяет охлаждать зоны обработки ГО через дросселирующие элементы и подавать СОЖ через радиальные каналы 17 в осевой общий сбрасывающий канал 19 и обратные клапаны на противоположном торце (рисунок 2).

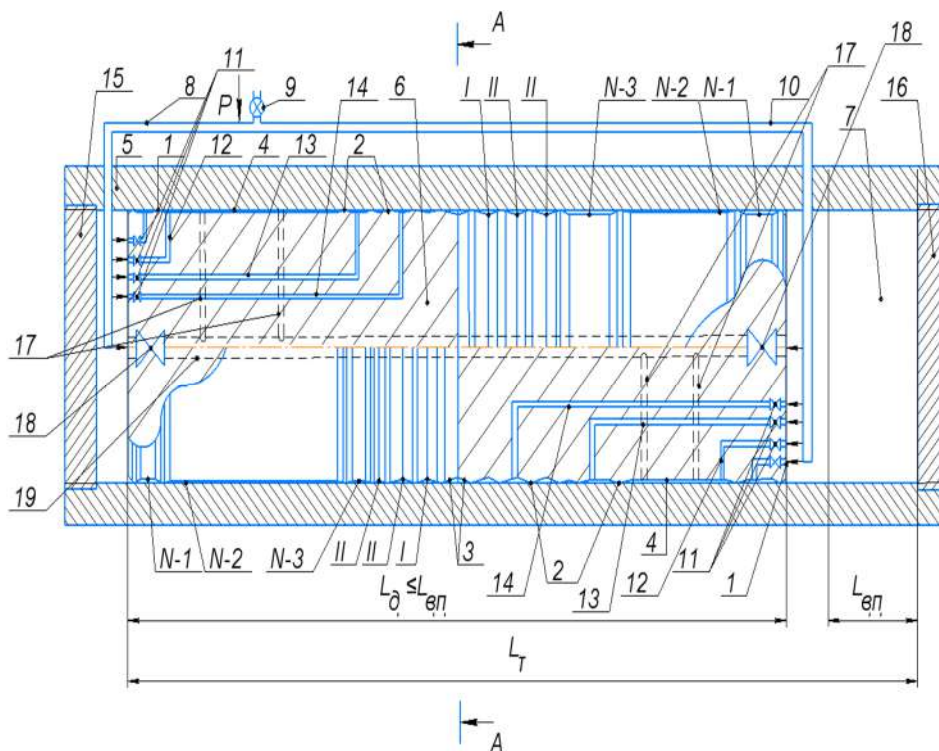


Рисунок 2 – Схема дорна с элементами дросселирования СОЖ и механизмом реверсирования его движения

Figure 2 – Mandrel diagram with coolant throttling elements and a mechanism for reversing its movement

Срабатывание дросселирующих элементов происходит в процессе перемещения СОЖ от одного торца дорна на второй. Величину давления в каждой паре дорнущих зубьев регулируют клапаны 11 подачи давления из общей магистрали в продольные 14, а затем и радиальные каналы 12.

На рисунке 2 приняты следующие обозначения: 1 – деформирующий черновой зуб дорна 6; 2 – промежуточные зубья дорна, которые создают предварительный размер ГО; 3 – чистовые зубья дорна, создающие окончательный размер ГО; 4 – дросселирующие элементы, соединяющие кольцевые канавки (гидравлические камеры) 5 - трубная заготовка; 6 – многозубый дорн для прошивания глубокого отверстия; 7 – глубокое отверстие трубной заготовки 5; 8 – общий трубопровод магистрали рабочей среды; 9 – реверсивный кран; 10 – трубопровод, идущий к обрабатываемой поверхности ГО от общего трубопровода 8 магистрали рабочей среды; 11 – дроссели; 12 – радиальный канал; 13, 14 – осевые каналы; 15 – левая заглушка; 16 – правая заглушка, 17 – каналы радиальные, выходящие из четных кольцевых канавок и предназначенные для сброса отработанной СОЖ в осевой канал 19; 18 – обратные клапаны; 19 – осевой сквозной канал, соединённый радиальными каналами с каждой из кольцевых канавок, для сброса СОЖ и выходящий за торцы дорна; N-1, N-2, N-3 – условные гидравлические камеры с шагом 10 мм, образованные кольцевыми канавками и расположенные между дорнующими зубьями; I, II, III – условные гидравлические камеры с шагом 19 мм, образованные кольцевыми канавками и расположенные между дорнующими зубьями [8].

На рисунке 3 представлено поперечное сечение А-А по рисунку 1, указывающее на цилиндрический вид дросселирующих СОЖ элементов 4, расположение относительно осевых каналов 13 и 14 радиальных каналов 12 для подачи СОЖ под давлением в зону контакта дорнующих зубьев с обрабатываемой поверхностью ГО, а также расположение радиальных 17 и осевого 19 каналов для сброса отработанной СОЖ через торцы дорна.

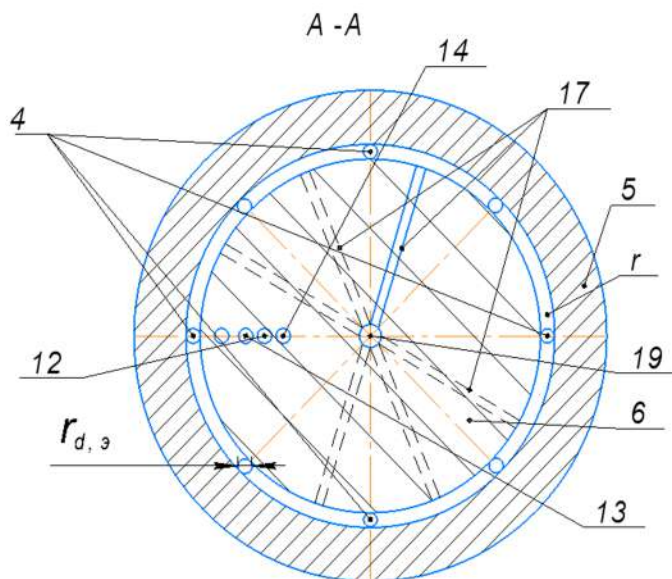


Рисунок 3 – Поперечное сечение А-А по рисунку 1

Figure 3 – Cross section A-A according to Figure 1

На рисунке 4 приняты следующие обозначения: 4 – дросселирующие элементы в виде полуцилиндрических продольных выемок; 11 – дроссели; 17 – радиальные каналы, служащие для сброса отработанной СОЖ в осевой канал; 18 – обратные клапаны; 19 – осевой канал; 20 – гидробак; 21 – гидронасос; 22 – фильтр; 23 – клапан предохранительный; 24 – гидрораспределитель 3-х позиционный; 25 – клапан обратный.

При подаче СОЖ гидронасосом 21 из гидробака 20 под давлением P при прохождении её через 3-х позиционный гидрораспределитель 24 открывается обратный клапан 18 (ОК1), при этом обратный клапан ОК-2 закрыт. Левые дроссели 11 открываются, и жидкость подается в четные кольцевые каналы 4, а затем в дросселирующие элементы, откуда через радиальные каналы 17 в осевой сбрасывающий канал 19. При этом правый дроссель 18 и клапан ОК-2 закрыты и препятствуют попаданию СОЖ под давлением в сбрасывающий отработанный СОЖ в осевой канал 19. По окончании рабочего хода дорна слева-направо происходит закрытие обратного клапан ОК-1 и жидкость под давлением подаётся через клапан ОК-2 в правую полость устройства гидронасосом 21.

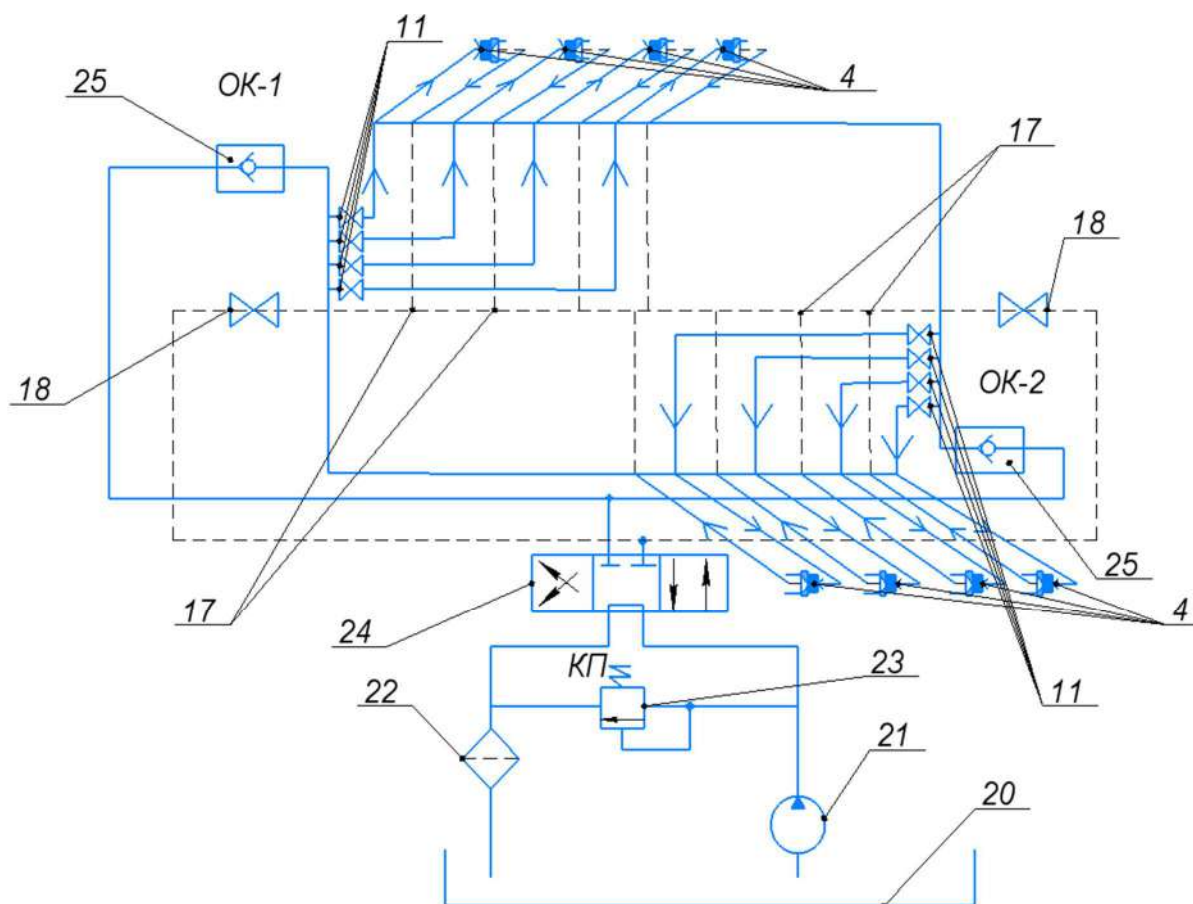


Рисунок 4 – Гидросхема дорнующего устройства

Figure 4 –Hydraulic circuit of the mandrel device

При этом правые дроссели 11 открываются и жидкость подается в четные кольцевые каналы 4, а затем в дросселирующие элементы, откуда через радиальные каналы 17 в общий сбрасывающий канал 19. В это время левый дроссель 18 и клапан ОК-1 закрыты и выполняют роль обратных клапанов. Открывание дросселей 11 происходит поочередно по мере прохождения дорна через заготовку. Сначала открывается дроссель с самым протяжённым осевым каналом, затем по мере перемещения инструмента через заготовку открываются последующие дросселирующие элементы и т. д., пока не откроются все четыре элемента. Причём срабатывание дросселей происходит как в крайнем правом, так и в крайнем левом положении дорна. Чем ближе находится дорн к окончанию хода, тем больше открыто дросселей 11. При положении золотника гидро-

распределителя 24 в нейтральном положении жидкость не поступает в устройство и перекачивается в гидробак 20 через фильтр 2, тем самым разгружая гидросистему от избыточного давления. Перед распределителем 24 предусмотрен предохранительный клапан 23, который сообщается со сливной гидролинией.

Выводы:

1. Применение предлагаемой конструкции дорна позволяет повысить точность обработки внутренних рабочих поверхностей силовых гидроцилиндров за счет повышения износостойкости дорна интенсификацией подачи СОЖ в зону деформации при прямом и обратном рабочих ходах дорна.

2. Техничко-экономический эффект от применения двухстороннего дорна обусловлен как повышением стойкости инструмента, так и ростом производительности вследствие замены возврата дорна в исходное положение вручную автоматическим перемещением под действием давления СОЖ.

Библиографический список

1. Влияние СОТС и твердости круга на коэффициент шлифования и шероховатость поверхности при обработке титанового сплава / С. В. Носенко, В. А. Носенко, Л. Л. Кременецкий, Н. Д. Сердюков // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 12. С. 156–161.
2. Воложанина С. А., Иголкин А. Ф., Петкова А. П. Исследование влияния низких температур и деформаций на свойства аустенитной стали 12Х18Н10Т // Металлургия и материаловедение. 2019. Т. 25. № 4. С. 83-93.
3. Горелова А. Ю., Кристаль М. Г. Влияние динамических характеристик системы «Расточная головка-заготовка» на точность глубокого растачивания гильзы гидроцилиндра // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 4-2 (324). С. 146-150.
4. Горелова А. Ю., Кристаль М. Г. Совершенствование конструкции инструмента на основе моделирования процесса растачивания гильзы цилиндра // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 11-2. С. 105-115.
5. Грибенченко А. В., Миньков В. М., Ключин П. А. Совершенствование способа плазменной наплавки с уточнением теплового баланса // Научное образование. 2016. № 13. С. 108-113.
6. Определение контактных деформаций при плоском шлифовании торцов колец крупногабаритных подшипников / В. А. Носенко, В. Н. Тышкевич, А. В. Саразов, С. В. Орлов // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2016. № 6 (320). С. 50–54.
7. Санинский В. А., Федянов Е. А., Нестеренко Е. Н. Расчет параметров дросселирования каналами дорнующих элементов прошивок // Известия ВолгГТУ. Прогрессивные технологии. 2020. № 2.
8. Санинский В. А., Грибенченко А. В., Смирнова Е. Н. Обоснование расширения возможностей режуще-деформирующего прошивания глубоких отверстий при ремонте машин сельскохозяйственного назначения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 284-293.
9. Санинский В. А. Разработка и применение фрезерно-расточных станков с механизмом планетарного движения режущего инструмента: монография // ВПИ (филиал) ВолгГТУ. Волгоград: ИУНЛ ВолгГТУ, 2016. С. 111.
10. Composition and Tribological Properties of Hardened Cutting Blades of Tillage Machines under Abrasive Deterioration / A. E. Novikov, V. A. Motorin, M. I. Lamskova, M. I. Filimonov // Journal of Friction and Wear. 2018. Vol. 39. No 2. P. 158-163.
11. Conceptual model of zonal structuring of functional areas of working elements for soil treatment / V. A. Motorin, D. S. Gapich, S. D. Fomin, V. S. Bocharnikov, A. V. Gribenchenko // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012139.
12. Systematization of the Contact-Surface Combinations in Frictional Pairs / V. A. Saninskij, N. A. Storchak, A. V. Sin'kov, YU. N. Platonova // Russian Engineering Research. 2011. V. 31. No 10. P. 968-971.

Информация об авторах

Федянов Евгений Алексеевич – доктор технических наук, профессор, Волгоградский ГТУ. Тел. 8 905 336 4280; e-mail: fedyanov tig@vstu.ru

Санинский Владимир Андреевич - доктор технических наук, профессор, Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ. Тел. 89023605556 e-mail: saninv@rambler.ru

Грибенченко Алексей Викторович – канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Тел. 89047571911; e-mail: gribenchenkoaleksey@mail.ru

Ушаков Николай Александрович - кандидат технических наук, доцент, Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ. Тел. 8-917-723-8278, e-mail: ushakov@post.volpi.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-51

IMPROVEMENT OF SOME OPERATIONAL INDICATORS SORGHUM HARVESTER WHEN WORKING ON SLOPES

O.A. Fedorova¹, A.I. Ryadnov¹, I.A. Murog², A.K. Kurakhtenkov¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia*

²*S.A. Yesenin Russian State University, Ryazan, Russia*

Received 09.01.2023

Submitted 10.03.2023

Summary

It is shown that the use of a system for installing the working bodies of a sorghum harvester in a horizontal position when it moves across the slope of the field, the normal reactions of the soil to the lower, relative to the base of the slope of the field, the driving wheels of the self-propelled chassis decrease, and the upper wheels grow compared to the option without horizontal alignment of the working bodies, which positively affects the lateral stability combine harvester. Horizontal alignment of the working bodies of the sorghum harvester when it moves across the slope allows you to reduce the loss of grain under-ground.

Abstract

Relevance. The conditions for performing agricultural work on the cultivation and harvesting of crops in the Russian Federation are very diverse in terms of natural relief: from the plain, which occupies most of the territory, to mountainous areas. Self-propelled machines for harvesting broom crops are designed to work in fields with a slope of no more than 8°. But when the sorghum harvester is operating in fields with a slope close to acceptable, grain losses inevitably increase due to the passage of the sorghum panicle past the threshing gap of the threshing-separating device. In addition, the angle of transverse static stability of self-propelled agricultural machines is one of the criteria for their safe use. In order to reduce crop losses, as well as the safe use of harvesting machines working on slopes, it is necessary to develop and introduce into production automatic systems and mechanisms for longitudinal and transverse alignment of the working bodies of machines. **The purpose of the work** is to increase the stability of the sorghum harvester when working on slopes and reduce grain losses behind it by horizontal alignment of the working bodies. **Materials and methods.** In preparing this article, the dimensional and mass characteristics of a sorghum harvester of the Volgograd State Agricultural University design, the provisions of theoretical mechanics for calculating vertical loads on supports, as well as experimental data on the under-grinding of sorghum panicles were used. **Results and discussion.** Mathematical dependences for calculating the normal reactions of the soil to the lower R_A and upper R_B , relative to the base of the slope, the driving wheels of the self-propelled chassis of the sorghum harvester without its equipment with the horizontal alignment system of the working bodies, as well as the corresponding dependences before and after the alignment of the working bodies of the sorghum harvester in the horizontal position from the change in the angle of the slope of the working area of the field are obtained. The calculation results showed that the calculated values of normal soil reactions to the lower wheels R_A of the self-propelled chassis at the considered slope angles of the working area of the field after the installation of the working bodies in a horizontal position decrease, and the upper wheels R_B grow compared to the option without horizontal alignment of the working bodies. Thus, at $\alpha = 10^\circ$, the alignment of the working bodies in a horizontal position allows to reduce R_A from 16.42 kN to 16.18 kN, i.e. by 1.46% and increase R_B from 9.68 kN to 9.93 kN, i.e. by 2.58%,

and at $\alpha = 20^\circ$ - respectively reduce R_A by 5% and increase R_B by 13%. Horizontal alignment of the working bodies of the sorghum harvester during its movement along the transverse slope allows the normalizer to feed the panicles of agricultural crops into the threshing gap along their entire length, which significantly reduces the loss of grain under-threshing. **Conclusion.** After installing the working bodies of the sorghum harvester in a horizontal position on the working areas of the field, with an increase in their slope from 0° to 20° , the normal reactions of the soil to the lower wheels of the self-propelled chassis decrease, and to the upper wheels grow compared to the option without horizontal alignment of the working bodies. Horizontal alignment of the working bodies of the sorghum harvester during its movement along the transverse slope allows the normalizer to feed the panicles of agricultural crops into the threshing gap along their entire length, which significantly reduces the loss of grain under-threshing.

Key words: *transverse stability of the sorghum harvester when working on slopes, vertical load on the driving wheels of the combine, horizontal alignment of the working bodies of the combine, grain losses.*

Citation. Fedorova O.A., Ryadnov A.I., Murog I.A., Kurakhtenkov A.K. Improvement of some operational indicators of the sorghum harvester when working on slopes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 463-472 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-51.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of the results of this study. The author of this article has reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 631.354.2

УЛУЧШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОРГОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ РАБОТЕ НА СКЛОНАХ

О.А. Федорова¹, доктор технических наук, доцент
А.И. Ряднов¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор
И.А. Мурог², доктор технических наук, профессор
А.К. Курахтенков¹, аспирант

¹Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

²РГУ имени С.А. Есенина, г. Рязань, Россия

Дата поступления в редакцию 09.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Условия выполнения сельскохозяйственных работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур в Российской Федерации по природному рельефу очень разнообразны: от равнины, занимающей большую часть территории, до горных участков. Самоходные машины для уборки метелочных культур предназначены для работы на полях с уклоном не более 8° . Но при работе соргоуборочного комбайна на полях, имеющих уклон, близкий к допустимому, неизбежно растут потери зерна из-за прохода метелки сорго мимо молотильного зазора молотильно-сепарирующего устройства. Кроме того, угол поперечной статической устойчивости самоходных сельскохозяйственных машин является одним из критериев их безопасного использования. Для снижения потерь урожая, а также безопасного использования уборочных машин, работающих на склонах, необходимо вести разработки и внедрять в производство автоматические системы и механизмы продольного и поперечного выравнивания рабочих органов машин. **Цель работы** – повышение устойчивости соргоуборочного комбайна при работе на склонах и снижение потерь зерна за ним путем горизонтального выравнивания рабочих органов. **Материалы и методы.** При подготовке данной статьи использовались размерно-массовые характеристики соргоуборочного комбайна конструкции Волгоградского ГАУ, положения теоретической механики по расчету вертикальных нагрузок на опоры, а также экспериментальные данные по недомолоту метелок сорго. **Результаты и обсуждение.** Получены математические зависимости для расчета нормальных реакций почвы на нижние R_A и верхние R_B , по отношению к основанию уклона, ведущие колёса самоходного шасси соргоуборочного комбайна без его обо-

рудования системой горизонтального выравнивания рабочих органов, а также соответствующие зависимости до и после выравнивания рабочих органов соргоуборочного комбайна в горизонтальное положение от изменения угла уклона рабочего участка поля. Результаты расчета показали, что расчетные значения нормальных реакций почвы на нижние колёса R_A самоходного шасси на рассматриваемых углах уклона рабочего участка поля после установки рабочих органов в горизонтальное положение снижаются, а на верхние колёса R_B растут по сравнению с вариантом без горизонтального выравнивания рабочих органов. Так, при $\alpha = 10^\circ$ выравнивание рабочих органов в горизонтальное положение позволяет снизить R_A с 16,42 кН до 16,18 кН, т.е. на 1,46 % и повысить R_B с 9,68 кН до 9,93 кН, т.е. на 2,58 %, а при $\alpha = 20^\circ$ – соответственно снизить R_A на 5 % и повысить R_B на 13 %. Горизонтальное выравнивание рабочих органов соргоуборочного комбайна при его движении по поперечному склону позволяет нормализатору подавать метелки сельскохозяйственной культуры в молотильный зазор по всей их длине, что позволяет существенно снизить потери зерна недомолотом. **Выводы.** После установки рабочих органов соргоуборочного комбайна в горизонтальное положение на рабочих участках поля при увеличении их уклона от 0° до 20° нормальные реакции почвы на нижние колёса самоходного шасси снижаются, а на верхние колёса растут по сравнению с вариантом без горизонтального выравнивания рабочих органов. Горизонтальное выравнивание рабочих органов соргоуборочного комбайна при его движении по поперечному склону позволяет нормализатору подавать метелки сельскохозяйственной культуры в молотильный зазор по всей их длине, что позволяет существенно снизить потери зерна недомолотом.

Ключевые слова: поперечная устойчивость соргоуборочных комбайнов, вертикальная нагрузка ведущих колес комбайнов, горизонтальное выравнивание рабочих органов комбайна, потери зерна.

Цитирование. Федорова О. А., Ряднов А. И., Мурог И.А., Курахтенков А. К. Улучшение некоторых эксплуатационных показателей соргоуборочного комбайна при работе на склонах. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 463-472. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-51.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Условия выполнения сельскохозяйственных работ по возделыванию и уборке сельскохозяйственных культур в Российской Федерации очень разнообразны по природному рельефу: от равнины, занимающей большую часть территории, до горных участков. Рельеф территорий непостоянен даже в отдельных зонах. Так, к примеру, в Центральной Черноземной зоне (ЦЧЗ) Российской Федерации 76 % полей, на которых осуществляется производство сельскохозяйственных культур, расположены на равнинных участках и 24 % – на опасных склонах [12]. Ворохобин А. В. в работе [1] дает распределение площадей сельскохозяйственных угодий ЦЧЗ по их расположению на участках с различными уклонами: около 21 % площадей расположено на полях с уклоном ($2-5^\circ$), 4 % – с уклоном ($5-7^\circ$), 2 % – ($7-10^\circ$) и 1 % площадей – на полях с особо опасными уклонами (10° и более). Кроме того, автор работы [1] отмечает, что уже при уклоне поверхности рабочего участка поля, равном $5-7^\circ$, происходит снижение скорости движения машинно-тракторного агрегата, ухудшаются условия труда механизатора и нарушаются эргономические требования.

Отечественные самоходные машины для уборки зерновых колосовых и метелочных культур предназначены для работы на полях с уклоном не более 8° [5]. Но при работе самоходных машин на полях, имеющих уклон, близкий к допустимому, неизбежно растут потери зерна: за зерноуборочными комбайнами главным образом из-за неравномерного распределения зернового вороха на решетках очистки [2, 4, 6, 9, 10, 13], а у соргоуборочного комбайна – из-за прохода метелки, например зернового сорго, мимо молотильного зазора. При этом снижается и производительность самоходных машин.

Известны некоторые способы повышения устойчивости движения на склонах самоходных машин: использование тракторов с низким клиренсом, использование съёмных уширительных ободьев, сдвоенных колёс, изменение статического радиуса колес путем регулирования давления воздуха в шинах, другие [3, 11]. Нами предложена конструкция соргоуборочного комбайна, оборудованного противовесом с набором сменных грузов с возможностью их перемещения в горизонтальной плоскости, что обеспечивает повышение поперечной устойчивости комбайна (патент РФ № 2726575. Опубликовано 14.07.2020. Бюл. № 20).

Кроме того, угол поперечной статической устойчивости самоходных сельскохозяйственных машин, который регламентирован ГОСТ 12.2.019-2005 «Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности», является одним из критериев их безопасного использования.

Для снижения потерь урожая, повышения производительности и улучшения других эксплуатационных показателей, а также безопасного использования уборочных машин, работающих на склонах, перед научными организациями и конструкторскими бюро стоит задача вести разработки не только новых принципов обмолота зерновых и метелочных культур и очистки обмолоченной массы, но и внедрять автоматические системы и механизмы продольного и поперечного выравнивания рабочих органов машин.

Цель настоящей работы – повышение устойчивости соргоуборочного комбайна при работе на склонах и снижение потерь зерна за ним путем горизонтального выравнивания рабочих органов.

Материалы и методы. При подготовке данной статьи использовались размерно-массовые характеристики соргоуборочного комбайна конструкции Волгоградского ГАУ [8], положения теоретической механики по расчету вертикальных нагрузок на опоры, а также экспериментальные данные по недомолоту метелок сорго.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим движения соргоуборочного комбайна по поперечному склону без горизонтального выравнивания рабочих органов (рисунок 1) и по поперечному склону с установкой рабочих органов комбайна в горизонтальное положение при движении в одну (а) и обратную (б) стороны (рисунок 2).

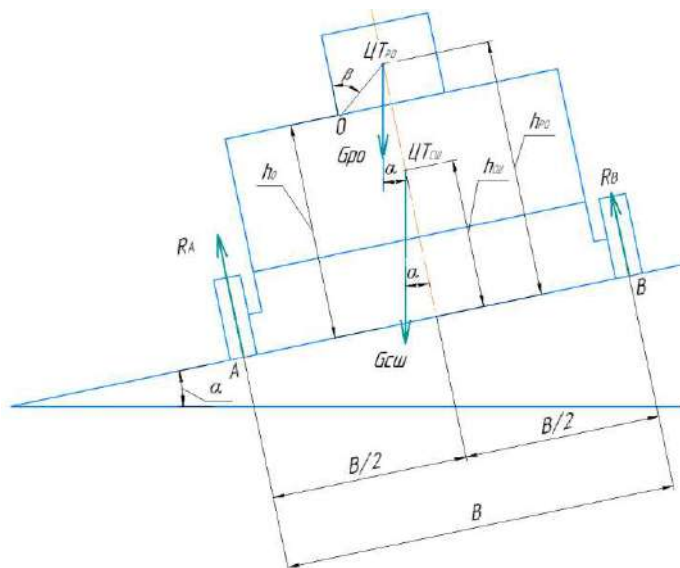


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на соргоуборочный комбайн при движении по поперечному склону без горизонтального выравнивания рабочих органов

Figure 1 – Diagram of the forces acting on the sorghum harvester when moving along a transverse slope without horizontal alignment of the working bodies

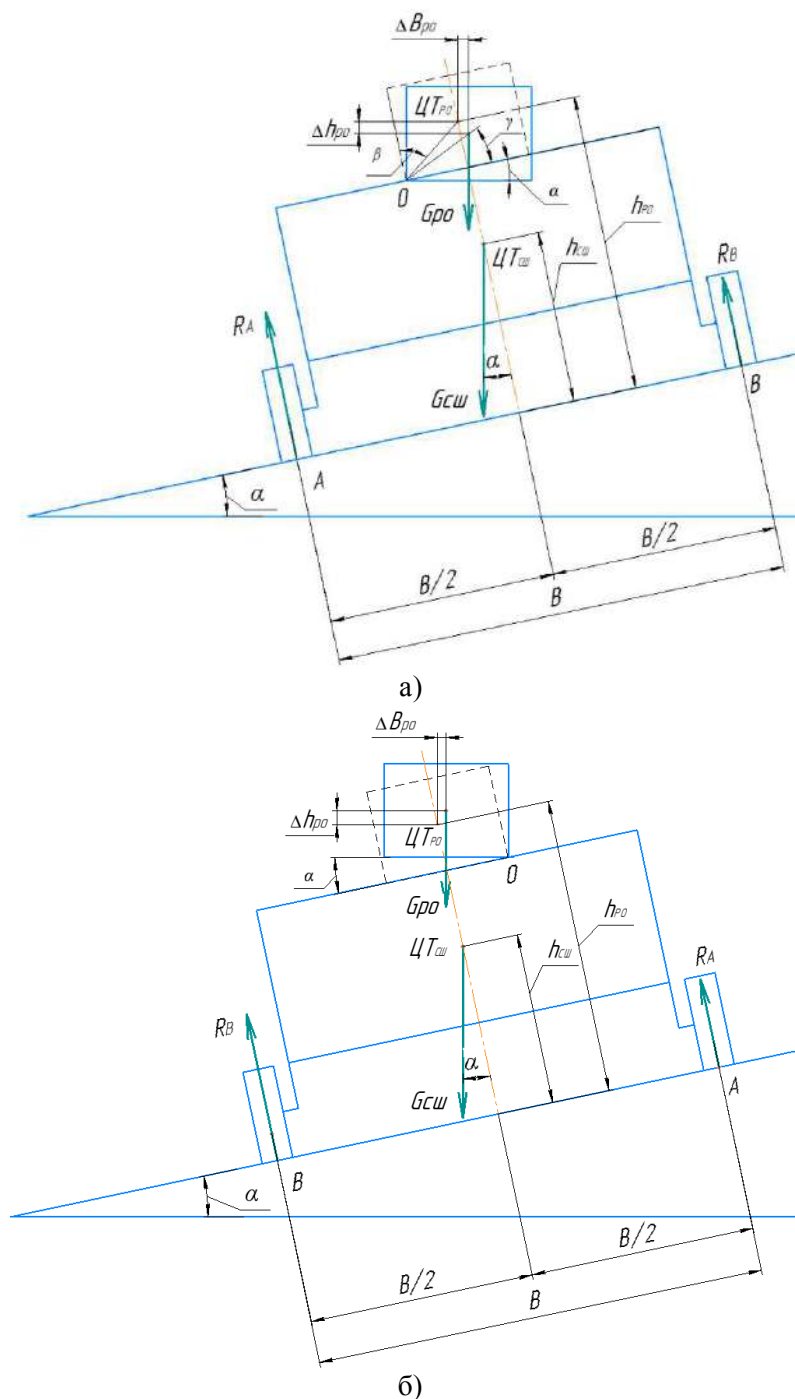


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на соргоуборочный комбайн при движении по поперечному склону с установкой рабочих органов комбайна в горизонтальное положение: а) направление движения комбайна, при котором его сторона А находится ниже по склону поля, чем сторона В; б) направление движения комбайна, при котором его сторона А находится выше по склону поля, чем сторона В

Figure 2 – Diagram of the forces acting on the sorghum harvester when moving along a transverse slope with the installation of the working bodies of the combine in a horizontal position: а) the direction of movement of the combine, in which its side А is lower down the slope of the field than the side В; б) the direction of movement of the combine, in which its side А is higher on the slope of the field than the side В

В соответствии со схемой, представленной на рисунке 1, имеем следующие выражения для расчета нормальных реакций почвы на нижние R_A и верхние R_B , по отношению к основанию уклона, ведущие колёса самоходного шасси:

$$R_A = \left[(G_{\text{сш}} + G_{\text{ро}}) \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} + (G_{\text{сш}} \cdot h_{\text{сш}} + G_{\text{ро}} \cdot h_{\text{ро}}) \sin \alpha \right] / B, \quad (1)$$

где $G_{\text{сш}}$ и $G_{\text{ро}}$ – соответственно сила тяжести самоходного шасси и рабочих органов, кН; B – база самоходного шасси, м; $h_{\text{сш}}$ и $h_{\text{ро}}$ – соответственно высота расположения центров тяжести самоходного шасси (ЦТ_{сш}) и рабочих органов (ЦТ_{ро}), м; α – угол уклона поверхности рабочего участка поля, град.

$$R_B = \left[(G_{\text{сш}} + G_{\text{ро}}) \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} - (G_{\text{сш}} \cdot h_{\text{сш}} + G_{\text{ро}} \cdot h_{\text{ро}}) \sin \alpha \right] / B. \quad (2)$$

Рассмотрим изменение нормальных реакций почвы на нижние и верхние ведущие колёса самоходного шасси, оборудованного системой горизонтального выравнивания рабочих органов, при движении по поперечному склону поля в прямом и обратном направлениях: 1) сторона A соргоуборочного комбайна находится ниже по склону поля, чем сторона B (рисунок 2а); 2) сторона A соргоуборочного комбайна находится выше по склону поля, чем сторона B (рисунок 2б). При этом система обеспечивает установку в горизонтальное положение следующих рабочих органов соргоуборочного комбайна: гидравлическую навесную систему с размещенными на ней одним или несколькими модулями, каждый из которых включает прямоточную выносную молотильную камеру (ПВМК), нормализатор, промежуточный транспортер и синхронизирующую передачу, и зерновой бункер. Поворот рабочих органов осуществляется на шарнире O (рисунок 1) с помощью гидроцилиндра. Следует также отметить, что при установке соргоуборочного комбайна на горизонтальной поверхности центры тяжести самоходного шасси и рабочих органов расположены на одной вертикальной плоскости.

Рассматривая рисунки 2а и 2б, можно отметить, что в первом случае центр тяжести рабочих органов при их горизонтальном выравнивании сместится в сторону от уклона поля и снизится, а во втором случае – сместится также в сторону от уклона поля, но при этом поднимется. Исходя из этого факта можно отметить, что эффективность использования разработанной системы горизонтального выравнивания рабочих органов будет выше в первом случае. Этот случай более подробно рассмотрим ниже.

При установке рабочих органов соргоуборочного комбайна в горизонтальное положение в случае направления движения комбайна, при котором его сторона A находится ниже по склону поля, чем сторона B , центр тяжести рабочих органов (ЦТ_{ро}) сместится вниз на величину:

$$\Delta h_{\text{ро}} = (h_{\text{ро}} - h_0) - \frac{b}{2} \frac{\sin \gamma}{\sin \beta}, \quad (3)$$

где b – расстояние от вертикальной оси самоходного шасси при его расположении на горизонтальном участке до точки поворота рабочих органов (O), м

и вправо:

$$\Delta b_{\text{ро}} = \frac{b}{2} \left(\frac{\cos \gamma}{\sin \beta} - 1 \right). \quad (4)$$

Тогда, в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2а, имеем следующие выражения для расчета нормальных реакций почвы на нижние R_A и верхние R_B колёса самоходного шасси:

$$R_A = \frac{[G_{сш} \cdot \frac{B}{2} + G_{ро}(\frac{B}{2} - \Delta b_{ро})\cos\alpha + [G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро}(h_{ро} - \Delta h_{ро})]\sin\alpha}{B}, \quad (5)$$

$$R_B = \frac{[G_{сш} \cdot \frac{B}{2} + G_{ро}(\frac{B}{2} + \Delta b_{ро})\cos\alpha - [G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро}(h_{ро} - \Delta h_{ро})]\sin\alpha}{B}. \quad (6)$$

Расчеты нормальных реакций почвы на нижние R_A и верхние R_B колёса самоходного шасси до и после выравнивания рабочих органов соргоуборочного комбайна в горизонтальное положение в зависимости от изменения угла уклона рабочего участка поля представлены на рисунке 3. Расчет выполнялся при следующих исходных данных: $G_{сш} = 20,6$ кН, $G_{ро} = 5,9$ кН, $B = 1,55$ м, $b = 0,9$ м, $h_{сш} = 1,1$ м, $h_{ро} = 1,25$ м, $h_0 = 0,9$ м и углах уклона рабочего участка поля 0^0 , 5^0 , 10^0 , 15^0 и 20^0 .

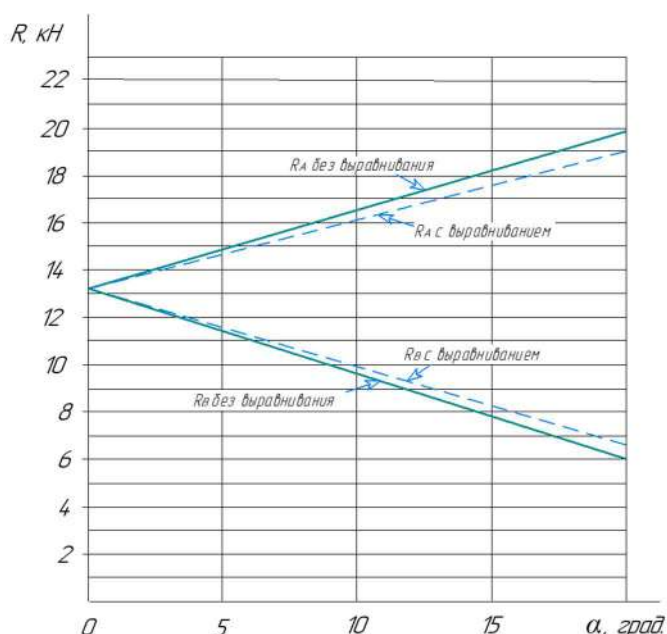


Рисунок 3 – Зависимости нормальных реакций почвы на нижние R_A и верхние R_B колёса самоходного шасси от угла уклона рабочего участка поля

Figure 3 – Dependences of normal soil reactions on the lower R_A and upper R_B wheels of a self-propelled chassis on the slope angle of the working area of the field

Результаты расчета показали, что расчетные значения нормальных реакций почвы на нижние колёса R_A самоходного шасси на рассматриваемых углах уклона рабочего участка поля после установки рабочих органов в горизонтальное положение снижаются, а на верхние колёса R_B растут по сравнению с вариантом без горизонтального выравнивания рабочих органов. Так, например, при $\alpha = 10^0$ выравнивание рабочих органов в горизонтальное положение позволяет снизить R_A с 16,42 кН до 16,18 кН, т.е. на 1,46 % и повысить R_B с 9,68 кН до 9,93 кН, т.е. на 2,58 %, а при $\alpha = 20^0$ — соответственно снизить R_A на 5 % и повысить R_B на 13 %.

Таким образом, установка рабочих органов в горизонтальное положение при работе соргоуборочного комбайна на склонах позволяет несколько повысить его устойчивость.

Повысить устойчивость соргоуборочного комбайна при работе на склонах возможно за счет внедрения новых конструкторских решений, например, установкой на комбайн противовеса с набором сменных грузов с возможностью их перемещения в горизонтальной плоскости (патент РФ № 2726575. Опубликовано 14.07.2020. Бюл. № 20).

Важнейшим показателем использования соргоуборочного комбайна являются потери зерна при обмолоте сельскохозяйственных культур.

Потери зерна при уборке, как известно, подразделяются на прямые и косвенные. В данном случае рассмотрим прямые потери зерна в виде недомолота молотильно-сепарирующим устройством (МСУ), в котором реализован инерционно-очесный способ обмолота [7]. С этой целью рассмотрим движения соргоуборочного комбайна (рисунок 4а) по поперечному склону без горизонтального выравнивания рабочих органов (рисунок 4б) и с установкой рабочих органов комбайна в горизонтальное положение (рисунок 4в).

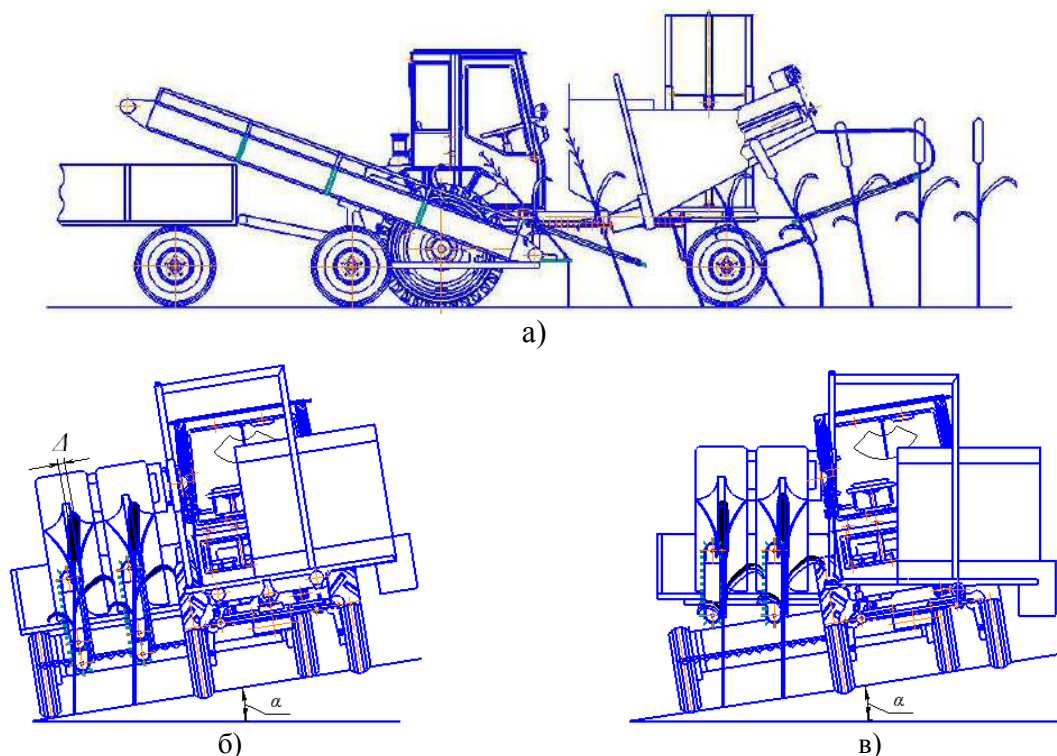


Рисунок 4 – Схема соргоуборочного комбайна: а) вид сбоку, б) вид спереди при движении комбайна по поперечному склону без горизонтального выравнивания рабочих органов, в) вид спереди комбайна при движении по поперечному склону с установкой рабочих органов в горизонтальное положение

Figure 4 – Diagram of a sorghum harvester: a) side view, b) front view when moving the combine on a transverse slope without horizontal alignment of the working bodies, v) front view of the combine when moving on a transverse slope with the installation of the working bodies in a horizontal position

Рассматривая рисунок 4, можно заметить, что полный обмолот метелок, например веничного, зернового или сахарного сорго возможен в случае попадания метелки по всей ее длине в молотильный зазор. При этом метелка должна поступать перпендикулярно продольным осям валцов МСУ. Такое направление подачи метелок на обмолот обеспечивает нормализатор. Однако, как показали экспериментальные исследования, подача метелок в МСУ перпендикулярно продольным осям его валцов достигается при работе соргоуборочного комбайна на полях с уклоном до 5^0 . При уборке метелочных культур на полях с углом уклона поля более 5^0 метелка не полностью попадает в молотильный зазор – ее верхушка отклоняется от молотильного зазора на величину Δ (рисунок 4б). Происходит недомолот метелки, потери зерна растут.

Горизонтальное выравнивание рабочих органов соргоуборочного комбайна при его движении по поперечному склону позволяет нормализатору подавать метелки сельскохозяйственной культуры в молотильный зазор по всей их длине (рисунок 4в). Этим достигается существенное снижение потерь зерна недомолотом.

Так как система горизонтального выравнивания рабочих органов не связана с режущим аппаратом жатки соргоуборочного комбайна, высота стерни по ширине захвата жатки остается постоянной. Таким образом, соблюдается еще одно агротехническое требование на уборку зерновых и метелочных культур.

Выводы. После установки рабочих органов соргоуборочного комбайна в горизонтальное положение на рабочих участках поля при увеличении их уклона от 0^0 до 20^0 нормальные реакции почвы на нижние колёса самоходного шасси снижаются, а на верхние колёса растут по сравнению с вариантом без горизонтального выравнивания рабочих органов. Горизонтальное выравнивание рабочих органов соргоуборочного комбайна при его движении по поперечному склону позволяет нормализатору подавать метелки сельскохозяйственной культуры в молотильный зазор по всей их длине, что позволяет существенно снизить потери зерна недомолотом.

Библиографический список

1. Ворохобин А. В. Повышение устойчивости движения колёсного трактора корректированием вертикальных нагрузок на колёса // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (67). С. 63 – 72.
2. Горшков Ю. Г., Старунова И. Н., Калугин А. А. Автоматическое регулирование давления воздуха в шинах – фактор безопасного движения колёсных машин на склонах // Техника в сельском хозяйстве. 2014. № 1. С. 13–15.
3. Жилейкин М. М., Ягубова Е. В. Обоснование принципов повышения устойчивости и управляемости колесных тракторов при движении на склоне в режиме вспашки // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2014. № 9. С. 67–76.
4. Исследование влияния угла склона на дисбаланс нагружения бортов колёсной машины и изменение направления вектора центра тяжести / Ю. Г. Горшков, И. Н. Старунова, А. А. Калугин [и др.] // Научное обозрение. 2014. № 1. С. 28–32.
5. Котов А. В., Чаус В. П. Совершенствование системы очистки зерноуборочного комбайна при уборке зерновых на склонах // Вестник Гомельского государственного технического университета им. П. О. Сухого. 2010. № 2 (41). С. 3-10.
6. Основные показатели статической устойчивости колёсного трактора на склоне при автоматическом регулировании давления воздуха в шинах / Ю. Г. Горшков, И. Н. Старунова, А. А. Калугин, В. В. Бакунин // Известия Оренбургского государственного аграрного университета 2015. № 2 (52). С. 74–77.
7. Ряднов А. И., Федорова О. А. Теоретическая модель обмолота метелочных культур инерционно-очесным молотильно-сепарирующим устройством // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-1. С. 253.
8. Ряднов А. И., Шарипов Р. В. Совершенствование конструкции соргоуборочного комбайна // Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 10-11.
9. Ситников А. А., Сороченко С. Ф., Дрюк В. А. Сравнительный анализ очисток косогорного зерноуборочного комбайна // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 3. С. 35-38.
10. Сороченко С. Ф. Анализ конструктивно-технологических решений системы очистки косогорного зерноуборочного комбайна // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (186). С. 156-167.
11. Стеновский В. В., Петров А. А., Белоусов Н. В. Повышение курсовой устойчивости колесного трактора при движении по негоризонтальной опорной поверхности // Лесотехнический журнал. 2016. № 1. С. 194–202.

12. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Сохранение и оптимизация агроландшафтов Центрального Черноземья // Известия Российской академии наук. Серия: Географическая. 2017. № 1. С. 103–109.

13. Boettinger S., Fliege L. Working performance of cleaning units of combine harvesters on sloped fields // VDI-MEG Tagung Landtechnik 2010 Braunschweig 27./28.10.2010. VDI Berichte Nr. 2111. Duesseldorf: VDI-Verlag. 2010. P. 63-68.

Информация об авторах

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;

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.

Мурог Игорь Александрович, д.т.н., профессор, и.о. ректора РГУ имени С.А. Есенина, г. Рязань (Россия), член Академии военных наук, член (академик) международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ), академик РИА и МИА, Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации

Курахтенков Андрей Константинович, аспирант кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2796-9316>. E-mail: kurahtenkov2011@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-52

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES OF POTATO PLANTING IN IRRIGATED AGRICULTURE USING A MODERNIZED POTATO PLANTER

A.N. Tseplyaev¹ R.A. Nepokrytiy²

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 27.01.2023

Submitted 18.03.2023

Abstract

Introduction. Potatoes are one of the most popular products in the human diet. Its cultivation is associated with high costs, reaching 8.5...11.3 thousand rubles per 1 ton, however, in view of the importance of this product in human life and its need for use in the national economy, agricultural producers are forced to go to these costs. Therefore, the issue of reducing the costs of potato cultivation by reducing the necessary expensive resources, such as fertilizer, water, planting material, remains very relevant. Such a reduction is possible only with their more effective use. Many authors conducting research in this direction point to a possible increase in efficiency from the use of fertilizers and water. Such an increase is possible with a significant reduction in resources (up to 20%) from saving fertilizer and water, a significant part of which (from 18 to 28%) goes to lower horizons, causing, moreover, salinization of the soil. As for the irrigation water consumption during irrigation, it should be noted that when sprinkling, a considerable part of the water evaporates. Depending on the agro-climatic conditions, in hot years with dry winds, water losses reach (15...18%). Therefore, it is necessary to develop technologies that reduce the consumption of resources (fertilizers, water), as well as reducing anthropogenic impact on the soil. Such technologies include the cultivation of potatoes under irrigation with the use of a moisture sorbent (hydrogel). The stitched copolymer – hydrogel allows you to accumulate excess moisture from the soil during irrigation, and then, as it is consumed by plants and reduced to certain limits, give it to plants. This property of the hydrogel helps to reduce water consumption, more rational use of it, accumulation of fertilizers in the root layer, as well as reducing the negative load on the soil itself. **Object.** The object of the study is the technological process of

potato planting when planting potato tubers and the nesting supply of hydrogel below the bottom of the furrow. **Materials and methods.** Theoretical studies to determine the design and kinematic parameters of a potato planter for synchronizing the tuber feed and the formation of a hydrogel nest. **Results and conclusions.** The dependences found analytically on the synchronization of the nest of the location of the hydrogel and the potato tuber were used to substantiate the design of the potato planter and its kinematic parameters during irrigation by sprinkling.

Key words: *sprinkling irrigation, potato tuber, potato planter, rotor, blade, knife, hydrogel, furrow bottom.*

Citation. Tseplyaev A.N., Nepokrytiy R. A. Energy-saving technologies of potato planting in irrigated agriculture using modernized potato planter. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023.1(69). 472-482 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2023-01-52.

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

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

УДК 635.21:631

ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ КАРТОФЕЛЕСАЖАЛКИ

А. Н. Цепляев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Р.А. Непокрытый², аспирант

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

²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 27.01.2022

Дата принятия к печати 18.03.2023

Актуальность. Картофель – один из наиболее востребованных продуктов в питании человека. Его выращивание связано с большими затратами, достигающими 8,5...11,3 тыс. руб. на 1 тонну, однако ввиду важности этого продукта в жизнедеятельности человека и его необходимости применения в народном хозяйстве, сельхозтоваропроизводители вынуждены идти на указанные затраты. Поэтому весьма актуальным остается вопрос снижения издержек на возделывание картофеля за счет сокращения необходимых дорогостоящих ресурсов, таких как удобрение, вода, посадочный материал. Такое снижение достигается только при их более эффективном использовании. Многие авторы, проводящие исследование в этом направлении, указывают на различные способы повышения КПД от применения удобрений и воды. Такое увеличение возможно при существенном сокращении ресурсов (до 20%) от экономии удобрений и воды, значительная часть которых (от 18 до 28%) переходит в более низкие горизонты, вызывая к тому же засоление почвы. Что же касается расхода поливной воды при орошении, то следует отметить, что при дождевании немалая часть воды испаряется. В зависимости от агроклиматических условий, в жаркие годы с засухами, потери воды достигают 15...18 %. Поэтому необходимо разработать технологии, снижающие расход ресурсов (удобрений, воды), а также уменьшающие антропогенное воздействие на почву. К таким технологиям можно отнести возделывание картофеля на орошении с применением влагосорбента (гидрогеля). Прошитый сополимер – гидрогель – позволяет накапливать избыточную влагу из почвы при орошении, а затем, по мере ее расходования растениями и снижения до некоторых пределов, отдавать растениям. Это свойство гидрогеля способствует снижению расхода воды, более рациональному ее использованию, накоплению удобрений в корнеобитаемом слое, а также уменьшению отрицательной нагрузки на саму почву. **Объект исследования.** Объектом исследования является технологический процесс картофелесажалки при посадке клубней картофеля и гнездовой посадки гидрогеля ниже дна борозды. **Материалы и методы.** Теоретические исследования по определению конструкторских и кинематических параметров картофелесажалки по синхронизации пода-

чи клубня и образование гнезда гидрогеля. **Результаты и выводы.** Найденные аналитическим путем зависимости по синхронизации гнезда расположения гидрогеля и клубня картофеля использованы при обосновании конструкции картофелесажалки и ее кинематических параметров при орошении дождеванием.

Ключевые слова: орошение картофеля дождеванием, клубни картофеля, картофелесажалки, технологии возделывания картофеля.

Цитирование. Цепляев А.Н., Непокрытый Р. А. Энергоресурсосберегающие технологии посадки картофеля в орошаемом земледелии с использованием модернизированной картофелесажалки. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 472-482. DOI:10.32786/2071-9485-2023-01-52.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство сельскохозяйственных культур на орошении предусматривает использование минеральных удобрений. Их количество напрямую связывают с урожайностью, устанавливая при этом практически прямую зависимость аргументов (удобрений, норм поливов) и полученную урожайность [3, 4]. Конечно, указанная функция имеет свои определенные пределы, но в их границах зависимость неоспорима [12, 13]. Однако следует отметить, что вносимые удобрения, как и вода, подаваемая на посевы, не могут полностью усваиваться растениями. При дождевании немалая часть ресурсов перемещается в нижние слои почвы, вызывая засоление, либо испаряется при жаркой сухой погоде. Эти потери колеблются от 27 до 38% [3, 15]. Полученные данные по потерям характерны при выращивании зерновых, овощных культур, картофеля [14]. Для существенного снижения потерь в орошении применяют различные полисорбенты (гидрогели). Результатами опытов было установлено, что локальное внесение гидрогеля при посадке модернизированной картофелесажалкой на 40...50% снижает расход дорогостоящего гидрогеля, при этом экономия воды и удобрений достигает 10% [4, 9]. В производстве подобные машины отсутствуют.

Для внесения гидрогеля в почву вместе с посадкой клубней картофеля разработана секция картофелесажалки, за основу которой была принята сажалка СН-4Б. Секция была модернизирована в соответствии с задачами и целью по использованию гидрогеля, ее схема представлена на рисунке 1.

При работе картофелесажалки СН-4БМ клубни картофеля ложечками вычерпывающего аппарата 2 подаются в корпус сошника 7 с ротором 15. Лопастью ротора клубень подается в бороздку, при этом боковая часть лопасти воздействует на двуплечие рычаги, которые через пьезоэлектрические датчики 14 замыкают электросистему срабатывания механизма подачи гидрогеля. Активный сбрасыватель 11 поворачивается и сухие гранулы сбрасываются в полость ножа 16. Гидрогель укладывается ниже дна борозды под клубни картофеля.

Основная задача работы картофелесажалки сводилась к совмещению лунок посадки картофеля и заделки гидрогеля. Внесение гидрогеля по всей длине ряда не целесообразно, т.к. это ведет к излишнему его расходу и снижению эффекта, а кроме того, способствует активному развитию сорняков в междурядьях. Исходя из этого необходимо провести теоретический анализ по определению условий наиболее точной укладки гидрогеля и размещения клубней картофеля над ним. Для этого рассмотрим подачу клубней картофеля в борозду при его перемещении лопастью ротора картофелесажалки, смонтированного в полом сошнике. Схема этого взаимодействия и силы, действующей на клубень, представлена на рисунке 2.

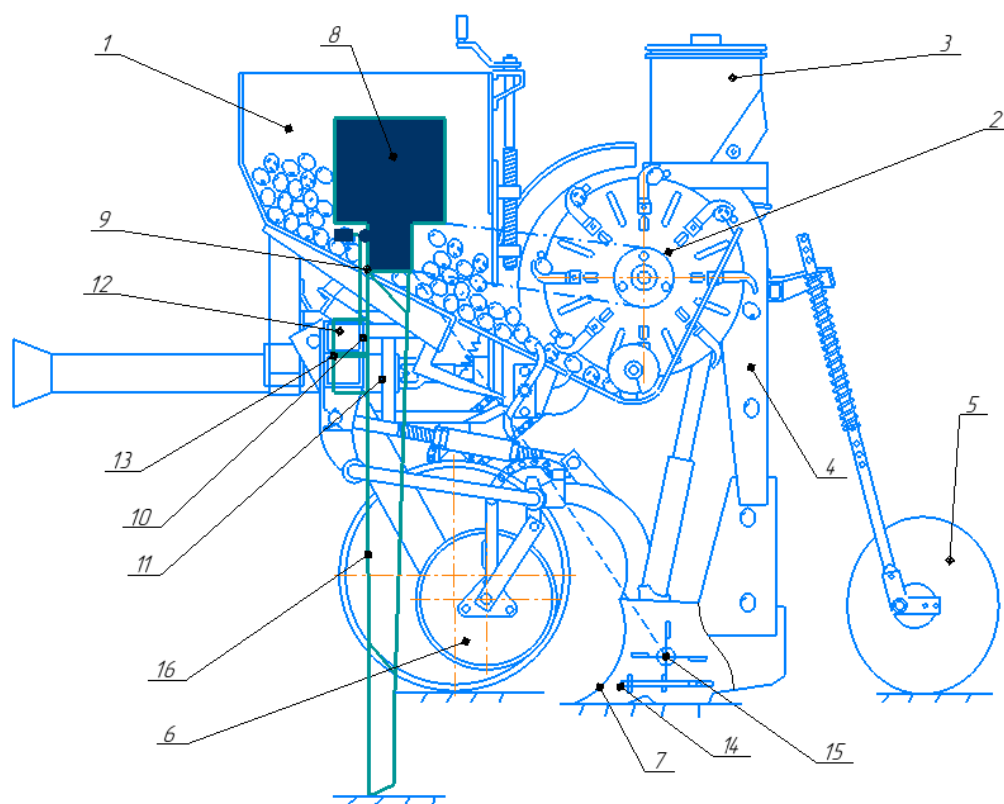


Рисунок 1 – Схема модернизированной картофелесажалки СН-4Б (М):

1-бункер для клубней картофеля; 2-вычерпывающий аппарат; 3-туковывсевающий аппарат; 4-тукопровод; 5-бороздообразующие диски; 6-копирующие колесо; 7-сошник; 8-бункер для гидрогеля; 9-дозировочное устройство; 10-накопительная камера; 11-активный сбрасыватель; 12-втягивающее устройство; 13-реле; 14-пьезоэлектрический датчик; 15-ротор; 16 – нож

Figure 1 – Diagram of the upgraded potato planter CH-4B (M):

1 - hopper for potato tubers; 2 - scooping apparatus; 3 - tukovysevayushchy apparatus; 4 - tukoprovod; 5 - furrowing discs; 6 - copying wheel; 7 - coulter; 8 - hopper for hydrogel; 9 - dosing device; 10 - storage chamber; 11 - active dumper; 12 - retracting device; 13 - relay; 14 - piezoelectric sensor; 15 - rotor; 16 – knife

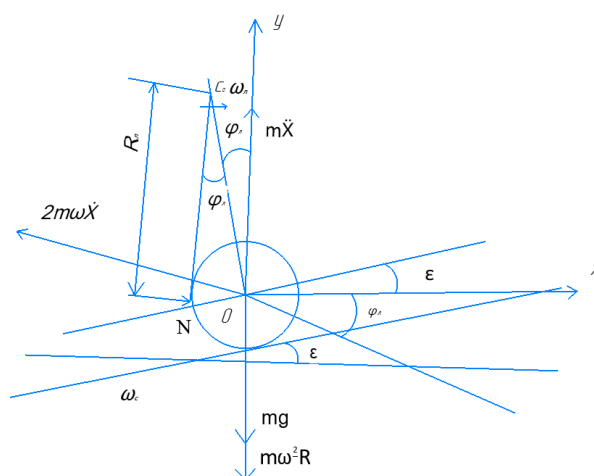


Рисунок 2 - Схема сил, действующих на клубень при его сходе со дна сошника

Figure 2 - Diagram of the forces acting on the tuber when it descends from the bottom of the coulter

К клубню картофеля при его сходе с дна сошника приложены следующие силы: N – нормальная сила, от действия лопасти ротора, Н; F_T – сила трения скольжения движения, Н; $m\ddot{x}$ – тангенциальная составляющая силы инерции, Н; $m\omega^2 R_L$ – центробежная сила инерции, Н; $2m\omega\dot{x}$ – сила Кориолиса, Н; mg – сила тяжести клубней, Н. Кроме этого, на схеме представлены: R – радиус лопасти, вращающегося ротора, м; ε – угол наклона дна сошника; φ_L – угол между плоскостью лопасти и осью, проведенной через центр поворота лопасти и центр клубня. Примем условие, что клубень имеет шарообразную форму, угол ε – между плоскостью дна и поверхностью дна борозды до 5° обеспечивает вход сошника в почву и исключает произвольное скатывание клубня. Для определения положения клубня в борозде, при его сходе, спроектируем все силы в соответствии со схемой (рисунок 2), на оси OX и OY :

$$\left\{ \begin{aligned} \sum x &= 0; -mgh(\varphi_L + \varepsilon) - 2m\omega\dot{x} - m\omega\dot{x} - m\omega^2 R_L \sin(\varphi_L + \varepsilon) + N = 0; \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \sum y &= 0; m\ddot{x} + F_T - mg \cos(\varphi_L + \varepsilon) - m\omega^2 R_L \cos(\varphi_L + \varepsilon) = 0. \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Сила трения $F_T = N * f'$, где f' – коэффициент трения движения за счет воздействия обрезающей лопасти ротора.

Для решения полученной системы уравнений из выражения (1) найдем величину N и ее значение подставим в уравнение (2) с учетом силы трения F_T :

$$N = mg \sin(\varphi_L + \varepsilon) + 2m\omega\dot{x} + m\omega^2 R_L \sin(\varphi_L + \varepsilon);$$

$$m\ddot{x} - mg \cos(\varphi_L + \varepsilon) - m\omega^2 R_L \cos(\varphi_L + \varepsilon) + f' [mg \sin(\varphi_L + \varepsilon) + 2m\omega\dot{x} + m\omega^2 R_L \sin(\varphi_L + \varepsilon)] = 0. \quad (3)$$

Полученное уравнение (3) сократим на общую, присутствующую во всех слагаемых, величину « m »:

$$\ddot{x} - g \cos(\varphi_L + \varepsilon) - \omega^2 R_L \cos(\varphi_L + \varepsilon) + f' [g \sin(\varphi_L + \varepsilon) + 2\omega\dot{x} + \omega^2 R_L \sin(\varphi_L + \varepsilon)] = 0. \quad (4)$$

Перепишем уравнение (4) в следующем виде:

$$\ddot{x} - g \cos(\varphi_L + \varepsilon) - \omega^2 R_L \cos(\varphi_L + \varepsilon) + f' g \sin(\varphi_L + \varepsilon) + 2f' \omega\dot{x} + f' \omega^2 R_L \sin(\varphi_L + \varepsilon) = 0. \quad (5)$$

Представим уравнение (5) в ином виде:

$$\begin{aligned} \ddot{x} + 2f' \omega\dot{x} &= g \cos(\varphi_L + \varepsilon) + \omega^2 R_L \cos(\varphi_L + \varepsilon) - f' g \sin(\varphi_L + \varepsilon) - f' \omega^2 R_L \sin(\varphi_L + \varepsilon); \\ \ddot{x} + 2f' \omega\dot{x} &= (g + \omega^2 R_L) \cos(\varphi_L + \varepsilon) - f' g \sin(\varphi_L + \varepsilon) * (g - \omega^2 R_L). \end{aligned} \quad (6)$$

В результате получено уравнение в дифференциальной форме при сходе клубня с дна сошника.

В формулу (6) введен коэффициент η , он учитывает условия взаимодействия лопасти ротора с клубнем.

Угловая скорость клубня от поворота лопасти ротора может быть определена с учетом трения качения с поправочным коэффициентом равным: $\dot{\eta}_L = \frac{R_L}{r_k} * f'$, где R_L – радиус лопасти; r_k – радиус клубня; f' – коэффициент трения.

Положение клубня на дне борозды может быть определено при нахождении общего интеграла полученного уравнения (6).

Он будет представлен в виде:

$$x = x_1 + x_2. \quad (7)$$

Уравнение (6) без свободного члена запишется:

$$\ddot{x} + 2\dot{\eta} f' \omega\dot{x} = 0 \quad (8)$$

характеристическое уравнение (8) запишется:

$$\begin{aligned}\xi^2 + 2\dot{\eta}f'\omega\xi &= 0 \\ \xi_1 &= 0; \xi_2 = -2\dot{\eta}f'\omega\end{aligned}\quad (9)$$

Следовательно:

$$x_1 = c_1 + c_2 * e^{-2\dot{\eta}f'\omega t}.\quad (10)$$

Далее необходимо взять первую и вторую производные от величины $x_2 = A * t$, а затем подставить их в уравнение (7):

$$2\dot{\eta}f'\omega A = g\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) + \omega^2 R\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - f'g\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - f'\omega^2 R\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)\quad (11)$$

При решении указанного уравнения следует учитывать, что угловые скорости ω и ω_c приведены к вращению клубня картофеля при сбрасывании на дно борозды.

При получении конечного выражения указанные уточнения в соответствии с рассуждениями будут введены в него. Выразим из уравнения (11) значение A:

$$A = \frac{g\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)}{2\dot{\eta}f'\omega} + \frac{\omega R\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)f'}{2\dot{\eta}f'} - \frac{g\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)}{2\dot{\eta}\omega} - \frac{\omega R\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)}{2\dot{\eta}}.\quad (12)$$

$$x_2 = A * t = \frac{g\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)*t}{2\dot{\eta}f'\omega} + \frac{\omega R\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)f'*t}{2\dot{\eta}f'} - \frac{g\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)*t}{2\dot{\eta}\omega} - \frac{\omega R\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)*t}{2\dot{\eta}}.\quad (13)$$

$$x_2 = \frac{\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) * t}{2\dot{\eta}f'} \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right) - \frac{\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) * t}{2\dot{\eta}} \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)$$

$$x_2 = \frac{g*t}{2\dot{\eta}f'\omega} \cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) + \frac{\omega R t}{2\dot{\eta}f'} \cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \frac{g t}{2\dot{\eta}\omega} \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \frac{\omega R t}{2\dot{\eta}} \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon).\quad (14)$$

Полученные в ходе решения задачи величины x_1 и x_2 из уравнений (10 и 14) подставим в уравнение 7:

$$x = C_1 + C_2 * e^{-2\dot{\eta}f'\omega t} + \frac{g*t}{2\dot{\eta}f'\omega} \cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) + \frac{\omega R t}{2\dot{\eta}f'} \cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \frac{g t}{2\dot{\eta}\omega} \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \frac{\omega R t}{2\dot{\eta}} \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon).\quad (15)$$

Производная полученного уравнения 15 будет представлена в виде:

$$\begin{aligned}\dot{x} = \frac{dx}{dt} &= 2\dot{\eta}f'\omega e^{-2\dot{\eta}f'\omega t} C_2 + \frac{g}{2\dot{\eta}f'\omega} \cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) + \frac{\omega R}{2\dot{\eta}f'} \cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \frac{g}{2\dot{\eta}\omega} \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \\ &\frac{\omega R}{2\dot{\eta}} \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon).\end{aligned}\quad (16)$$

Перемещение клубня картофеля по дну сошника будет проходить при начальных условиях, соответствующих значению: $t=0$; $x=x_0$, $\dot{x}=0$, $\varphi_{\text{л}} = 0$; $x_0 = c_1 + c_2$.

Выражение (16) упростим и представим в соответствии с указанными условиями:

$$0 = 2\dot{\eta}\omega c_2 + \frac{g}{2\dot{\eta}f'\omega} \cos\varepsilon + \frac{\omega R}{2\dot{\eta}f'} \cos\varepsilon - \frac{g}{2\dot{\eta}\omega} \sin\varepsilon - \frac{\omega R}{2\dot{\eta}} \sin\varepsilon.$$

Из этого выражения находим c_2 :

$$\begin{aligned}c_2 &= \frac{g}{4\dot{\eta}^2\omega(f')^2} \cos\varepsilon - \frac{R}{4\dot{\eta}^2(f')^2} \cos\varepsilon + \frac{g}{4\dot{\eta}^2\omega^2 f'} + \frac{R}{4\dot{\eta}^2\omega f'} \sin\varepsilon; \\ c_2 &= -\frac{\cos\varepsilon}{4\dot{\eta}^2(f')^2} \left(\frac{g}{\omega^2} + R \right) + \frac{\sin\varepsilon}{4\dot{\eta}^2\omega f'} \left(\frac{g}{\omega} + R \right);\end{aligned}\quad (17)$$

$$X = X_1 + X_2 = c_1 + c_2 * e^{-2\dot{\eta}\omega f' t} + A t.$$

$$C_1 = X_0 + \frac{\cos\varepsilon}{4\dot{\eta}^2(f')^2} \left(\frac{g}{\omega^2} + R \right) - \frac{\sin\varepsilon}{4\dot{\eta}^2\omega f'} \left(\frac{g}{\omega} + R \right).$$

$$X = X_0 + \frac{\cos \varepsilon}{4\dot{\eta}^2(f')^2} \left(\frac{g}{\omega^2} + R \right) - \frac{\sin \varepsilon}{4\dot{\eta}^2 \omega f'} \left(\frac{g}{\omega} + R \right) - \left[\frac{\cos \varepsilon}{4\dot{\eta}^2(f')^2} \left(\frac{g}{\omega^2} + R \right) - \frac{\sin \varepsilon}{4\dot{\eta}^2 \omega f'} \left(\frac{g}{\omega} + R \right) \right] * e^{-2\dot{\eta} \omega f' t} + \frac{\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)t}{2\dot{\eta} f'} \left(\frac{g}{\omega} + R \right) - \frac{\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)t}{2\dot{\eta}} \left(\frac{g}{\omega} + R \right). \quad (18)$$

Относительную скорость движения картофеля по дну сошника от действия лопасти ротора определим, взяв производную уравнения (18) по времени t .

$$\dot{X} = \dot{u} = e^{-2\dot{\eta} \omega f' t} \left[\frac{\cos \varepsilon}{4\dot{\eta}^2(f')^2 \omega^2} \left(\frac{g}{\omega^2} + \omega R \right) - \frac{\sin \varepsilon}{4\dot{\eta}^2 \omega f'} \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right) \right] e^{-2\dot{\eta} \omega f' t} + \frac{\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)}{2\dot{\eta} f'} \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right) - \frac{\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon)}{2\dot{\eta}} \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right). \quad (19)$$

Физическая сущность полученного уравнения (19) заключается в том, что $\dot{X}$ – это относительная скорость картофеля в момент его схода с кромки дна сошника. Величина $R = R_{\text{л}}$, а $\varphi_{\text{л}} = \omega_{\text{л}} t$. Кроме этого, следует учесть, что затылочный угол ε наклона сошника изменяется от 0 до 5°, поэтому его значением для практических расчетов можно пренебречь, приняв 0. Тогда формула (19) примет вид:

$$u = - \left[\frac{\cos \varepsilon \left(\frac{g}{\omega^2} + \omega R \right)}{2\dot{\eta} \omega f'} - \frac{\sin \varepsilon \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)}{2\dot{\eta}} \right] * e^{-2\dot{\eta} \omega f' t} + \frac{\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)}{2\dot{\eta} f'} - \frac{\sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)}{2\dot{\eta}}.$$

Тогда $u_a = u$. В окончательном виде:

$$u_a = - \left[\frac{\cos \varepsilon \left(\frac{g}{\omega^2} + \omega R \right)}{2\dot{\eta} \omega f'} - \frac{\sin \varepsilon \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)}{2\dot{\eta}} \right] * e^{-2\dot{\eta} \omega f' t} + \frac{[\cos(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) - \sin(\varphi_{\text{л}} + \varepsilon) \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)]}{2\dot{\eta}} \left(\frac{1}{f'} - 1 \right);$$

если $\varepsilon = 0$.

$$u_a = - \frac{g}{2\dot{\eta} \omega f'} * e^{-2\dot{\eta} \omega f' t} + \frac{(\cos \varphi_{\text{л}} - \sin \varphi_{\text{л}}) \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)}{2\dot{\eta}} * \left(\frac{1}{f'} - 1 \right). \quad (20)$$

Знак минус указывает на то, что вектор скорости u_a будет направлен в сторону, противоположную движению агрегата.

Полученное выражение (20) соответствует условию работы лопасти сошника картофелесажалки, сообщающей указанную скорость клубню картофеля, при этом машина остановлена. В действительности, носок сошника наклонен вперед, что обеспечивает заглубление сошника и исключает задиры дна борозды, а процесс посадки возможен только при движении машины [1, 11]. Кроме этого, следует учесть тот факт, что посадка клубней картофеля на орошаемых участках выполняется при достаточно высокой влажности, поэтому угол наклона сошника (затылочный угол) увеличивается до 5°, иногда до 7°. Следовательно, высота заднего обреза дна сошника над поверхностью дна борозды увеличивается.

Тогда при сбрасывании клубня ему сообщается не только окружная скорость « u », но и появляется переносная скорость « u_k », за счет его падения с определенной высоты « h_g ».

Формула (20) будет записана в виде:

$$\bar{v}_a = \bar{v} + \bar{v}_g, \quad (21)$$

где u_a – абсолютная скорость клубня, при его контакте с дном борозды, м/с; v_g – скорость падения клубня с обреза дна сошника на дно в бороздку.

Поскольку далее принято, что высота падения клубня равна его размеру, то технологический процесс сводится к перекачиванию картофеля со дна сошника на дно борозды, т.е. ранее принято условие, что скорость движения машины и проекция скорости окружной скорости клубня при сходе с обреза дна сошника равны.

$$v_a = - \left[\frac{\cos \varepsilon \left(\frac{g}{\omega^2} + \omega R \right)}{2 \dot{h} \omega f'} - \frac{\sin \varepsilon \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)}{2 \dot{h}} \right] * e^{-2 \eta \omega f'} + \frac{[\cos(\varphi_n + \varepsilon) - \sin(\varphi_n + \varepsilon) \left(\frac{g}{\omega} + \omega R \right)]}{2 \dot{h}} \left(\frac{1}{f'} - 1 \right);$$
$$v_a = -\frac{\frac{g}{\omega^2} + \omega R}{2\eta\omega f'} * e^{-2\eta\omega f'} + \frac{(\cos\varphi_n - \sin\varphi_n)\left(\frac{g}{\omega} + \omega R\right)}{2\eta}\left(\frac{1}{f'} - 1\right). \quad (22)$$

The diagram shows a mechanical system with a vertical spring (1) and a lever (2). The spring has a stiffness k and a free length a . The lever has a length ℓ_H and a pivot point at a distance ℓ_C from the left end. The lever is inclined at an angle ϵ to the horizontal. A weight G is attached to the lever at a distance ℓ_K from the pivot. The weight is represented by a circle with a radius R_n . The weight is also labeled with a number 4. The lever is supported by a support (3) at a distance ℓ_C from the left end. The support is represented by a circle with a radius R_n . The support is also labeled with a number 3. The lever is also labeled with a number 2. The spring is also labeled with a number 1. The angle ϵ is indicated between the lever and the horizontal. The distance a_H is the vertical distance from the horizontal reference line to the pivot point. The distance h_n is the vertical distance from the horizontal reference line to the center of the weight. The distance ℓ_F is the total length of the lever. The distance ℓ_s is the distance from the left end of the lever to the pivot point. The distance ℓ_c is the distance from the pivot point to the support. The distance ℓ_K is the distance from the support to the weight. The angle ω_n is the angle between the lever and the vertical line passing through the support. The angle ϵ is the angle between the lever and the horizontal line. The angle ω_n is also labeled with a number 3. The angle ϵ is also labeled with a number 4.

1 – нож; 2 – дно сошника; 3 – лопасть ротора; 4 – клубень картофеля;
а – глубина посадки, м;

Figure 3 – Diagram of the design and kinematic parameters of the potato planting and hydrogel application process:

Наибольшую сложность в представленной схеме представляет определение величины ℓ_K , так как на его значение оказывают влияние многие факторы: скорость движения машины, окружная скорость лопасти ротора, высота обреза дна сошника и т.д.

Поэтому, исходя из выполнения процесса посадки клубней картофеля, наиболее приемлемым для определения величины ℓ_k будет условие, когда вектор скорости машины v_m и проекция окружной скорости v_l , направленные в разные стороны, будут равны между собой. В этом случае клубень картофеля падает вниз со скоростью $v_k = \sqrt{2gh_g}$.
Время падения клубня $t_k = \frac{h_g}{\sqrt{2gh_g}}$. За время t_k машина пройдет путь, равный $\ell_k = v_m * t_k$.

Если $h_g = d_{min}$, где d_{min} – минимальный приведенный диаметр посадочного клубня картофеля, то он равен:

$$d_{min} = \sqrt{B_k * \ell_k}, \quad (23)$$

где B_k – ширина клубня, м, ℓ_k – длина клубня в м.

Принятое нами условие $h_g = d_{min}$ гарантирует укладку клубня в бороздку, образованную сошником без удара о дно борозды, что может вызвать отскок клубня и его смещение от точки падения, а учитывая, что скорости $v_m = v_k$ равны между собой, но направлены противоположно, клубень не должен перекашиваться по бороздке, отсюда:

$$t_k = \left(\frac{d}{(2gd)^{\frac{1}{2}}} \right).$$

$$\begin{aligned} \text{Тогда } \ell_k &= v_m * \frac{d}{(2gd)^{1/2}} = v_k * \frac{d}{(2gd)^{1/2}} = - \\ &- e^{-2\dot{\eta}\omega f'} + \frac{(\cos\varphi_l - \sin\varphi_l)\left(\frac{g}{\omega} + \omega R\right)}{2\dot{\eta}} * \left(\frac{1}{f'} - 1\right) * \left(\frac{d}{(2gd)^{\frac{1}{2}}}\right). \end{aligned} \quad (24)$$

Ранее указано, что нож для подачи гидрогеля установлен перед сошником картофелесажалки и параметр ℓ_n – это конструкторский параметр. Минимальное его расстояние от наральника сошника должно исключать пересечение плоскостей деформации почвы от рабочих органов. Это значение, в соответствии с учебниками по с.-х. машинам (Листопад Г.Е., Бердышев В.Е. и др.), должно быть больше или равно:

$$\ell_n = E + D, \quad (25)$$

где E – вылет носка последующего рабочего органа, т.е. сошника картофелесажалки; D – проекция плоскости деформации на горизонтальную ось.

Обозначим $E = R_c$, где R_c – радиус кривизны дуги передней поверхности сошника, м.

$$D = \frac{\alpha}{tg(\varepsilon + \varphi_T)}, \quad (26)$$

где α – глубина посадки клубней, м; ε – затылочный угол сошника, φ_T – угол трения сошника о почву.

$$\ell_n = R_c + \frac{\alpha}{tg(\varepsilon + \varphi_T)}. \quad (27)$$

В сошнике конструкции картофелесажалки предусмотрена 4-х лопастная картофелесажалка, тогда время, необходимое для перемещения клубня по сошнику до его обреза будет равно :

$$t_n = \frac{8\pi r_l}{v_m}, \quad (28)$$

Угловая скорость вращения ротора картофелесажалки будет равна:

$$\omega = \frac{\ell_n - \ell_n * v_m}{r_l t} = \frac{\ell_n * v_m}{8\pi r_l^2}. \quad (29)$$

В конечном виде угловая скорость будет равна:

$$\omega = \frac{v_{м*}[(R_{с}tg(\varepsilon+\varphi_{т})+\alpha)]}{8\pi r_{л}^2 * tg(\varepsilon+\varphi_{т})}. \quad (30)$$

Для практических расчетов угол ε величина незначительная, и тогда, если принять его равным «0», то формула 30 примет вид:

$$\omega = \frac{v_{м*}[(R_{с}tg\varphi_{т}+\alpha)]}{8\pi r_{л}^2 * tg\varphi_{т}}. \quad (31)$$

Поскольку $tg\varphi_{т} = f'_{т}$, – коэффициент трения почвы о поверхность сошника, то:

$$\omega = \frac{v_{м*}[(R_{с}f'_{т}+\alpha)]}{8\pi r_{л}^2 * f'_{т}}. \quad (32)$$

Выводы. Выращивание картофеля при орошении– процесс весьма трудозатратный и достигает от 8,5 до 11,3 тыс. рублей на тонну в зависимости от сорта, применяемых удобрений, агроклиматических условий.

Для снижения затрат предлагается применять полиакриламид (гидрогель), подавая его в почву при посадке, исходя из дозы 200 кг/га локально.

Наибольшая эффективность гидрогеля в качестве сорбирующего элемента для воды и удобрений достигается при его гнездовом внесении под клубень картофеля в количестве 1,7...1,8 г на одно гнездо. Для согласования посадки клубня подачей гидрогеля в гнездо теоретически определены кинематические и конструкторские параметры модернизированной картофелесажалки СН-4БМ: расстояние между ножом и сошником (ф.25); скорость схода картофеля с заднего обреза сошника (ф.20); угловая скорость лопасти ротора сошника (ф.32). Указанные параметры обеспечивают существенное снижение расхода гидрогеля (до 50...60%) при орошении с нормой посадки 49284 шт. на га, по сравнению с его сплошным внесением.

Библиографический список

1. Агафонов О. М., Ревенко В. Ю. Возможности полимерного гидрогеля как накопителя почвенной влаги в зоне неустойчивого увлажнения Краснодарского края // Международный журнал гуманитарных и естественных наук.2017.№ 10.С. 35-38.
2. Ахмедов А. Д., Гушина И. А. Продуктивность использования влаги при дождевании раннего картофеля в условиях волгоградской области // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.2022. № 4 (68). С. 200-205.
3. Влияние водных абсорбентов на урожайность картофеля / Старовойтова О. А., В. В. Воронов, В. И. Старовойтов, Г. С. Воронова // Сборник материалов XIV Международного экологического форума «День Балтийского моря», СПб.: «Человек», 2013. С. 56–58.
4. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н., Гундырин В. Н. Использование гидрогеля и влагообеспеченность культур в зоне неустойчивого увлажнения Ставрополя // Земледелие.2014. № 6. С. 37-38.
5. Данилова Т.Н. Влияние полимерных гелей «Ритин-10» и «В 415-К» на водообеспечение зерновых культур в условиях почвенной засухи// Агрофизика. 2018. № 1. С. 1-9.
6. Дубенок Н.Н.,Чечко Р. А. Потенциал продуктивности раннего картофеля и эффективность его реализации при сплинклерном орошении // Проблемы развития АПК региона. 2016. № 1 (25).С. 28-31.
7. Кружилин И. П. Эффективность возделывания картофеля при орошении в степной зоне // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2015. № 1/2. С. 23-26.
8. Непокрытый Р.А., Цепляев А. Н.Теоретический анализ работы ножа для подачи гидрогеля модернизированной картофелесажалки при внесении гидрогеля на орошаемых участках// Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование.2022.№ 4 (68).С. 580-587.

9. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-2. С. 59-65.
10. Ресурсосберегающая технология возделывания раннего картофеля / М. Е. Дыйканова, А. Г. Левшин, И. Н. Гаспарян, О. Н. Ивашова // Картофель и овощи. 2019. № 2. С. 26-28.
11. Старовойтов В.И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15-18.
12. Технология возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, Ю.П. Бойко, Е.Я. Молчанова, А.А. Манохина. М.: ФГБНУВНИИКХ, 2014. 27 с.
13. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. KrasiaChristoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. 104048.
14. Deficit Irrigation Scheduling and Superabsorbent Polymer- Hydrogel Enhance Seed Yield, Water Productivity and Economics of Indian Mustard Under Semi-Arid Ecologies / S. S. Rathore, K. Shekhawat, A. Class, O. P. Premi, B. S. Rathore, V. K. Singh // Irrigation and Drainage. 2019. № 68 (3). P. 531-541.
15. Kabir M. H., Ahmed K., Furukawa H. A low cost sensor based agriculture monitoring system using polymeric hydrogel // Journal of the Electrochemical Society. 2017. № 164 (5). P. 3107-3112.

Информация об авторах

Цепляев Алексей Николаевич, ведущий научный сотрудник отдела мелиоративных технологий ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: can_volgau@mail.ru.

Непокрытый Роман Александрович, аспирант кафедры «Технические системы в АПК» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный Федеральный округ, Волгоградская область, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-15-10, e-mail: nepokrytiyroman@yandex.ru..

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-53

THE ROLE OF WATER CONSERVATION IN IRRIGATED AGRICULTURE OF THE REPUBLIC OF CRIMEA

I. F. Yurchenko

*All – Russian Research Institute of Hydraulic Engineering and Land Reclamation
named after A. N. Kostyakov, Moscow*

Received 24.11.2022

Submitted 09.02.2023

Summary

The publication considers the current system of water use for irrigated agricultural production and shows the need for its transformation in order to form a sustainable irrigation system. Priority measures are presented for the creation of rational irrigation, which ensures the full water supply of agrophytocenoses, the environmental safety of the system-forming elements of agrolandscapes: soils and water bodies, economic feasibility, etc. solutions, by reducing, up to complete elimination, transport, technological and other losses of irrigation water. The creation of a successful system of rational water use for agricultural production will require a comprehensive and in-depth scientific support for the processes of implementation, water intake, water distribution, and water supply for irrigation.

Abstract

Introduction. According to the data of world and domestic practice, the most important factor in reducing the shortage of water supply of the territory from local sources is the reduction of unproductive waste of water, which in its effect is equivalent to the creation of a new water source. The purpose of the study is to develop priority water saving measures for irrigation in order to form a rational system of water use in the reclamation sector of the Republic of Crimea. **Materials and methods.** The re-

search material was: statistical reporting, research data, publications on methodological approaches and practice of formation, implementation and use of water saving measures in the reclamation sector of the agro-industrial complex of Crimea, as well as the results of the author's own developments. The methodological basis of the work was: analysis, generalization and synthesis of the obtained data; expert and heuristic omissions. **Results and conclusions.** The current system of water use in irrigated agricultural production is considered the need for its transformation in order to form a sustainable irrigation system is shown. Priority measures have been established for the formation of rational irrigation, which ensures the full-fledged water supply of agrophytocenoses, the environmental safety of the system-forming elements of agrolandscapes: soils and water bodies, etc. solutions, by reducing, up to complete elimination, transport, technological and other losses of irrigation water. These include: water-saving agricultural technologies and irrigation technologies; modernization of irrigation equipment; expansion of the species composition of irrigation sources, primarily by involving collector-drainage, waste and waste water in the water circulation; reduced filtration and evaporation; increasing the level of operation of the water supply and drainage network and facilities on it; development of information and digital technologies for management and implementation of technological processes of water use in agricultural production. The development and implementation of measures for rational water use should be carried out regardless of the renewed supply of the Dnieper water. The success of the transformation of the water use system will require a comprehensive and in-depth scientific support for the processes of water intake, water distribution, water supply and water consumption at all levels of water management.

Key words: *water conservation, rational irrigation, agricultural production, irrigation modernization, water availability of regions.*

Citation. Yurchenko I. F. Water saving measures in the farming of the Republic of Crimea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 482-491 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-53.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of the results of this study.

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

УДК 631.6

РОЛЬ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ РЕСПУБЛИКИ КРЫМ

И. Ф. Юрченко, доктор технических наук, главный научный сотрудник

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
имени А. Н. Костякова, Москва*

Дата поступления в редакцию 24.11.2022

Дата принятия к печати 09.02.2023

Актуальность. По данным мировой и отечественной практики, снижение дефицита водообеспеченности территории водой по своему значению равноценно созданию нового водоисточника. Цель исследования – разработка приоритетных мероприятий водосбережения на орошении для формирования рациональной системы водопользования мелиоративного сектора Республики Крым. **Материалы и методы.** Материалом исследований послужили: статистическая отчётность, данные научно-исследовательских работ, публикации о методических подходах и практике формирования, внедрения и использования мероприятий водосбережения в мелиоративном секторе АПК Крыма, а также результаты собственных разработок автора. Методическую основу работы составляли: анализ, обобщение и синтез полученных данных; экспертная и эвристическая оценки. **Результаты и выводы.** Рассмотрена действующая система водопользования орошаемого агропроизводства, показана необходимость её трансформации для формирования системы устойчивого орошения. Установлены приоритетные мероприятия по формированию рационального орошения, обеспечивающего полноценное

водообеспечение агрофитоценозов, экологическую безопасность системообразующих элементов агроландшафтов: почв и водных объектов, экономическую целесообразность и т. п. решения, за счёт сокращения, вплоть до полной ликвидации, транспортных, технологических и прочих потерь поливной воды. К ним относятся: водосберегающие агротехнологии и техника полива; модернизация поливной техники и оборудования; расширение видового состава источников орошения, в первую очередь путём вовлечения в водооборот коллекторно-дренажных, сбросных и сточных вод; снижение фильтрации и испарения; повышение уровня эксплуатации водопроводящей и водоотводящей сети и сооружений на ней; развитие информационных и цифровых технологий управления и реализации технологических процессов водопользования агропроизводства. Развитие и внедрение мероприятий рационального водопользования должны выполняться независимо от возобновляющейся подачи днепровской воды. Успешность преобразований системы водопользования потребует всеобъемлющего и глубокого научного сопровождения процессов водозабора, водораспределения, водоподачи и водопотребления на всех уровнях управления водными ресурсами.

Ключевые слова: водосбережение, рациональное орошение, агропроизводство, модернизация орошения, водообеспеченность регионов.

Цитирование. Юрченко И. Ф. Роль водосбережения в орошаемом земледелии Республики Крым. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 482-491. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-53.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Полуостров Крым является одним из регионов Российской Федерации, для которого дефицит собственных водных ресурсов является сдерживающим фактором развития системы орошаемого земледелия. Сложившаяся в 60-80 гг. прошлого столетия и действующая до 2014 г. включительно система водопользования полуострова базировалась на водоподаче из Северо-Крымского канала.

Прекращение подачи днепровской воды по Северо-Крымскому каналу усилило дефицит водопотребления для хозяйственно-бытовых нужд региона, что, прежде всего, крайне негативно отразилось на состоянии мелиоративного сектора экономики АПК. Для использующихся местных источников воды как поверхностных, так и подземных при их существенной ограниченности характерно ухудшение качества воды, что может потребовать ее специальную водоподготовку при поливах агроценозов.

В условиях растущего населения планеты и дефицита водных ресурсов мировая и отечественная практика убедительно свидетельствуют о необходимости актуализации и повышения масштабности развития рационального водопользования. Последнее формируется на основе комплекса мероприятий по эффективному социально-эколого-экономическому использованию всех имеющихся источников водных ресурсов территории (поверхностных, подземных, морских и пр.). Это позволяет снизить водозабор на нужды сельскохозяйственных предприятий по разным источникам от 10 до 40 %, а в ряде случаев реализовать их бездефицитное водообеспечение [2-4]. Становление рационального водопользования - первоочередная задача регионов с низкой природной водообеспеченностью, к числу которых относится Крымский полуостров.

Снижение водопотребления агропроизводства при сокращении потерь воды на всех этапах водопользования повышает уровень водообеспеченности территории и становится альтернативой созданию новых источников орошения [6]. Вместе с тем рационализация водопотребления способствует улучшению экологической ситуации водных источников за счет сохранения водных ресурсов и улучшения качества воды.

Целью настоящей работы является разработка приоритетных мероприятий водосбережения на орошении для формирования рациональной системы водопользования мелиоративного сектора АПК Республики Крым.

Орошение, способствующее интенсификации агропроизводства, особо эффективно и рационально в комплексе с оптимальными технологическими процессами растениеводства: внесение удобрений, защита растений, агротехника, реализация севооборотов и т. п. мероприятиями, определяющими условия повышения продуктивности используемых земель [7].

На рисунке 1 приведены данные урожайности сельскохозяйственных культур в республике Крым в сравнении их с урожайностью, полученной в действующих хозяйствах в условиях соблюдения технологии возделывания, которые убедительно свидетельствуют о невостребованном потенциале агропроизводства Крымского полуострова [8].

В этой связи принципы организации эффективного орошения на уровне сельхозтоваропроизводителей становятся приоритетными в процессе эффективного становления рационального водопользования Республики Крым.

Материалы и методы. Материалом исследований служили: статистическая отчётность, данные научно-исследовательских работ, публикации о методических подходах и практике формирования, внедрения и использования мероприятий водосбережения в мелиоративном секторе АПК Крыма, а также результаты собственных разработок автора (рисунок 1). Методическую основу работы составляли анализ, обобщение и синтез полученных данных; экспертная и эвристическая оценки.

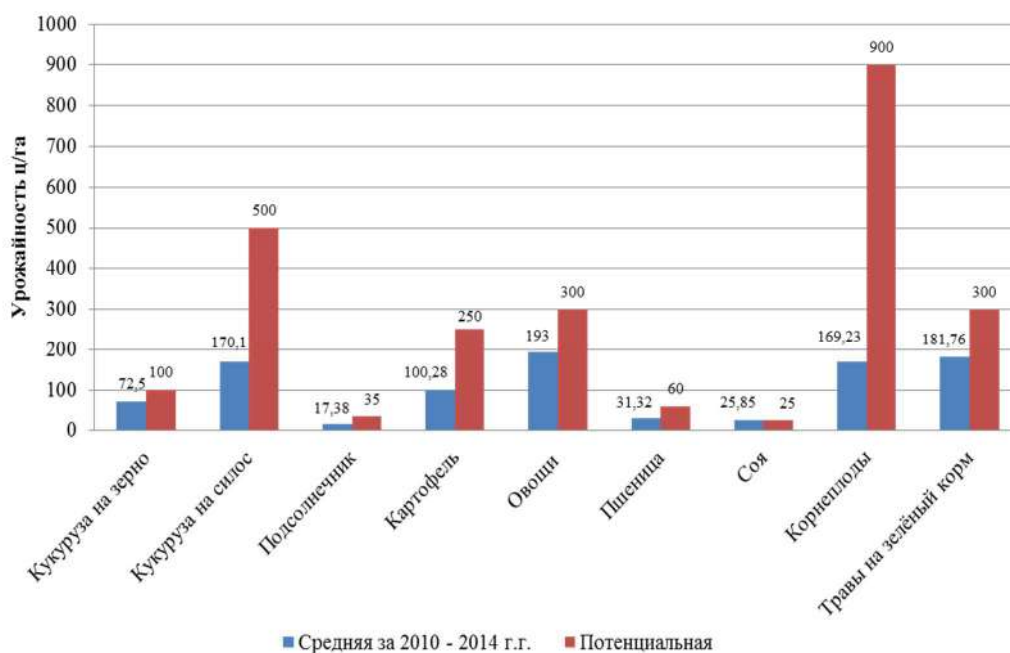


Рисунок 1 – Урожайность сельскохозяйственных культур в период 2010-2014 гг.

Figure 1 – Crop yield in the period 2010-2014

Результаты и выводы. Изучение и анализ практикующихся подходов к водопользованию аграриев Крыма выявил острую необходимость и широкие возможности для их совершенствования. Более чем 50-летнее функционирование бездефицитного орошения отличалось достаточным небрежением к процессам водосбережения. Потери воды только в Северо-Крымском канале превышали 40 % [15].

Отсутствие водоподачи в Крым из Днепра привело к сокращению поливаемых площадей: с 137 тыс. га в 2013 г. до 21-24 тыс. га в 2021-2022 гг.. Возрождение орошаемого земледелия республики в должных размерах, требующихся для удовлетворения потребности населения, туристов и отдыхающих в продуктах питания, а промышленности в сырье, в большинстве случаев связывается с возобновлением поступления в Крым днепровской воды, что, безусловно, оправданно и актуально.

Однако это не снижает необходимости в совершенствовании, развитии и становлении эффективной системы рационального водопотребления в орошаемом земледелии, ориентированном на оптимизацию использования всех источников поливной воды. Опыт регионов, водообеспеченность которых ниже территории Крыма: Израиля, Сингапура и т. п., свидетельствует о возможности ликвидации ее дефицита, достигнутой только за счет трансформации и совершенствования водопотребления, без привлечения дополнительных источников воды из других регионов [10].

В настоящей работе по результатам выполненных исследований предлагается система мероприятий рационального водопользования орошения в Крыму, к приоритетным направлениям которой относятся:

- разработка специализированных, ориентированных на поливы агротехнологий и использование максимально отзывчивых на орошение сельскохозяйственных культур;
- совершенствование и создание новых ресурсосберегающих технологий полива и поливной техники, обеспечивающих снижение непроизводительных трат воды [8, 17];
- сокращение фильтрационных потерь и потерь поливной воды на испарение при транспортировке и аккумуляции в водоемах и водотоках;
- водоподготовка и использование для орошения хозяйственно-бытовых стоков;
- широкое применения систем оборотного и повторно-последовательного орошения;
- повышение уровня учёта водозабора и водоотведения;
- автоматизация процессов управления системным водопользованием и межсистемным водораспределением на орошаемых землях;
- стимулирование внедрения прогрессивных водосберегающих технологий агропроизводства.

В условиях дефицита водных ресурсов совершенствование агротехнологий орошаемого земледелия – необходимое и очень эффективное мероприятие в многофакторной системе водосбережения. Так, отказ аграриев Крыма от выращивания риса позволил сохранить и преумножить производство плодовой и ягодной продукции в сравнении с периодом бездефицитной подачи на полуостров воды Днепра, лишь незначительно сократив орошение зерновых, кормовых и технических культур.

Данная группа мероприятий по водосбережению в случаях ограниченной водоподачи должна быть расширена:

- использованием в севооборотах отзывчивых на орошение высокопродуктивных культур [2];
- внедрением перспективных инновационных технологий, техники, машин и оборудования, обеспечивающих экономию водных ресурсов и электроэнергии, равномерность полива, качественные характеристики дождя и другие факторы повышения урожайности агроценозов [6, 13].

Становление и развитие в сфере отечественного агропроизводства дифференцированного подхода к поливу локальных участков орошаемого массива в зависимости от их потребности, топографии, конфигурации и других отличительных свойств гарантирует успешность водосбережения в орошении.

За счёт приоритетного возделывания дорогих и несезонных овощей в теплицах, широко применяющегося в агропроизводстве регионов с дефицитом водных ресурсов, а также использования других водосберегающих решений появится возможность оптимизировать поливы кормовых, ценных технических культур и зерновых.

К эффективным технологиям, активно используемым в Крыму, относится капельное орошение. Начиная с 2014 г. его доля в общей площади поливаемых земель по факту возросла в 7 раз: с 9,4 до 67,8 % [14]. Этот подход, наряду с использованием других технологий малообъемного орошения и подпочвенного увлажнения, постоянно совершенствуется, получает широкое распространение в современном отечественном агропроизводстве и за рубежом.

Ведущим фактором восполнения дефицита поливной воды для Крыма может стать вовлечение в водооборот коллекторно-дренажных и сточных вод. В Израиле объем использования стоков достигает 90 %, что гарантирует возможность за их счёт пополнять запасы подземных вод [20]. Выполняется тщательная водоподготовка сточных вод, включающая механическую и биологическую очистку, с последующей природной фильтрацией [21]. Такие решения обеспечивают безопасность их использования, снижают антропогенную нагрузку на объекты биосферы, повышают гарантии защиты природных экосистем.

Объёмы сбрасываемых в поверхностные источники вод приведены на рисунке 2, а на рисунке 3 представлена информация об использовании на территории Крыма коллекторно-дренажных и сточных вод, включая орошаемое земледелие.

В настоящее время сброс коллекторно-дренажных вод с орошаемых земель постоянно снижается, что объясняется, в первую очередь, их расположением в зоне действия СКК, в которой в последнее время сельскохозяйственные культуры не поливались. С развитием в регионе орошаемого земледелия проблемы утилизации дренажного стока обостряются.

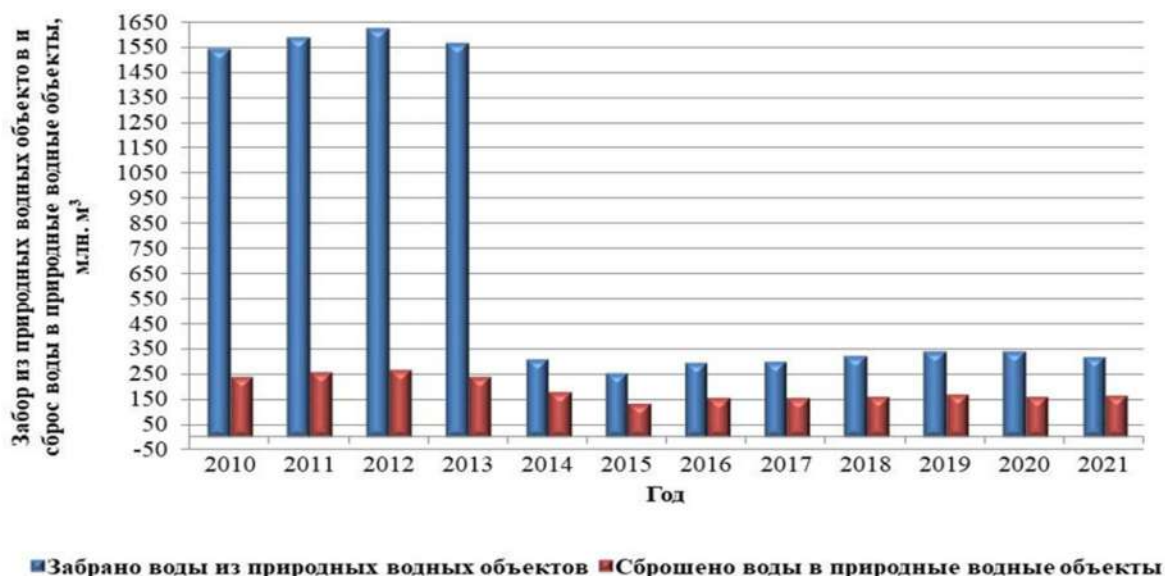


Рисунок 2 – Забор природной воды и сброс в природные водные объекты
 (Сведения об использовании воды. ТП Водхоз за 2010-2021 гг.)

Figure 2 – Natural water intake and discharge into natural water bodies
 (Information on water use. TP Vodkhoz for 2010-2021)

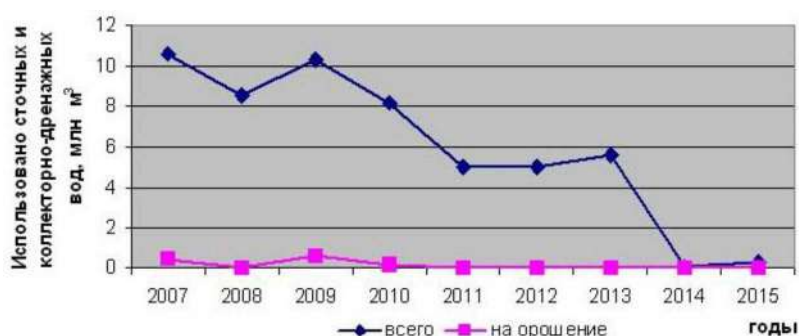


Рисунок 3 – Использование коллекторно-дренажных и сточных вод [1]

Figure 3 – Use of collector-drainage and waste water [1]

Положение усугубляется неудовлетворительным состоянием очистных сооружений, снижающих их работоспособность. На рисунке 4 приводятся сведения о количестве и техническом состоянии очистных сооружений Республики Крым.

Основные водоприемники, принимающие более 60 % общего объема сточной воды, – Черное и Азовское моря (рисунок 5). Неиспользуемые возможности по снижению/ликвидации дефицита водоподачи из водоисточников региона реализуются вовлечением в хозяйственный оборот очищенных сбросных вод.

Согласно требованиям нормативно-методической базы, регулирующей требования к качеству сточных вод (СанПиН 2.1.7.573-96. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. М., 1997), на орошении могут применяться хозяйственно-бытовые, производственные и смешанные сточные воды, соответствующие по химическим, бактериологическим и паразитологическим показателям действующим регламентам.



Рисунок 4 – Количество и техническое состояние очистных сооружений Республики Крым

Figure 4 – The number and technical condition of the treatment facilities of the Republic of Crimea

Без ограничения на использование в орошении могут применяться сточные воды, содержащие тяжёлые металлы и микроэлементы в количествах, не превышающих ПДК, установленных для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Частично сбор и хранение сточных вод может осуществляться в незаполненных прудах, широко распространённых на полуострове [5]. Применение отработанных коммунально-бытовых и промышленных стоков, наряду с повышением водообеспеченности территории, будет способствовать улучшению экологической ситуации региона. Активно используемые в Крыму сливные и выгребные ямы отрицательно влияют на грунтовые воды и почву.

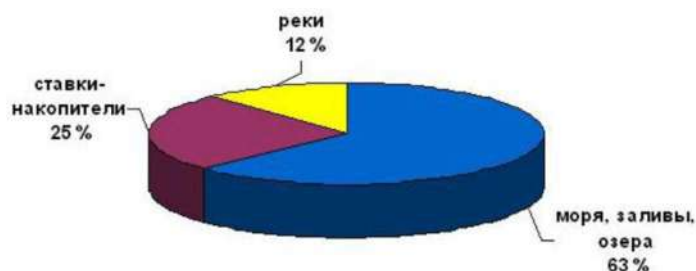


Рисунок 5– Водоприемники сточных вод [9] / Figure 5– Wastewater water intakes [9]

К одному из самых дешёвых, но высокоэффективных способов обеспечения водными ресурсами орошаемых земель относится рециркуляция и повторное использование своих дренажных вод. Сингапур заметно опережает Крым в этой области, удовлетворяя до 30 % текущего спроса страны в воде [10].

Значимой статьёй непродуктивных затрат водных ресурсов являются транспортные потери воды на фильтрацию, утечки, испарение и т. п. Общая протяжённость оросительной сети составляет в республике 10 958 км, из них 1764 км – межхозяйственная сеть. КПД водопроводящей сети ниже норматива, что объясняется её неудовлетворительным состоянием, износом гидротехнических сооружений на сети и насосно-силового оборудования. Итоги инвентаризации внутрихозяйственной сети, эксплуатация которой особенно пострадала в постперестроечный период, однозначно свидетельствуют о необходимости проведения мероприятий по улучшению технического состояния водопроводящей системы и её надёжной эксплуатации для реализации масштабного потенциала водосбережения на орошении Республики Крым. Успешно снизить сбросы воды в межхозяйственных системах водопользования более чем на 10% позволяет автоматизация процедур контроля, управления и реализации технологическими процессами [12, 18, 19]. Практика комбинирования проверенных временем технологий повысит уровень эффективности, производительности и эргономичности получаемых новых решений.

Способом благоприятного решения проблем дефицита водообеспеченности территории становится направление акватроника (аква + электроника) [3, 11]. Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского запустил в 2021 г. программу указанной специализации, включающей знания и опыт сопредельных сфер науки и техники, гарантирующих разработку и реализацию прорывных технологий нового поколения, и производство инновационных систем и оборудования для рационального использования пресной воды.

Одним из факторов, способствующих привлечению инноваций в водный сектор, может стать развивающаяся в настоящее время практика формирования связки «Высшее учебное заведение (вуз) — сельское хозяйство — производство». Задача вуза заключается в разработке и научном сопровождении новых решений. Роль аграриев состоит в предоставлении опытных площадок для проверки и внедрения новаций. Участие производства выражается в финансовой поддержке проекта.

Реализация такого подхода в Израиле не только обеспечила успешное решение проблемы водной безопасности страны; но и позволила государству получать дополнительный доход за счёт экспорта оборудования, лицензий, услуг.

В РК направление получает развитие после вхождения полуострова в состав РФ. Вузы, помимо образовательных функций, приобретают роль научных центров, обеспечивающих устойчивое социально-экономическое развитие региона.

Должного внимания требуют также задачи:

- повышения осведомлённости населения и научной общественности о проблемах водопользования, способствующей снижению дефицита водных ресурсов. К примеру, с 2008 по 2010 г. в Израиле прошла акция по экономии водопотребления, что обеспечило снижение городского потребления воды на 8 % [21].

- расширения частно-государственного сотрудничества в сфере рационального использования водосберегающих технологий, водных ресурсов и водоисточников. При использовании хозяйствующими субъектами сточных вод, очистка которых требует дополнительных вложений, следует практиковать предоставление льгот и субсидий.

Активную разработку и внедрение мероприятий рационального водопользования в сфере мелиоративного водохозяйственного комплекса АПК республики Крым следует выполнять независимо от возобновляющейся подачи днепровской воды.

Выводы. Выполненный анализ современного состояния водообеспеченности и рационального водопользования в орошаемом агропроизводстве выявил необходимость трансформации системы водопользования мелиоративного водохозяйственного комплекса для повышения её эффективности.

Существенный потенциал повышения водообеспеченности сферы мелиорации Крыма заключается в приоритетном развитии практики совершенствования агротехнологий орошаемого земледелия, технологий полива и поливной техники; вовлечения в водооборот коллекторно-дренажных, сбросных и сточных вод; снижения потерь воды на фильтрацию, утечки, испарение; внедрения современных компьютерных технологий автоматизации технологических процессов в системах водопользования агропроизводства и т. п. мероприятий.

Создание успешной системы рационального водопользования агропроизводства потребует всеобъемлющего и глубокого научного сопровождения процессов реализации, водозабора, водораспределения, водоподачи на орошение.

Библиографический список

1. Водообеспечение сельскохозяйственной отрасли Крыма: текущая ситуация и перспективы / В. И. Ляшевский, А. П. Тищенко, Н. Е. Волкова, Н. М. Иванютин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2016. № 4 (64). С. 120-125.).
2. Волкова Н., Захаров Р. Повышение роли водопользователя в системе орошаемого земледелия на примере Республики КРЫМ // Строительство и техногенная безопасность. 2015. № 1 (53). С. 124-133.
3. Демин А. П., Зайцева А. В., Харламов М. А. Водопотребление и водоотведение в муниципальных образованиях Республики Крым и г. Севастополь: современное состояние и проблемы // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 4. С. 397-408.
4. Думнов А. Д., Рыбальский Н. Г., Муравьева Е. В. Водопользование в Крыму: ретроспективные тенденции развития и некоторые оценки на перспективу // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2017. № 3. С. 17-23.
5. Захаров, Р. Ю., Волкова Н. Е. Очищенные сточные воды как альтернативный источник наполнения прудов РК // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2015. № 2 (58). С. 100–106.
6. Захаров Р. Ю., Софроний И. Н. Рекомендации по технической модернизации дождевальных машин BAUERLINE STAR5000 // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. трудов. 2007. № 219-20. С. 126-129.
7. Кирейчева Л. В., Юрченко И. Ф. Роль мелиорации земель в решении проблемы продовольственной безопасности России // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2015. № 2. С. 13-15.
8. Кирейчева Л. В., Рекс Л. М., Юрченко И. Ф. Структура сельскохозяйственных мелиораций в мелиоративном кадастре // Гидротехника и мелиорация. 1987. № 5. С. 6-8.
9. Ляшевский В. И., Вердыш М. В. Мелиоративная характеристика орошаемых земель Крыма // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 3 (31). С. 86–99.
10. Научное обеспечение водной безопасности Крыма: проблемы и решения / В. И. Данилов-Данильян, М. А. Козлова, В. О. Полянин, И. В. Чеснокова // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 4. С. 363-371.

11. Николенко И. В., Копачевский А. М., Каримов Э. А. Анализ наполнения водохранилищ естественного стока для обоснования путей решения проблем обеспечения водной безопасности Республики Крым и города Севастополя // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 4. С. 407-422.
12. Обоснование эффективности планирования технологических процессов водопользования и оперативное управление водораспределением на базе использования метода Монте-Карло / В. И. Ольгаренко, И. Ф. Юрченко, И. В. Ольгаренко [и др.] // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1 (29). С. 49-65.
13. Перспективний ряд і основні параметри поливної техніки для вітчизняного виробництва: рекомендації / Інститут водних проблем і меліорації НААН. Київ, 2012. 36 с.
14. Рациональное водопользование в Республике Крым: значение, ограничения, подходы к достижению / Н. М. Иванютин, В. С. Тарасенко, В. С. Паштецкий, С. В. Подовалова // Водные ресурсы. 2022. Т. 49. № 4. С. 372-381.
15. Сейтумеров Э. Э. Вопросы усовершенствования водохозяйственного комплекса Республики Крым в условиях дефицита водных ресурсов // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2018. № 1(69). С. 99-104.
16. Технологические пооперационные проекты выращивания сельскохозяйственных культур на юге Украины: методические рекомендации. Николаев, 1982. 311 с.
17. Юрченко И. Ф., Носов А. К. Оптимизационная модель формирования вариантов развития мелиораций в составе схемы комплексного использования и охраны водных объектов // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2015. № 2. С. 53-66.
18. Юрченко И. Ф., Трунин В. В. Совершенствование оперативного управления водораспределением на межхозяйственных оросительных системах // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: с научных трудов. 2014. № 53. С. 166-170.
19. Юрченко И. Ф. Компьютерная технология поддержки решения как фактор реформирования системы эксплуатации в мелиорации России // Природообустройство. 2008. № 1. С. 34-40.
20. Using Treated Wastewater in Agriculture. https://www.health.gov.il/English/Topics/EnviroHealth/Reclaimed_Water/kolchim/Pages/agriculture.aspx
21. Water Management in Israel. Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28097/119309-WP-PUBLIC-56p-WcmpeProof.pdf?sequence=1>.

Информация об авторе

Юрченко Ирина Федоровна, главный научный сотрудник отдела «Природоохранных и информационных технологий» Всероссийского научно исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (РФ, 127550 г. Москва, ул. Большая Академическая, дом 44, строение 2), доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2390-1736. Тел. +7 916 328-85-81, e-mail: Irina.507@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-54

RESTORATION OF DRYING CHANNELS OF RECLAIMING SYSTEMS WITH A SEWER CLEANER WITH LONGITUDINAL ALONG THE AXIS OF THE CHANNEL BUCKET MOVEMENT ON RIGID GUIDES

Kh.A. Abdulmazhidov

State Budget Educational Institution of Higher Education «Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev»

Received 18.09.2022

Submitted 15.01.2023

The research was carried out as part of the scientific work on the topic "Formation of optimal complexes of reclamation sewer cleaning machines based on their technical and operational and technical and economic indicators"

Summary

The different condition of the drainage channels does not preclude the use of canal cleaners for cleaning operations that differ in technological characteristics, technical and operational indicators and the quality of cleaning work, however, technical and economic indicators are the decisive criterion for choosing a particular machine.

Abstract

Introduction. This issue becomes especially important when cleaning and repairing canals with a large amount of sediment and silting. From the point of view of productivity, continuous machines are the most optimal, however, the volume and amount of sediment in the channels are distributed extremely unevenly along their length. In this case, the use of high-performance sewer cleaning machines is impractical. When cleaning canals, there may be cases of spot cleaning and repair operations. In this case, single-bucket sewer cleaning machines are most effective. Of greatest interest are channel cleaners with a bucket moving longitudinally along the axis of the channel on rigid guides. **Object.** The object of research is the reclamation channels of the drainage network. As a subject of research, a canal cleaner with a bucket on rigid guides is considered. **Materials and methods.** The studies were carried out on the basis of the data of the "System of Machines for the Integrated Mechanization of Agricultural Production", as well as on the basis of the technical, operational, technical, economic and energy indicators of machines obtained during experimental studies in the laboratory. **Results and conclusions.** A canal cleaner with a bucket on rigid guides meets the requirements for ensuring high-quality cleaning of the channel bottom and maintaining the angle of inclination of the channel bottom. A distinctive feature of this machine is the carrying out of cleaning operations when the bucket moves strictly straight along the axis of the channel, while most sewer cleaning machines work according to the scheme of transverse digging.

Key words: *reclamation canals, canal cleaning, rectangular canal cleaner bucket, trapezoidal bucket, canal cleaner with a bucket on rigid guides, quality of drainage canal cleaning.*

Citation. Abdulmazhidov Kh. A. Restoration of drainage channels of reclamation systems with a canal cleaner with a bucket moving along the axis of the channel on rigid guides. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 491-499 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-54.

Author's contribution. The author of this article directly performed the work on planning, implementation or analysis of this study. The author of this article submitted the final version.

Conflict of interests. The author declares no conflict of interest with anyone.

УДК 631.6

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЕМ С ПРОДОЛЬНЫМ ПО ОСИ КАНАЛА ДВИЖЕНИЕМ КОВША НА ЖЕСТКИХ НАПРАВЛЯЮЩИХ

Х. А. Абдулмажидов, кандидат технических наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

Дата поступления в редакцию 18.09.2022

Дата принятия к печати 15.01.2023

Исследования проведены в рамках выполнения научной работы на тему «Формирование оптимальных комплексов мелиоративных каналоочистительных машин на основе их технико-эксплуатационных и технико-экономических показателей»

Актуальность. Различное состояние осушительных каналов не исключает использования на очистительных работах каналоочистителей, отличающихся по технологическим признакам, технико-эксплуатационным показателям и качеству очистных работ, однако решающим критерием для выбора той или иной машины являются технико-экономические показатели. Особенно важным этот вопрос становится при очистке и ремонте каналов с большим объемом наносов и заилений. С точки зрения производительности наиболее оптимальными являются машины непрерывного действия, однако объемы и количество наносов в каналах распределены по их длине крайне неравномерно. В этом случае использование высокопроизводительных каналоочистительных машин нецелесообразно.

лесообразно. При очистке каналов возможны случаи точечного проведения операций очистки и ремонта. В этом случае наиболее эффективны одноковшовые каналоочистительные машины. Наибольший интерес представляют каналоочистители с ковшом, движущимся продольно по оси канала на жестких направляющих. **Объект.** Объектом исследований являются мелиоративные каналы осушительной сети. В качестве предмета исследований рассматривается каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих. **Материалы и методы.** Исследования проводились на основе данных «Системы машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства», а также на основе технико-эксплуатационных, технико-экономических и энергетических показателей машин, полученных при проведении экспериментальных исследований в лабораторных условиях. **Результаты и выводы.** Каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих отвечает требованиям по обеспечению качественной очистки дна каналов и поддержанию угла наклона дна канала. Отличительной чертой данной машины является проведение очистных работ при движении ковша строго прямолинейно по оси канала, тогда как большинство каналоочистительных машин работают по схеме поперечного копания.

Ключевые слова: мелиоративные каналы, очистка каналов, ковш каналоочистителя прямоугольного профиля, трапецидальный ковш, каналоочистители.

Цитирование. Абдулмажидов Х. А. Восстановление осушительных каналов мелиоративных систем каналоочистителем с продольным по оси канала движением ковша на жестких направляющих. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 491-499. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-54.

Авторский вклад. Автором настоящей статьи непосредственно выполнены работы по планированию, выполнению или анализу данного исследования. Автор настоящей статьи представил окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Нормальная работа мелиоративных осушительных систем зависит от правильного и своевременного проведения технического ухода и ремонта каналов и сооружений на них. Основными ремонтно-эксплуатационными операциями ухода и ремонта являются: скашивание растительности с откосов и берм каналов; очистка дна каналов от наносов, заилений и водоболотной растительности; ремонт сооружений на каналах [8, 11, 13].

В отличие от одноковшовых общестроительных экскаваторов поперечного копания, применяемых наравне со специальными машинами на каналоочистительных работах, каналоочистители с продольным по оси канала движением ковша наиболее перспективны для проведения очистных работ. Возможность движения ковша по оси канала на жестких направляющих позволяет качественно производить очистку и обеспечивает требуемый уклон дна канала. Такой машиной является каналоочиститель РР-303 (русловый ремонтёр с глубиной очистки канала до 3 метров), он предназначен для ежегодного текущего ухода за мелиоративными каналами регулирующей сети. Каналоочиститель может производить очистку дна каналов как с укрепленными, так и с неукрепленными откосами с шириной по дну от 0,4 м и в некоторых случаях – глубиной до 3,5 м. Оборудование каналоочистителя монтируется на гусеничном тракторе третьего тягового класса. Очистка производится позиционно при движении машины по берме параллельно оси канала, боковая навеска рабочего оборудования на гусеничных тракторах не требует иных технологических движений каналоочистителя в целом, и особенно эффективна работа такой машины при очистке протяженных каналов. Для управления рабочим оборудованием используется гидросистема базового трактора с добавлением гидроцилиндров подъема опускания стрелы и хода ковша и распределителей к ним [6, 9].

Каналоочиститель РР-303 имеет рабочий орган типа «струг», выполненный в виде направляющей балки, по которой перемещается ковш. Направляющая балка имеет сварную конструкцию и изготовлена из двух швеллеров №14, снабжена двумя концевыми ре-

гулируемыми по высоте опорами. Монтируется балка на двух телескопических стрелах, которые шарнирно установлены на поперечных брусках, расположенных впереди и сзади базового трактора. Общий вид каналоочистителя представлен на рисунке 1.

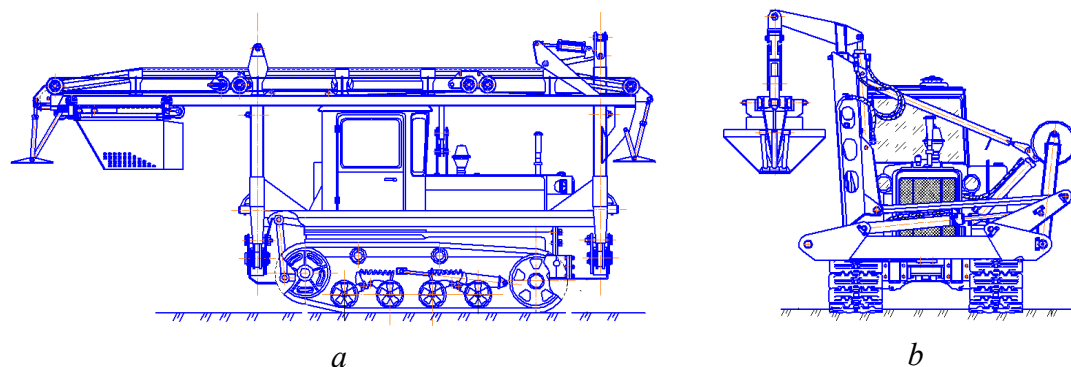


Рисунок 1 – Каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих:
a – вид сбоку с ковшом трапециевидного сечения; *b* – вид спереди

Figure 1 – Canal cleaner with a bucket on rigid guides:
a – side view with trapezoidal bucket; *b* – front view

Работа машины осуществляется при позиционном перемещении трактора по берме параллельно оси канала, при этом величина перемещения равна длине рабочего хода (5...5,5 м). Направляющая балка с ковшом опускается на дно канала с помощью гидроцилиндров механизма подъема. Процесс очистки выполняется при включении ходовых гидроцилиндров путем передвижения ковша вдоль балки по направлению перемещения базовой машины. При движении ковша по направляющим осуществляется разработка грунта, наносов и заилений на дне; из них формируется призма волочения перед режущей кромкой ковша. Установка в конце хода ковша отбойной плиты способствует перемещению призмы волочения в ковш и полному его наполнению.

После набора грунта и заилений производится подъем рабочего органа из русла канала. Далее ковш разгружается и возвращается в исходное положение. Выгрузка ковша осуществляется принудительно с помощью подвижной внутренней стенки. Вытолкнутый из ковша грунт падает на берму канала между гусеницами трактора. На этом рабочий цикл каналоочистителя заканчивается, и машина переезжает на новую позицию, причем одновременно с перебазировкой можно выполнить операцию выгрузки, либо подъема, либо опускания рабочего органа. Такого рода совмещение операций позволяет сократить время цикла, соответственно повышается производительность машины. Также следует отметить, что наличие в канале донной растительности не оказывает влияния на процесс набора грунта. Во время перемещения ковша происходит разрушение корневой системы и удаление растительности.

Присутствие в русле канала посторонних предметов не приводит к поломкам рабочего оборудования, как у фрезерных (роторных) каналоочистителей. Во избежание попадания вынутых наносов обратно на откосы канала (что возможно при очистке глубоких каналов, когда базовый трактор движется по бровке канала), каналоочиститель оборудован специальным грунтоприемным устройством – слипом. Это устройство, смонтированное на стреле каналоочистителя под местом разгрузки ковша и выполненное в виде наклонного корыта из тонкой листовой стали, позволяет перемещать вынутые наносы на расстояние до 1 м от бровки канала.

Материалы и методы. Проведенные исследования включали хозяйственные, ходовые и лабораторно-полевые испытания. Глубина очистки каналов менялась в пределах от 1,2 до 3,8 м при заложениях откосов от 1 : 1 до 1 : 1,5. Глубина заполне-

ния водой колебалась в пределах от 0,05 до 0,6 м. Очистке подвергались даже сухие каналы. Состояние берм каналов можно было признать удовлетворительным, амплитуда колебаний микронеровностей на берме лежала в пределах до 0,2 м, однако встречались участки с амплитудой неровностей до 0,5 м. Грунтовые условия – торфяник с глубиной залегания до 4 м с выходами супесчаного грунта естественного уплотнения [7, 10, 12].

Лабораторно-полевые испытания проводились с целью определения естественно-производственных условий и выявления технической производительности машины.

Одним из важных показателей, определяющих экономику процесса, является производительность. В целом техническую производительность каналоочистительной машины как машины периодического действия можно определить по формуле:

$$P_T = \frac{V_r k_n k_T z_{\text{ц}}}{k_p} = 3600 V_r k_n k_T \frac{1}{k_p t_{\text{ц}}},$$

где V_r – геометрическая вместимость рабочего органа (ковша), м^3 ; k_n – коэффициент наполнения ковша; k_T – коэффициент трудности разработки грунта; k_p – коэффициент разрыхления грунта; $z_{\text{ц}}$ – количество циклов в час; $t_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла, сек.

Продолжительность цикла, в свою очередь, можно определить в зависимости от продолжительности технологических операций цикла:

$$t_{\text{ц}} = t_n + t_{\text{под}} + t_{\text{раз}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{оп}},$$

где $t_n, t_{\text{раз}}$ – продолжительность наполнения и разгрузки ковша, сек; $t_{\text{под}}, t_{\text{оп}}$ – продолжительность подъема и опускания жесткой направляющей с ковшом, сек; $t_{\text{пер}}$ – продолжительность переезда каналоочистителя на новую позицию, сек. При расчете производительности также нужно учитывать коэффициент использования по времени k_v и коэффициент, зависящий от типа и категории грунтов $k_{\text{гр}}$.

Для определения технической производительности на трассе канала размечались участки длиной 100 м, и секундомером измерялось время их прохождения. По количеству кучек, выброшенных на берму наносов, определялось число циклов на контрольном участке, после чего определялась фактическая длина рабочего хода ковша. Средняя фактическая длина рабочего хода ковша составила 4,7-4,9 м для каналов глубиной до 1,2 м и 4,3-4,5 м для каналов глубиной до 3 м.

В результате испытаний уточнена техническая характеристика каналоочистителя РР-303: тип машины – навесная; базовая машина – гусеничный трактор третьего тягового класса; рабочий орган – жесткая балка со сменными ковшами; привод рабочего органа – гидравлический со скоростным полиспастом; длина хода подвижной стенки ковша – 0,8 м; конструктивная длина хода ковша – 5,5 м; диапазон возможных углов наклона направляющей балки к опорной плоскости базового трактора – $\pm 10^\circ$; средняя продолжительность цикла – 45-55 с; продолжительность набора грунта – 12 с.

Геометрические характеристики сменных ковшей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики сменных ковшей каналоочистителя РР-303

Table 1 – Characteristics of replaceable buckets of the RR-303 canal cleaner

Параметры ковшей	Ковш 0,4 м	Ковш 0,6 м	Ковш 0,8
Ширина, м	0,35	0,55	0,75
Высота, м	0,58	0,58	0,58
Длина, м	0,9	0,9	0,9
Полезная емкость с установленной подвижной стенкой	0,162	0,255	0,350

В целях усовершенствования конструкции, а также технологии проведения очистных работ, кроме каналоочистителя РР-303 с двойной телескопической стрелой, существует конструкция жестких направляющих с ковшем, используемых в качестве сменного рабочего оборудования к одноковшовому экскаватору. Такое техническое решение каналоочистителя обеспечивает рабочему оборудованию большую маневренность, упрощается установка рабочего оборудования на дно канала при возможных смещениях базы от русла, а поворот всего оборудования в горизонтальной плоскости гарантирует качественную установку рабочего органа вдоль русла канала. Для управления каналоочистительным оборудованием к одноковшовому экскаватору используется гидросистема базовой машины, что обеспечивает сокращение рабочего цикла.

Сменное каналоочистительное оборудование к одноковшовому экскаватору состоит из рабочего органа и механизма качания рабочего органа. Механизм качания, связывающий рабочий орган с рукоятью экскаватора, представляет собой четырехзвенник и состоит из серьги, шарнирно монтированной на рукояти, тяги и рычага, которые в свою очередь шарнирно соединены с серьгой направляющей балки. На серьге установлен короткоходовый гидроцилиндр, сочлененный с рычагом. В плавающем режиме гидроцилиндр обеспечивает свободное качание направляющей балки. Таким образом, рабочий орган может устанавливаться строго параллельно дну очищаемого канала независимо от продольного дифферента экскаватора, вызванного микро- и макронеровностями поверхности бермы, различиями в величине просадки почвы под гусеницами, попаданием под них посторонних предметов. В режиме подъема – опускания гидроцилиндр позволяет производить продольный наклон рабочего органа. Такая необходимость возникает при очистке чрезмерно заиленных участков канала первым проходом ковша. При этом, уменьшая толщину срезаемой стружки, добиваются равномерного заполнения ковша по всей длине его рабочего хода. Механизм качания также служит для придания необходимого уклона очищаемого канала; для достижения необходимого наклона направляющей балки в момент выгрузки ковша и при транспортных переездах [1, 2, 5].

Работа экскаватора с каналоочистительным оборудованием осуществляется так же позиционно, как и каналоочистителем РР-303 [3, 4], при последовательном перемещении базовой машины по берме параллельно оси канала, при этом величина перемещения соответствует длине рабочего хода. Установка направляющей балки с ковшем в канал производится путем поворота поворотной части машины и опусканием стрелы и рукояти. Выравнивание направляющей в вертикальной плоскости осуществляется гидроцилиндром механизма качания. Набор грунта осуществляется при перемещении ковша по неподвижной направляющей балке посредством ходовых гидроцилиндров и системы полиспастов.

После набора грунта производится подъем рабочего органа и поворотной части машины для разгрузки. Разгрузка осуществляется принудительно при возврате грузевого ковша в исходное положение.

Результаты и обсуждение. Каналоочиститель РР-303 выполняет заданный технологический процесс, очищая дно осушительных каналов глубиной до 3,8 м и шириной по дну до 0,8 м. Зафиксирован широкий диапазон естественных условий, при которых может работать каналоочиститель. Машина надежно очищает каналы с толщиной наносов от 0,05 м до 0,25 м. За период испытаний не наблюдалось случаев технических отказов из-за чрезмерной толщины стружки, несоответствия конструкции машины параметрам канала или неполной разгрузки ковша. Наличие воды в канале, а также вид наносов и грунтовые условия не оказывают существенного влияния на качество очистки. Технологический процесс обеспечивает не только очистку дна от наносов, но и полное удаление донной растительности с разрушением ее корневой системы.

Лабораторные испытания выявили следующие показатели каналоочистителя: продолжительность цикла в зависимости от глубины канала колебалась в пределах 40-55 с, средняя продолжительность цикла составила по хронометражным данным 43-47 с,

продолжительность машины на очистке неукрепленных каналов составила (ковш вместимостью $0,255 \text{ м}^3$) $20\text{--}28 \text{ м}^3/\text{ч}$ или $204\text{--}412 \text{ м}/\text{ч}$.

Управление каналоочистителем РР-303 не вызывает затруднений у тракториста-машиниста. Обзор рабочего органа и полосы движения при физиологически удобной позе оператора – хороший. Технологический процесс протекает без хаотического разбрасывания грунта и случайных предметов. Выгрузка грунта осуществляется на берму канала. Устойчивость канала обеспечивается выносным противовесом. В транспортном положении рабочий орган надежно фиксируется транспортной штангой. Предохранительные устройства тракторной гидросистемы обеспечивают предохранение рабочего органа и стрелы от поломок при встрече с непреодолимыми препятствиями. Рабочий орган каналоочистителя способен освобождать также русло каналов от случайных посторонних предметов, габариты которых превышают загрузочное отверстие ковша. Фактическая длина рабочего хода ковша составила от 4,3 до 4,9 м при конструктивно возможной 5,5 м.

Каналоочиститель РР-303 предназначен для очистки и планировки дна мелиоративных каналов, в том числе и с крепленной донной частью. Для очистки дна с крепленной донной частью применим ковш прямоугольного профиля, однако значительная часть осушительных каналов на территории Российской Федерации выполнены в земляном теле без крепления дна и откосов. Применение ковша прямоугольного профиля в таких условиях приведет к сползанию наносов, сформировавшихся на откосах, в канал, и операции по очистке канала придется повторить. Во избежание таких случаев применим ковш трапецидального профиля (рисунок 2), который может производить очистку не только дна, но и прилежащих ко дну откосов каналов.



Рисунок 2 – Испытание модели рабочего органа каналоочистителя – ковша трапецидального профиля в лабораторных условиях

Figure 2 – Testing the model of the working body of the canal cleaner – a trapezoidal bucket in laboratory conditions

Устойчивой работе каналоочистителя способствует применение гусеничного базового трактора, а также использование противовеса с изменяющимся вылетом. Предварительно проведенные прочностные расчеты в системе Inventor Pro показывают, что запас прочности для стальных конструкций находится в допустимых пределах.

Выводы. На основании проведенных экспериментальных исследований в лабораторных условиях с уменьшенной моделью каналаочистителя РР-303 с кошом на жестких направляющих можно сделать следующие выводы:

1. По проведенным лабораторным исследованиям можно сделать выводы о том, что каналаочиститель РР-303 на базе гусеничного трактора третьего тягового класса соответствует своему назначению и вполне работоспособен при очистке дна и откосов осушительных каналов.

2. Полученные в результате испытаний технико-эксплуатационные и экономические показатели можно считать приемлемыми. Основным преимуществом машины по сравнению с другими типами каналаочистителей является высокое качество выполняемых работ и способность очищать каналы с укрепленным дном.

3. По своим параметрам каналаочиститель способен очищать дно каналов глубиной до 2,5 м при заложении откосов 1 : 1,5, т.е. может быть применен для очистки более 70 % всех осушительных каналов зоны избыточного увлажнения.

4. К достоинствам технологического процесса следует отнести: способность работы в широком диапазоне грунтовых условий – на торфяных и минеральных грунтах, в том числе каменистыми включениями и погребенной древесиной; способность работы при зарастании канала растительностью, а также на каналах как с водой, так и без воды; выгрузка грунта производится на берму канала (на полосу движения базовой машины) без попадания его на откосы канала; навеска каналаочистителя не снижает мобильности базовой машины; осуществляется качественная планировка дна канала независимо от состояния бермы и положения на ней базовой машины; работа может проводиться и в налипающих грунтах, поскольку разгрузка ковша осуществляется принудительно; наличие сменных ковшей позволяет с наибольшей эффективностью очищать каналы с различной шириной по дну.

5. По результатам лабораторных исследований имеются рекомендации: по увеличению скорости движения ковша при наборе грунта и холостом ходе, а также скорости подъема рабочего органа за счет модернизации гидропривода; по ограничению возможного перемещения рабочего органа в горизонтальной плоскости при выгрузке грунта; по улучшению условий выгрузки ковша за счет изменения конструкции крепления ковша к траверсе; по использованию некрепленных каналов выпуск сменных ковшей с трапецидальным профилем.

6. Применение сменного рабочего оборудования с ковшом на жестких направляющих к одноковшовому экскаватору также является работоспособной машиной.

7. В некоторых случаях работа сменного оборудования более эффективна по сравнению с работой каналаочистителя РР-303, это, прежде всего, становится очевидным при установке рабочего оборудования в канал, когда требуется регулировать положение рабочего оборудования в плане.

Библиографический список

1. Абдулмажидов Х. А. Экспериментальные исследования работы модели ковша каналаочистителя // Логистика, транспорт, природообустройство-2014: материалы международной научно-практической конференции. Ереван: Ассоциация "АРМЕНПАК", 2014. С. 89-95.
2. Абдулмажидов Х. А. Обоснование геометрических параметров ковшей каналаочистителя // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2013. № 2(58). С. 30-33.
3. Абдулмажидов Х. А., Мочунова Н. А. Аналитическая модель системы управления скоростью движения ковша каналаочистительной машины // Строительные и дорожные машины. 2014. № 9. С. 13-15.
4. Abdulmashidov Kh. Analysis of the reclamation canal condition and cleaning methods // E3S Web of Conferences. Nalchik, 2021. P. 01001.

5. Buber A. L., Bondarik I. G., Buber A. A. Development of approaches to water resources management in the lower Kuban to ensure water user requirements in low-water years // *Irrigation and drainage John Wiley & Sons*. 2020. No 69.
6. Construction and repair of irrigation canals based on converged technologies / F. Abdrazakov, A. Rukavishnikov, O. Miheeva, C. Churkina, M. Yarmashevich // *IOP Conference Series: materials Science and Engineering*. 2020. No 883 (1). 012209.
7. Development and evaluation of a water flow and solute transport model for furrow fertigation with surge flow / H. Ojaghlo, T. Sohrabi, H. Javani, F. Abbasi // *Irrigation and drainage John Wiley & Sons*, 2020.
8. Dubenok N. N., Gemonov A. V., Lebedev A. V. The influence of drip irrigation on growth of plum seedlings in central non-black soil zone of European Russia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. V. 548 (8). 082014.
9. Intensification of melioration through decreasing maintenance load on irrigation canals / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, A. V. Povarov, Y. E. Trushin // *E3S Web of Conferences*. 2019. No 140. 09009.
10. Machine for carrying works on deep loosening of soil with the simultaneous application of liquid organic fertilizers / N. Martinova, K. Shavazov, N. Telovov, S. Toigambayev, S. Yusupov // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. No 614 (1). 012145.
11. Remote sensing data in land-reclamation systems and reclaimed land management assessment / N. N. Dubenok, Yu. G. Yanko, A. F. Petrushin, R. V. Kalinichenko // *Sovremennye Problemy Distsionnogo Zondirovaniya Zemli iz Kosmosa*. 2019. V. 16 (3). P. 96–104.
12. Singh A. Salinization and drainage problems of agricultural land // *Irrigation and drainage. John Wiley & Sons*, 2020.
13. Water saving eco-friendly technology of rice irrigation / I. P. Kruzhilin, N. N. Dubenok, M. A. Ganiev, K. A. Rodin, S. D. Fomin // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. V. 341(1). 012100.

Информация об авторе

Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович, доцент кафедры «Организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ» ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» (127550, Москва, ул. Тимирязевская, 49), кандидат технических наук, доцент, e-mail: hamzat72@mail.ru, тел.: +79262663345.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-55

MATHEMATICAL MODELING AS A BASIS FOR PROGRAMMING THE HARVEST OF PEANUTS GROWN IN THE STRUCTURE OF GRASS-ROWED CROPPED ROTATIONS OF THE ARID ZONE

A. A. Aytpaeva¹, E. G. Loktionova², M. Yu. Puchkov², S. D. Fomin³, S. I. Voronov⁴

¹*State autonomous educational institution of the Astrakhan region "Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering", Astrakhan*

²*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Astrakhan State University named by V.N. Tatischev", Astrakhan*

³*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

⁴*Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow region*

Received 06.12.2022

Submitted 10.02.2023

Abstract

Relevance. In modern conditions, the role of economic methods in the programmed cultivation of crops is increasing. The Astrakhan region is located in the south of Russia in the arid zone. Two thirds of the arable land in the region is not used. The predominant emphasis on the cultivation of vegetables and potatoes led to the manifestation of numerous problems in the crop production of the Astrakhan region. The accumulation of harmful objects, the decrease in soil fertility, the negative balance of humus endanger

the main means of agricultural production - irrigated and rainfed arable land. In this regard, the role of economic and mathematical methods increases in optimizing the structure of sown areas, expanding the sowing of grain, leguminous and fodder crops in the regional agro-industrial complex. One of them is peanuts, which, due to symbiosis with nodule bacteria, can accumulate atmospheric nitrogen in the soil, thereby having a beneficial effect on soil-forming processes in general. The prospects for growing peanuts in the arid zone are associated with the saturation of grass-rowed crop rotations with this crop in order to optimize the situation with soil fertility. Economic and mathematical modeling of peanut yield in the arid zone will allow you to select the most productive varieties that are most adapted to the arid conditions of the region. **Objects.** The object of the study were varieties of peanuts growing in the arid zone. **Materials and methods:** The study used data from field experiments. We studied the yield of peanut varieties: Otradokubansky (st), Bold, Samarkand, Virginia, at the following seeding rates: 67 thousand pieces/ha, 134 thousand pieces/ha, 214 thousand pieces/ha. An extrapolation method was used, which resulted in the determination of polynomial growth curves (polynomial of the first degree). **Results and conclusions.** The results of the research showed that at a seeding rate of 67 thousand seeds/ha of seeds, the Virginia variety (3.54 t/ha) showed the best yields, with a seeding rate of 134 thousand seeds/ha - Samarkand (7.69 t/ha). ha), at a seeding rate of 214 thousand units/ha - Bold (9.57 t/ha). The use of methods of economic and mathematical modeling made it possible to determine the optimal seeding rate of peanut varieties promising for cultivation in the arid zone.

Key words: programming of crops, negative balance of humus, peanuts, economic and mathematical modeling, grass-row crop rotation

Citation. Айтаева А. А., Локтионова Е. Г., Пучков М. Ю., Фомин С. Д., Воронov С. И. Mathematical Modeling as a Basis for Programming the Harvest of Peanuts Grown in the Structure of Grass-Rowed Crop Rotations in the Arid Zone. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 499-508 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-55.

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

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

УДК 68.35.01

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА ПРОГРАММИРОВАНИЯ УРОЖАЯ АРАХИСА, ВЫРАЩИВАЕМОГО В СТРУКТУРЕ ТРАВЯНОПРОПАШНЫХ СЕВООБОРОТОВ АРИДНОЙ ЗОНЫ

А. А. Айтаева¹, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

У. Г. Локтионова², кандидат химических наук, доцент

М. Ю. Пучков², доктор сельскохозяйственных наук, доцент

С. Д. Фомин³, доктор технических наук, профессор

С. И. Воронov⁴, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

¹ ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»,
г. Астрахань

² ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева», Астрахань
³ Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград

⁴ Федеральное государственное бюджетное учреждение "Федеральный исследовательский
центр "Немчиновка", Московская область

Дата поступления в редакцию 06.12.2022

Дата принятия к печати 10.02.2023

Актуальность. В современных условиях возрастает роль экономических методов при программном возделывании сельскохозяйственных культур. Астраханская область располагается на юге России в аридной зоне. Две трети пахотных земель в регионе не используются. Преимущественный упор на выращивание овощей и картофеля обусловил проявление многочисленных проблем в растениеводстве Астраханской области. Накопление вредных объек-

тов, снижение почвенного плодородия, отрицательный баланс гумуса ставит под удар основное средство сельскохозяйственного производства – орошаемую и богарную пашню. В связи с этим возрастает роль экономико-математических методов при оптимизации структуры посевных площадей, расширении посевов зерновых, зернобобовых и кормовых культур в региональном АПК. Одна из них - это арахис, способный за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями накапливать в почве атмосферный азот, тем самым оказывая благоприятное воздействие на почвообразовательные процессы в целом. Перспективы выращивания арахиса в аридной зоне связаны с насыщением этой культурой травянопропашных севооборотов в целях оптимизации ситуации с почвенным плодородием. Экономико-математическое моделирование урожайности арахиса в аридной зоне позволит подобрать наиболее продуктивные сорта, в максимальной степени адаптированные к засушливым условиям региона. **Объекты.** Объектом исследования явились сорта арахиса, произрастающего в аридной зоне. **Материалы и методы:** В исследовании использовались данные полевых опытов. Изучали урожайность сортов арахиса: Отрадокубанский (st), Болд, Самарканд, Вирджиния, при следующих нормах высева: 67 тыс. шт./га, 134 тыс. шт./га, 214 тыс. шт./га. Применялся метод экстраполяции, результатом которого явилось определение полиномиальных кривых роста (полинома первой степени). **Результаты и выводы.** Результаты исследований показали, что при норме высева 67 тыс. шт./га семян наилучшие показатели по урожайности показал сорт Вирджиния (3,54 т/га), при норме высева 134 тыс. шт./га - Самарканд (7,69 т/га), при норме высева 214 тыс. шт./га – Болд (9,57 т/га). Применение методов экономико-математического моделирования позволило определить оптимальную норму высева перспективных для возделывания в аридной зоне сортов арахиса.

Ключевые слова: программирование урожаев, отрицательный баланс гумуса, арахис, экономико-математическое моделирование, травянопропашной севооборот

Цитирование. Айтпаева А. А., Локтионова Е. Г., Пучков М. Ю., Фомин С. Д., Воронов С. И. Математическое моделирование как основа программирования урожая арахиса, выращиваемого в структуре травянопропашных севооборотов аридной зоны *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 499-508. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-55.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В современных условиях в Астраханской области ситуация с использованием пахотных земель продолжает оставаться напряженной. Значительные массивы пашни брошены и не используются уже несколько десятилетий. Особую тревогу, как отмечает И. Г. Ушачев, вызывает наблюдающийся отрицательный баланс гумуса. Потеря плодородия основного ресурса сельскохозяйственного производства – орошаемой и богарной пашни – может привести к ухудшению параметров продовольственной безопасности на региональном уровне. В современных условиях Астраханская область обеспечивает продовольственную независимость за счет регионального производства только по овощным, бахчевым культурам, картофелю, яйцу пищевому и баранине. Диспропорции в развитии растениеводческих отраслей, нарушение системы научно обоснованных севооборотов, игнорирование принципов зонального районирования сельскохозяйственных культур по зонам Астраханской области усугубляют ситуацию с производством сельскохозяйственной продукции в регионе и продовольственной самообеспеченностью в целом. Вышеперечисленные обстоятельства вызывают необходимость поиска путей преодоления негативных тенденций, одним из которых может стать расширение посевных площадей перспективных культур, значительно улучшающих почвенное плодородие. В этом плане особый интерес представляют зернобобовые

культуры и многолетние бобовые травы, такие как арахис, люцерна и другие, способные за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями фиксировать атмосферный азот и накапливать его в почве, тем самым стабилизируя ситуацию с балансом гумуса и значительно улучшая почвообразовательные процессы на пахотных массивах.

Б.А. Курбонова отмечает, что арахис как пропашная культура способствует очищению полей от сорняков, а как зернобобовая культура, при обработке семян нитрагином повышает плодородие почвы за счет усвоения биологического азота воздуха [3].

Вместе с тем арахис для Астраханской области является новой перспективной культурой. Для расширения его посевов и получения стабильных валовых сборов необходимо планировать мероприятия по программированию урожая, которые позволят перспективным сортам реализовать свой генетический потенциал продуктивности в любой по погодным условиям год и значительно улучшить состояние пахотных земель в регионе.

Основоположниками программирования урожая как научного направления явились российские ученые [1]. Программирование урожая – это комплекс взаимосвязанных агроклиматических и мелиоративных мероприятий, своевременное и высококачественное выполнение которых обеспечивает получение заранее рассчитанного урожая при одновременном повышении почвенного плодородия и улучшении экологической обстановки [4]. В настоящее время ученые активно работают над вопросом программирования урожая основных сельскохозяйственных культур [1, 4, 6, 11].

При программировании урожаев также особое внимание уделяют организации рационального землепользования и его экономическому обоснованию [2, 8].

Основоположниками классических направлений применения экономико-математических методов в сфере планирования и управления земельными ресурсами на уровне сельскохозяйственных предприятий стали Р. Г. Кравченко, И. Г. Попов, которые ставили перед собой задачи оптимизации размещения посевных площадей. Сущность данных задач сводилась к выделению территориальных единиц и оптимизации структуры посевных площадей, исходными данными которых являлись значения урожайности различных сельскохозяйственных культур и количество вносимых удобрений по каждой территориальной единице.

В настоящее время применяются новые методики программирования урожая [10, 12, 14]. Необходимо отметить, что в современных условиях экономико-математическое моделирование как основа программирования урожаев сводится к оптимизации структуры посевных площадей с учетом принципов зонального районирования сельскохозяйственных культур и с обязательным выполнением двух основополагающих условий, описанных в трудах В. С. Шевелухи: соответствие генотипа и среды, сорта и технологии. Внедрение научно обоснованных многопольных севооборотов, планирование посевных площадей, внедрение цифровых инструментов с целью мониторинга состояния пашни позволят значительно улучшить плодородие пахотных массивов и преодолеть последствия отрицательного баланса гумуса [9, 13].

Материалы и методы. Цель исследований сводилась к разработке экономико-математической модели программирования урожая арахиса в аридной зоне в контексте глобальных экологических вызовов и преодоления отрицательного баланса гумуса. Постановка цели обусловила решение следующих задач:

1. Выявить взаимосвязь процентного содержания гумуса в почве и расширения посевов бобовых культур, в том числе и арахиса.
2. Определить основные направления программирования урожая арахиса в регионе.
3. Разработать экономико-математическую модель программирования урожая арахиса.

Исследование отличалось системным подходом, направленным на комплексное изучение поставленных задач. В исследованиях нашли широкое применение фундаментальные положения теории систем и экономико-математического моделирования, которые позволили определить тренды развития производства арахиса в Астраханской области.

Полевые исследования проводились в 2011-2020 годы на полях ИП ГК(Ф)Х «Андросов П. А.», расположенных в Лиманском районе Астраханской области. Территория закладки опытов была представлена светло-бурыми полупустынными почвами. По гранулометрическому составу почвы преимущественно легкосуглинистые. Содержание гумуса в пахотном слое 0-0,2 м – менее 1 %. Рельеф опытного участка выровненный. Арахис выращивался в структуре травянопропашного севооборота, где первое - четвертое поля были заняты люцерной, 5 и 6 поля - картофелем, 7 поле - арахисом, 8 поле – кукурузой на силос, 9 и 10 поля -картофелем.

В настоящее время за крестьянским (фермерским) хозяйством закреплено 1000 га земли сельскохозяйственного назначения, из которой 790 га орошаемой пашни и 11,4 га многолетних насаждений, занятых под косточковыми культурами (персиком и черешней). Анализ состава и структуры сельхозугодий в ИП ГК(Ф)Х «Андросов П. А.» показал ежегодное увеличение площадей орошаемой пашни. Напротив, площади под многолетними насаждениями (персиком и черешней) остались неизменными и составили в 2020 году 11,4 га.

В соответствии с программой исследований полевые опыты закладывались по методике полевого опыта Доспехова Б. А.

Технология обработки почвы – общепринятая для зоны проведения исследований. Перед основной обработкой почвы вносились минеральные удобрения в дозах $N_{150}P_{150}K_{120}$. Во время вегетации в качестве подкормок было внесено $N_{30}P_{20}K_{20}$. Способ полива – дождевание. Оросительная норма – $3000 \text{ м}^3/\text{га}$. Повторность в вариантах трёхкратная.

Площадь опытных посевов – 360 м^2 . Площадь учётной делянки – 30 м^2 . Густота стояния растений: 67 тыс. шт./га; 134 тыс. шт./га и 214 тыс. шт./га. В эксперименте применяли рендомизированное размещение вариантов.

Статистический анализ экспериментальных данных проводили с использованием двухстороннего (двухфакторного) дисперсионного анализа (“ANOVA”) с последующим тестом LSD с $\alpha = 0,05$, с использованием программы “COSTAT v. 6.4”.

Изучались сорта арахиса российской (сорт Отрадокубанский) и иностранной селекции (Вирджиния, Болд, Самарканд). Схема опыта приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема технологического опыта

Table 1 – Scheme of technological experience

Сорт (фактор А)	Нормы высева (фактор В)
Отрадокубанский, st	67 тыс. шт. семян на 1 га
	134 тыс. шт. семян на 1 га
	214 тыс. шт. семян на 1 га
Вирджиния	67 тыс. шт. семян на 1 га
	134 тыс. шт. семян на 1 га
	214 тыс. шт. семян на 1 га
Болд	67 тыс. шт. семян на 1 га
	134 тыс. шт. семян на 1 га
	214 тыс. шт. семян на 1 га
Самарканд	67 тыс. шт. семян на 1 га
	134 тыс. шт. семян на 1 га
	214 тыс. шт. семян на 1 га

Source: Compiled by the authors

Анализ проводился с помощью создания трендовых моделей экономической динамики с последующим прогнозированием урожайности арахиса на различных вариантах опыта. Прогнозирование на основе временного ряда экономических показателей относится к одномерным методам прогнозирования, основанным на продлении на будущее тенденции, наблюдавшейся в прошлом. В исследованиях применялся метод экстраполяции, результатом которого явилось определение полиномиальных кривых роста (полинома первой степени).

Описание изучаемых сортов.

Сорт арахиса Отрадокубанский. Включен в Госреестр по Российской Федерации. Среднеспелый. Растение прямостоячее, со средним ветвлением. Лист зеленый, большой. Цветение чередующегося типа. Боб коконообразный, со средним сужением, средне ячеистой поверхностью и заметным выступанием прямого клювика. Семя большое, розовое, цилиндрической формы. Период покоя семян – короткий. Урожайность семян – 1,4 т/га. Масса 1000 семян – 877 г. Содержание белка в семенах – 22,5 %, жира – 54,3 % (по данным оригинатора сорта). Слабо повреждается провололочником.

Сорт арахиса Вирджиния. Растения отборного земляного ореха Вирджиния могут расти как связками, так и побегами. Вертикальные стебли достигают около полуметра в высоту и около 0,7-0,8 м в диаметре, а бобы формируются на расстоянии 5-10 см от поверхности земли. Арахис сорта Вирджиния преимущественно используется в кондитерской промышленности.

Сорт арахиса Самарканд. Относится к сорто типу Вирджиния. Имеет хорошо развитые вертикальные побеги (8-10 шт.), достигающие в высоту до 0,7-0,8 м.

Сорт арахиса Болд. Относится к сорто типу Валенсия. Имеет хорошо развитые стелющиеся побеги, достигающие в длину до 0,7-0,8 м. Побеги ветвящиеся.

Результаты и обсуждение. В настоящее время развитием растениеводческих отраслей в Астраханской области занимаются в основном крестьянско-фермерские хозяйства. Большинство из них в погоне за прибылью продолжает делать упор на выращивание высокорентабельных культур, таких как ранний картофель, овощи и бахчевые. Бобовые культуры, как менее рентабельные, не пользуются популярностью среди сельхозтоваропроизводителей. Площади под ними ежегодно сокращаются. Вместе с тем упор преимущественно на картофель и овощные культуры негативным образом отражается на развитии растениеводческих отраслей в регионе. Разрушение системы научно обоснованных севооборотов, значительное сокращение площади зерновых, зернобобовых и кормовых культур в них, несоблюдение принципов зонального районирования сельскохозяйственных культур по районам Астраханской области привело к проявлениям отрицательного баланса гумуса на пахотных землях региона. Отрицательный баланс гумуса и потенциальная угроза потери пашни как основного ресурса сельскохозяйственного производства выдвигают новые требования для растениеводства Астраханской области.

Поэтому арахис как ценная зернобобовая культура для условий региона является одной из перспективных культур как для применения в севообороте, так и в качестве основной культуры в связи со способностью его корневой системы фиксировать атмосферный азот и накапливать его в почве.

Проведенные исследования позволили среди четырех изучаемых образцов выделить по вариантам опыта в зависимости от нормы высева наиболее урожайные и в большей степени адаптированные к засушливым условиям Астраханской области сорта арахиса (таблица 2).

На варианте опыта с нормой высева 67 тыс. шт. семян на 1 га наилучшие показатели по урожайности показал сорт Вирджиния, на варианте опыта с нормой высева 134 тыс. шт. семян на 1 га – сорт Самарканд, а на варианте опыта с нормой высева 214 тыс. шт. семян на 1 га – сорт Болд.

Таблица 2 – Урожайность сортов арахиса (2011-2021 гг.).

Table 2 – Yields of peanut varieties (2011-2021).

Сорт арахиса	Урожайность, т/га		
	67 тыс. шт./га	134 тыс. шт./га	214 тыс. шт./га
Отрадокубанский, st	2,80±0,11	3,20±0,02	3,10±0,07
Вирджиния	3,54±0,12	6,10±0,09	9,10±0,02
Болд	3,49±0,01	5,30±0,05	9,57±0,01
Самарканд	3,20±0,02	7,69±0,14	3,10±0,05

Source: Compiled by the authors

Вышеперечисленные варианты опыта, показывающие максимально возможные уровни урожайности, были выбраны в качестве объектов экономико-математического моделирования.

Экономико-математические трендовые модели на основе полиномиальных кривых роста представлены в табл. 3-6. В исследованиях рассматривался 10-летний период с 2011 по 2020 гг.

Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии при детальном изучении сорта арахиса Вирджиния с нормой высева семян 67 тыс. шт./га показал, что средняя урожайность за 10 лет составила всего 3,54 т/га. Максимальная урожайность зафиксирована в 2019 году и достигла 3,9 т/га, минимальная урожайность оказалась на уровне 3,2 т/га (2013 г.). Оценка параметров регрессии: $a_1=3,8/82,5=0,046$; $a_0=3,54-0,046 \times 5=3,29$ (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии (норма высева арахиса 67 тыс. шт./га, сорт Вирджиния)

Table 3 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters (seeding rate of peanuts 67 thousand units/ha, Virginia variety)

Год, t	Yt (урожайность арахиса при норме высева 67 тыс. шт. семян /га), т/га	t-tcp	(t-tcp) x (t-tcp)	Yt -Ytcp	(t-tcp)x (Yt -Ytcp)
1	3,5	-4,5	20,25	-0,04	0,18
2	3,7	-3,5	12,25	0,16	-0,56
3	3,2	-2,5	6,25	-0,34	0,85
4	3,3	-1,5	2,25	-0,24	0,36
5	3,4	-0,5	0,25	-0,14	0,07
6	3,3	0,5	0,25	-0,24	-0,12
7	3,5	1,5	2,25	-0,04	-0,06
8	3,8	2,5	6,25	0,26	0,65
9	3,9	3,5	12,25	0,36	1,26
10	3,8	4,5	20,25	0,26	1,17
Сумма	35,4		82,5		3,8
Среднее	3,54				

Source: Compiled by the authors

Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии при детальном изучении сорта арахиса Самарканд с нормой высева семян 134 тыс. шт./га показал, что средняя урожайность за 10 лет составила 7,69 т/га. Максимальная урожайность зафиксирована в 2012 и в 2018 гг. и достигла 7,9 т/га, минимальная урожайность оказалась на уровне 7,5 т/га (2013 и 2017 гг.). Оценка параметров регрессии: $a_1=0,45/82,5=0,005$; $a_0=7,69-0,005 \times 5=7,66$ (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(норма высева арахиса 134 тыс. шт./га, сорт Самарканд)

Table 4 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters
(sowing rate of peanuts 134 thousand units/ha, variety Samarkand)

Год, t	Yt (урожайность арахиса при норме высева 134 тыс. шт. семян /га), т/га	t-tcp	(t-tcp) x(t-tcp)	Yt -Ytcp	(t-tcp)x (Yt -Ytcp)
1	7,7	-4,5	20,25	0,01	-0,045
2	7,9	-3,5	12,25	0,21	-0,735
3	7,5	-2,5	6,25	-0,19	0,475
4	7,6	-1,5	2,25	-0,09	0,135
5	7,7	-0,5	0,25	0,01	-0,005
6	7,6	0,5	0,25	-0,09	-0,045
7	7,5	1,5	2,25	-0,19	-0,285
8	7,9	2,5	6,25	0,21	0,525
9	7,8	3,5	12,25	0,11	0,385
10	7,7	4,5	20,25	0,01	0,045
Сумма	76,9		82,5		0,45
Среднее	7,69				

Source: Compiled by the authors

Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии при детальном изучении сорта арахиса Болд с нормой высева семян 214 тыс. шт./га показал, что средняя урожайность за 10 лет составила 9,57 т/га. Максимальная урожайность зафиксирована в 2019 г. и достигла 9,9 т/га, минимальная урожайность оказалась на уровне 9,3 т/га (2011 г.). Оценка параметров регрессии: $a_1=4,35/82,5=0,05$; $a_0=9,57-0,05 \times 5,5=9,29$ (таблица 5).

Таблица 5 – Расчет промежуточных показателей для оценки параметров регрессии
(норма высева арахиса 214 тыс. шт./га, сорт Болд)

Table 5 – Calculation of intermediate indicators for estimating regression parameters
(seeding rate of peanuts 214 thousand units/ha, variety Bold)

Год	Yt (урожайность арахиса при норме высева 214 тыс. шт. семян/га), т/га	t-tcp	(t-tcp) x(t-tcp)	Yt -Ytcp	(t-tcp)x (Yt -Ytcp)
1	9,3	-4,5	20,25	-0,27	1,215
2	9,5	-3,5	12,25	-0,07	0,245
3	9,4	-2,5	6,25	-0,17	0,425
4	9,6	-1,5	2,25	0,03	-0,045
5	9,4	-0,5	0,25	-0,17	0,085
6	9,6	0,5	0,25	0,03	0,015
7	9,5	1,5	2,25	-0,07	-0,105
8	9,7	2,5	6,25	0,13	0,325
9	9,9	3,5	12,25	0,33	1,155
10	9,8	4,5	20,25	0,23	1,035
Сумма	95,7		82,5		4,35
Среднее	9,57				

Source: Compiled by the authors

Необходимо отметить, что урожайность арахиса разных сортов имела колебания по годам в зависимости от количества выпадающих осадков и эффективных температур воздуха. Вместе с тем 10-летний период исследований показал, что арахис адаптирован к засушливым условиям региона, дает урожай в любой по погодным условиям год, слабо повреждается вредными объектами и относительно хорошо переносит засуху.

Вместе с тем урожайность различных сортов арахиса в значительной мере определяется нормой высева семян. Есть сорта, как, например Вирджиния, которые предпочитают изреженные посевы с нормой высева 67 тыс. шт. семян на 1 га, а есть сорта, например Болд, предпочитающие загущенные посевы с нормой высева практически в 3,2 раза больше (214 тыс. шт. семян на 1 га).

Напротив, сорт Самарканд наибольшую урожайность продемонстрировал на варианте опыта с нормой высева 134 тыс. шт. на 1 га.

Уравнения тренда урожайности арахиса в ИП ГК(Ф)Х «Андросов П. А.» показали (таблица 6), что наибольшую устойчивость к неблагоприятным условиям засухи демонстрирует сорт арахиса Самарканд.

Таблица 6 – Уравнения тренда урожайности арахиса в ИП ГК(Ф)Х «Андросов П. А.»

Table 6 – Peanut yield trend equations in IP GK(F)X "Androsov P. A."

Экстраполируемый показатель	Уравнение тренда
Урожайность арахиса, при норме высева 67 тыс. шт./га	$Y_t = 3,29 + 0,046t$
Урожайность арахиса, при норме высева 134 тыс. шт./га	$Y_t = 7,66 + 0,005t$
Урожайность арахиса, при норме высева 214 тыс. шт./га	$Y_t = 9,29 + 0,05t$

Source: Compiled by the authors.

В его уравнении тренда показатель по урожайности в максимальной степени приближен к средней урожайности за 10 лет. Сорта Вирджиния и Болд реагируют на засуху в большей степени, что подтверждается более выраженными отклонениями урожайности по годам от средней урожайности за 10 лет.

Выводы. Проведенные в течение 10 летнего периода исследования показали, что сорта арахиса различного географического происхождения, возделываемые в условиях аридной зоны в структуре травянопропашных севооборотов, по-разному реагируют на норму высева и демонстрируют высокую устойчивость к засухе. Использование методов экономико-математического моделирования позволит спрогнозировать урожайность перспективных сортов арахиса в любой по погодным условиям год, что благоприятно отразится на оптимизации затрат и результативных финансово-экономических показателях крестьянско-фермерских хозяйств в целом.

Библиографический список

1. Барсукова Г. Н., Жуков В. Д., Радчевский Н. М. Эколого-ландшафтный подход к организации территории сельскохозяйственных предприятий в условиях трансформации земельных отношений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 52. С. 19-27.
2. Котарев А. В., Котарева А. О., Василенко И. Н. Оптимизационные решения в управлении эффективностью и инновационностью отраслевых предприятий АПК РФ // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2019. № 2 (22). С. 127-136.
3. Курбонова Б.А. Основные приемы возделывания арахиса в условиях предгорной зоны Центрального Таджикистана.: автореферат диссертации кандидата сельскохозяйственных наук. – Душанбе.: 2009.- 23 с
4. Новиков С. А., Шевченко В. А. Экономическая целесообразность возделывания программируемых урожаев яровой тритикале и пелюшки в чистых и смешанных посевах в условиях Верхневолжья // Кормопроизводство. 2014. N 1. С. 7-12.

5. Плескачев Ю. Н., Беленков А. И., Тюмаков А. Ю. Точное (координатное) земледелие: реальность и перспективы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2 (40). С. 96-101.

6. Рекомендации по программированию урожаев кукурузы на основных типах почв предгорий Северного Кавказа / К. Е. Сокаев, В. В. Бестаев, С. М. Бесланев, Р. М. Сокаева // Агрохимический вестник. 2020. № 6. С. 12-14.

7. Филин В. И. Программирование урожая: от идеи к теории и технологии возделывания сельскохозяйственных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2014. № 3 (35). С. 1-11.

8. Экономическая эффективность программирования зернофуражных посевов ячменя и гороха при различном соотношении компонентов агроценоза / А. М. Соловьев, В. А. Шевченко, И. П. Фирсов, П. Н. Просвирик // Международный научный журнал. 2013. № 2. С. 85-91.

9. Bauböck R. Simulation the yields of bioenergy and food crops with the crop modeling BioStar: the carbon-based growth engine the BioStar Et method // Environmental Sciences Europe. 2014.

10. Estes A., Ortiz A., Lanalannacone R. Crop planting and harvesting planning: Conceptual framework and sustainable multi-objective optimization for plants with variable molecule concentrations and minimum time between harvests // Applied Mathematical Modelling. 2022. V. 112. P. 136-155.

11. Exploring the effects of increasing underutilized crops on consumers diets: the case of millet in Uganda / C. Revoredo-Giha, L. Toma, F. Akaichi, I. Dawson // Agricultural and Food Economics. 2022.

12. Nikoue A., Asgharipour M., Marzban Z. Modeling land allocation to produce crops under economic and environmental goals in Iran: a multi-objective programming approach // Ecological Modelling. 2022. V. 471.

13. Purnawan E., Brunori G., Prosperi P. Hincial support program for small farmers, and its impact on local food security. Evidence from Indonesia // Horticulturae. 2021. No 7 (12). 546.

14. Wang S., Ma X., Yang F. Exploring the optimal crop planting structure to balance water saving, food security and incomes under the spatiotemporal heterogeneity of the agricultural climate // Journal of Environmental Management. 2021. V. 295.

Информация об авторах

Айтпаева Айгуль Аддунгаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», доцент кафедры «Экспертиза, эксплуатация и управление недвижимостью, начальник управления научно-исследовательской работы и международных связей Астраханского государственного архитектурно-строительного университета (414056, Астраханская обл., г. Астрахань, ул. Татищева, 18.) Email: .arman.bisaliev2012@yandex.ru , ORCID 0000-0003-3898-5813

Локтионова Елена Геннадиевна, кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности, государственный университет (414056, г. Астрахань, ул. Татищева 20 а), Email: eleloktionova@yandex.ru, orcid.org/0000-0001-5509-7629;

Пучков Михаил Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, руководитель ОАТ УОХ, Астраханский государственный университет (414056, г. Астрахань, ул. Татищева 20 а), Email: rosecostroi@mail.ru, orcid.org/0000-0002-3489-8643.

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), тел. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

Воронов Сергей Иванович, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Федерального исследовательского центра «Немчиновка» (143026 Московская область. Одинцовский район, пос. Новоивановское, ул. Калинина, 1.), E-mail: vsi08@mail.ru

KINEMATICS OF ROTARY TILLAGE MACHINES

S. V. Belousov^{1,2}, S. I. Kambulov^{2,3},
V. B. Rykov^{2,3}, B. V. Turovsky¹

¹Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

²Agricultural Research Center «Donskoy –

The structural subdivision of the North Caucasian Research Institute of
Mechanization and Electrification of Agriculture, Zernograd

³Don State Technical University, Rostov-on-Don

Received 19.09.2022

Submitted 15.01.2023

Abstract

Introduction. The work is devoted to the analytical and experimental study of the relationship between the kinematics of the velocity characteristics of the translational and angular velocity of the working part of the milling cutter, structural elements of the milling disc and agrotechnical indicators of soil destruction in various conditions. The following issues are also highlighted: the dependence of the ridge on the kinematic parameter, the dependence of the feed value on the number of teeth on the disk, the dependence of the feed value on the kinematic ratio of the circumferential velocity to the incoming velocity, the experimental dependence of the degree of crushing of the soil on the feed value is given. The conclusions present the main results achieved so far. **Materials and methods.** To substantiate the factors affecting the flow of the technological process of surface tillage, the operational and agrotechnological requirements of this technological operation were taken into account. They were also based on practical and theoretical studies obtained earlier when studying the parameters of tillage cutters. Mathematical dependences of the influence on the complex movement of the peripheral point of the knife of the soil cutter, and the conditions of cutting the soil layer, as well as the thickness of chip formation during cutting the soil layer were derived. **Results and conclusions.** The theoretical justification of the parameters and modes of operation of the knife, affecting the quality of the pierced process, allowed us to determine the design parameters of the milling knife for optimal crumbling of the soil layer within the initial agrotechnical requirements. Also, the operating parameters of the milling knife were obtained when processing the soil layer at different humidity of the soil horizon. The influence of these factors on the final quality of the treated soil is determined. Based on the results of theoretical and analytical studies, it was concluded that when designing working bodies of tillage cutters, or working parts with a constantly changing curvature of the working surface over the entire length and width of the working part, it is necessary to simulate the interaction of working parts with the soil. With this approach, it is possible to achieve almost complete compliance of the obtained mathematical model with the real device, when it interacts with the soil. The processing quality is significantly influenced by the size, circumferential speed of the working part, and the shape of its working surface is of the greatest importance. The technology of surface tillage by rotary working parts with an active drive shows a significant improvement in the quality of soil horizon treatment. This fact is due to the fact that the working parts affect the soil at a high circumferential speed, which creates high loads on the soil layer, this contributes to cutting the formation more efficiently and efficiently, soil fractions will be significantly less than, say, from tillage with rotary working parts that do not have a drive.

Key words: Active working bodies, kinematics, ratio, interaction, design, energy conservation, soil, agricultural requirements, soil destruction, combing, crumbling.

Citation. Belousov S. V., Kambulov S. I., Rykov V. B., Turovsky B. V. Kinematics of rotary tillage machines. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 509-519 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-56.

Author's contribution. All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 631. 312

КИНЕМАТИКА РОТАЦИОННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН

С. В. Белоусов^{1,2}, кандидат технических наук, доцентС. И. Камбулов^{2,3}, доктор технических наук, доцент,В. Б. Рыков², доктор технических наук, старший научный сотрудникБ. В. Туровский¹, кандидат технических наук, профессор¹Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия²ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ»,
г. Зерноград, Россия³ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет г. Ростов-на-Дону, Россия

Дата поступления в редакцию 19.09.2022

Дата принятия к печати 15.01.2023

Актуальность. Работа посвящена аналитическому и экспериментальному исследованию взаимосвязи кинематики скоростных характеристик поступательной и угловой скорости рабочего органа фрезы, конструктивных элементов фрезерного диска и агротехнических показателей разрушения почвы в различных условиях. Также освещены вопросы зависимости гребнистости от кинематического параметра, зависимости величины подачи от числа зубьев на диске, зависимости величины подачи от кинематического отношения скорости окружной к скорости поступательной, приведена экспериментальная зависимость степени дробления почвы от величины подачи. В выводах приводятся основные результаты, достигнутые к настоящему времени. **Материалы и методы.** Для обоснования факторов, влияющих на протекание технологического процесса поверхностной обработки почвы, учитывали эксплуатационные и агротехнологические требования, предъявляемые к данной технологической операции. Также основывались на практических и теоретических исследованиях, полученных ранее при изучении параметров почвообрабатывающих фрез. Были выведены математические зависимости влияния на сложное движение периферийной точки ножа почвенной фрезы и условий резания почвенного пласта, а также толщины формирования стружки во время разделки почвенного пласта. **Результаты.** Теоретическое обоснование параметров и режимов работы ножа, влияющих на качество протыкаемого процесса, позволило определить конструктивные параметры фрезерного ножа для оптимального крошения почвенного пласта в пределах исходных агротехнических требований. Также получены режимные параметры работы фрезерного ножа при обработке почвенного пласта при различной влажности почвенного горизонта. Определено влияние данных факторов на итоговое качество обработанной почвы. **Обсуждение и выводы.** По результатам теоретических и аналитических исследований пришли к выводу, что при проектировании рабочих органов почвообрабатывающих фрез, или рабочих органов с постоянно изменяемой кривизной рабочей поверхности по всей длине и ширине рабочего органа, необходимо проводить моделирование взаимодействия рабочих органов с почвой. При данном подходе имеется возможность добиться практически полного соответствия полученной математической модели с реальным устройством, при его взаимодействии с почвой. На качество обработки существенное влияние оказывают размер, окружная скорость рабочего органа, а наибольшее значение имеет форма его рабочей поверхности. Технология поверхностной обработки почвы ротационными рабочими органами с активным приводом показывает существенное улучшение качества обработки почвенного горизонта. Данный факт обусловлен тем, что на почву рабочие органы воздействуют с высокой окружной скоростью, что создаёт высокие нагрузки на пласт почвы, это способствует более эффективной и качественной разделке пласта, почвенные фракции будут значительно меньше, чем, скажем, от обработки почвы с ротационными рабочими органами, не имеющими привода.

Ключевые слова: активные рабочие органы, ротационные машины, почвообрабатывающие машины, обработка почвы.

Цитирование. Белоусов С. В., Камбулов С. И., Рыков В. Б., Туровский Б. В. Кинематика ротационных почвообрабатывающих машин. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 509-519. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-56.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах для обоснования теоретических зависимостей, снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. По энергетическим затратам обработка почвы является самой энергоемкой операцией. Однако одним из основных недостатков почвообрабатывающих рабочих органов является то, что в своей общей массе это орудия пассивного действия, и то, что вся необходимая для обработки почвы с их помощью энергия реализуется через прицепной крюк трактора, т. е. для перемещения орудия требуется значительная по величине сила тяги трактора. Увеличение производительности труда путём увеличения скорости его движения или ширины захвата плуга ограничивается проблемой повышения сцепных свойств трактора. Указанный недостаток можно устранить, если снизить тяговое сопротивление почвообрабатывающих агрегатов, а необходимую мощность для обработки почвы передавать на привод других рабочих органов ротационного типа, либо производить совершенствование существующих рабочих органов для увеличения количественных и качественных показателей работы.

Почвообрабатывающие машины с ротационными рабочими органами начали применять относительно недавно. Рабочие органы этих машин двух типов: пассивные и ротационные. К настоящему времени все большее распространение получают агрегаты с активными ротационными рабочими органами, совмещающими функции движителей. Работа над совершенствованием конструкций подобных орудий почвообработки продолжает оставаться актуальной, при этом приоритетными задачами остаются повышение качества подготовки почвы по агротехническим показателям, снижение металлоемкости и энергетических затрат. Целью наших исследований являются рабочие органы, которые могут внести значительный вклад в производство продукции растениеводства. К таким рабочим органам можно отнести рабочие органы почвообрабатывающих фрез.

Материалы и методы. Достижение поставленной научной задачи сводится к определению движения рабочих органов ротационных машин при взаимодействии их с почвенным пластом. Данная работа базируется на основании анализа экспертных оценок ведущих ученых по проблематике обработки почвы ротационными рабочими органами. Данный способ направлен на то, чтобы выбрать наиболее предпочтительный способ построения схем движения рабочего органа ротационного типа при взаимодействии его с почвенным пластом. Составлены математические уравнения с использованием зависимости параметров сложного движения периферийной точки ножа фрезы. Определены результаты.

Результаты и обсуждение. Проектирование рабочих органов фрез во всех случаях должно сопровождаться обязательным построением траектории их режущей кромки.

Движение рабочих органов в ротационных машинах является в общем случае сложным движением, в соответствии с рисунком 1, состоящим из:

- а) относительного движения – вращательного вокруг оси барабана со скоростью $v_{\text{окр.}}$
- б) переносного движения – поступательного по отношению к поверхности земли со скоростью v_n .

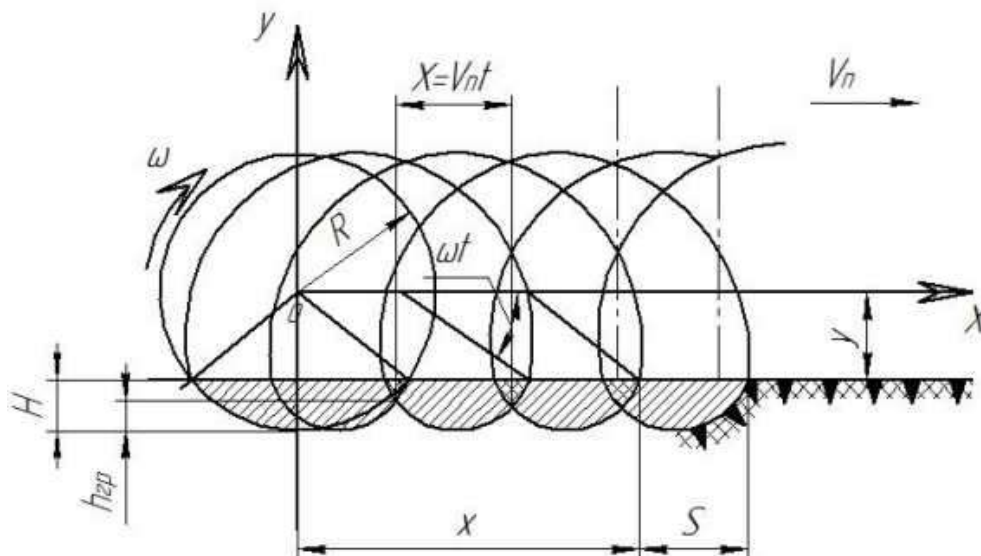


Рисунок 1 – Схема сложного движения периферийной точки ножа фрезы

Figure 1 - Diagram of the complex motion of the peripheral point of the cutter blade

Возможные случаи соотношения скоростей:

1) $v_n = v_{окр}$ – свободное качение фрезы без принудительного вращения. Абсолютная скорость конца ножа изменяется в этом случае от $v_{abc} = v_n - v_{окр} = 0$ (в нижнем положении) до $v_{abc} = v_n + v_{окр} = 2v_n$ (в верхнем положении).

2) $v_n = v_{окр}$ – вращение барабана принудительное в направлении обратном качению (фрезерование снизу вверх).

а) $v_{abc} = v_n - v_{окр} = 0$ – в верхней точке.

б) $v_{abc} = v_n + v_{окр} = 2v_n$ – в нижней точке.

3) $v_{окр} > v_n$ – вращение барабана принудительное в направлении качения. Этот случай типичен для большинства фрез.

Рабочие органы фрезы движутся по кривой, имеющий вид уменьшенной циклоиды или трохоиды. Используем известные зависимости из тригонометрии и тогда уравнение трохоиды в параметрической форме имеет вид:

$$\begin{cases} x = v_n * t + R * \cos \omega t \\ y = R * \sin \omega t \end{cases}, \quad (1)$$

где v_n – поступательная скорость машины; R – радиус окружности, описываемой лезвием ножа при вращении; ω – угловая скорость вращения рабочего органа; t – время.

Отрезок $x = v_n * t$ есть путь, пройденный фрезой с поступательной скоростью v_n за время t , равное:

$$t = \frac{2\pi}{\omega * z_c}, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость рабочего органа; z_c – число ножей на одной стороне диска.

Значение подачи на один нож S после подстановки t будет иметь вид:

$$S = \frac{v_n * 2\pi}{\omega * z_c}, \quad (3)$$

Или учитывая, что $\omega = \frac{\pi n_b}{30}$:

$$S = \frac{v_n \cdot 60}{n_b \cdot Z_c} \quad (4)$$

где n_b – число оборотов барабана.

Выражение кинематического параметра λ , характеризующего соотношение окружной скорости периферийной точки ножа фрезы $v_{окр}$ к поступательной скорости агрегата v_n , примет вид:

$$\lambda = \frac{v_{окр}}{v_n} = \frac{2\pi R}{S \cdot Z_c} \quad (5)$$

Если учесть, что отношение R к H (глубине отработки) 1 : 1. Число ножей на одной стороне диска для существующих фрез равно 3.

Подачу на нож S необходимо подбирать для каждого почвенных условий в отдельности, в зависимости от конкретных агротребований к подготовке почвы, для легких слабо крошащихся почв чаще принимается 5-10 см.

При выборе величины подачи на один нож оказывают влияние:

- 1) степень подрезания сорняков;
- 2) степень крошения пласта и измельчения почвы;
- 3) гребнистость дна.

При этом в целях снижения расхода мощности стремятся к минимально возможной величине λ . Это значит, что предпочтительнее работать с наибольшей подачей на один нож при выбранных R и Z_c , это видно из выражения $\lambda = \frac{2\pi R}{S Z_c}$.

Кроме того, увеличивая S , мы будем уменьшать опасность вредного распыления почвы.

Как показатели графо-аналитические и лабораторно-полевые исследования, теоретически максимальная подача на нож (S_m) определяется прежде всего не степенью подрезания сорняков, а величиной гребнистости дна, так как рост её значительно опережает уменьшение степени подрезания до недопустимой величины. Следовательно, вместо выражения $\lambda = \frac{2\pi R}{S Z_c}$ необходимо получить зависимость λ от конструктивных параметров R и Z_c и получающейся теоретической гребнистости дна.

В конечном виде эта формула выглядит следующим образом:

$$\lambda = \frac{v_{окр}}{v_n} = \frac{R}{\sqrt{2Rh_{гр} - (h_{гр})^2}} \times \left[\frac{\pi(Z_c + 2)}{2Z_c} - \arcsin \frac{R - h_{гр}}{R} \right] \quad (6)$$

где $h_{гр}$ – величина гребешка.

Исходя из заданных агротехнических требований к гребнистой структуре подшвы обработанного слоя 30 мм при диаметре секции ножей, 500 мм, количестве ножей на диске, направленных в одну сторону $Z_c = 3$, в результате расчета получаем $\lambda = 3,23$.

При принятой скорости агрегата 4,5 км/ч (75 м/мин) частота вращения фрезерного барабана соответственно составит $n_b = \lambda v_n / 2 \pi R$; $n_b = 154$ об/мин.

Таблица 1 – Зависимость гребнистости от кинематического параметра

Table 1 – Dependence of combing on kinematic parameter

λ	3,69	3,24	2,98	2,82	2,70	2,61	2,46
$h_{гр}$	2	3	4	5	6	7	10

Для выполнения расчетного режима работы очень важно, чтобы трактор имел независимый привод вала отбора мощности.

После экспериментального исследования этого вопроса, вероятно, величину λ можно будет еще уменьшить. Достоинства фрезерования проявляются при обработке тяжелых слитых черноземов, когда в короткий период времени требуется интенсивное измельчение почвенного монолита при подготовке почвы к посеву озимых после уборки пропашных культур. На легких почвах фрезы, как правило, применяются редко, так как сильно распыляют почву.

Сравнительно высокие затраты энергии на обработку почвы фрезерованием окупаются преимуществом перед комплексом технологических операций, применяемых для достижения аналогичных агротехнических показателей.

Полевые фрезы ФН-125, ФП-2 и КФГ-3,6 обрабатывают тяжелые переувлажненные почвы перед посевом риса, овощных и других культур с подачей $S = 5 \dots 15$ см.

Профессор Краморенко Л. П. выдвинул положение, что резание возможно при $v_{окр} \times \cos \theta > v_n \theta$.

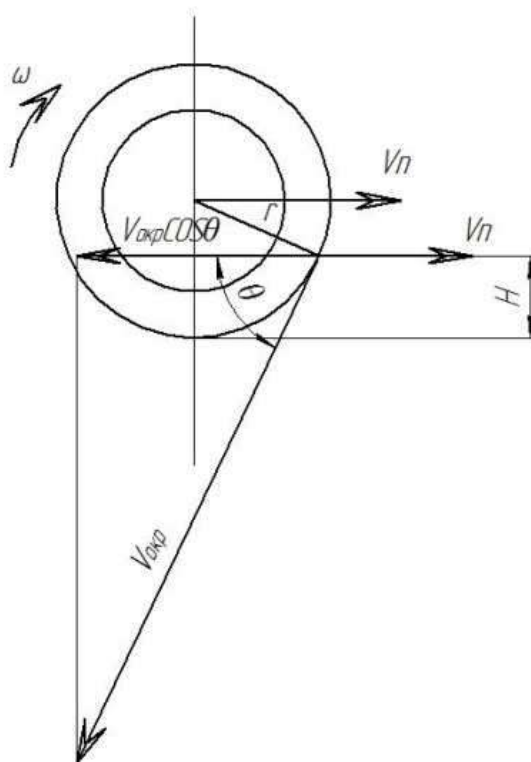


Рисунок 2 – Схема к определению условий резания

Figure 2 - Diagram for determining the cutting conditions

Отсюда следует зависимость $v_{окр}$ и v_n от H :

$$H = R \left(1 - \frac{v_n}{v_{окр}} \right), \text{ где } R - \text{радиус барабана фрезы.}$$

Зависимость толщины стружки по радиусу от $v_{окр}$, v_n , H , Z_c и R выражается формулой:

$$\delta_{smax} = \frac{2\pi v_n \sqrt{2RH - H^2}}{v_{окр} \times Z_c} = \frac{60 v_n \sqrt{2RH - H^2}}{n \times Z_c \times R} \quad (7)$$

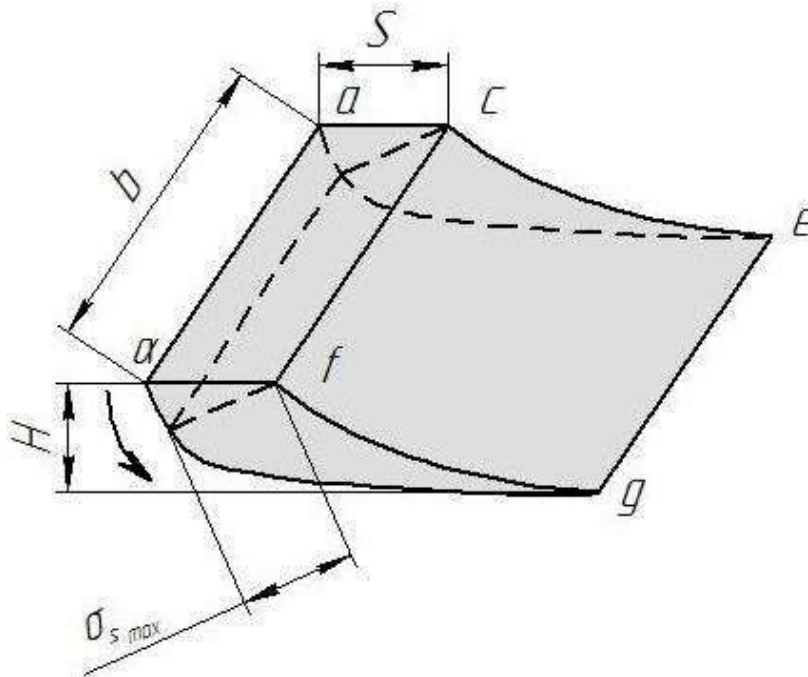


Рисунок 3 – Схема стружки / Figure 3 – Chip diagram

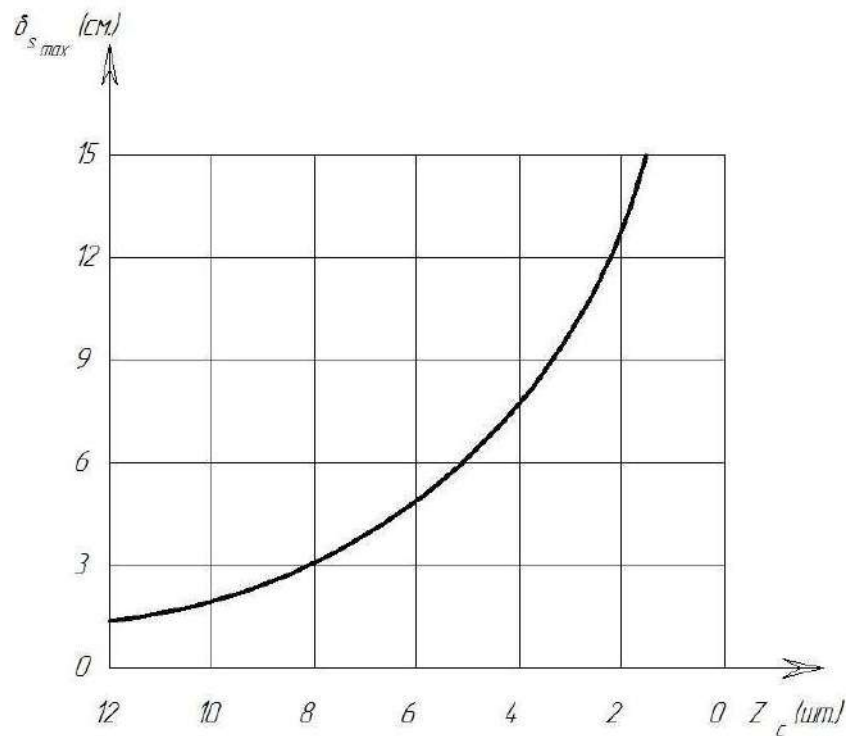


Рисунок 4 – Зависимость толщины стружки от количества ножей в секции Z_c

Figure 4 – Dependence of chip thickness on the number of knives in the section Z_c

С учетом условий резания при вхождении зуба в почву выражение для определения максимальной толщины стружки принимает вид:

$$\delta_{s max} = \frac{2R\pi v_n \sin \theta}{v_{окр} Z_c} \quad (8)$$

Быстрее всего δ_s изменяется от изменения H и z_c

В свою очередь толщину стружки можно рассматривать как величину подачи на зуб – S .

В этом случае для теоретического расчета подачи и установления зависимости от конструктивных и кинематических параметров фрезы можно записать:

$$S = \frac{2R\pi v_n \sin \theta}{v_{окр} z_c} = \frac{2R\pi \sin \theta}{\lambda z_c} \quad (9)$$

Из последнего выражения следует вывод, что величина подачи прямо пропорциональна диаметру фрезерного барабана и обратно пропорциональна кинематическому параметру и количеству зубьев на диске барабана.

Иначе можно сказать: чем больше частота вращения барабана при фиксированной поступательной скорости перемещения агрегата, тем меньше величина подачи.

Таблица 2 – Зависимость величины подачи от числа зубьев на диске

Table 2 – Dependence of feed rate on the number of teeth on the disk

Z	1	2	3	4	5	6
λ	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24	3,24
S	0,42	0,21	0,14	0,10	0,08	0,07

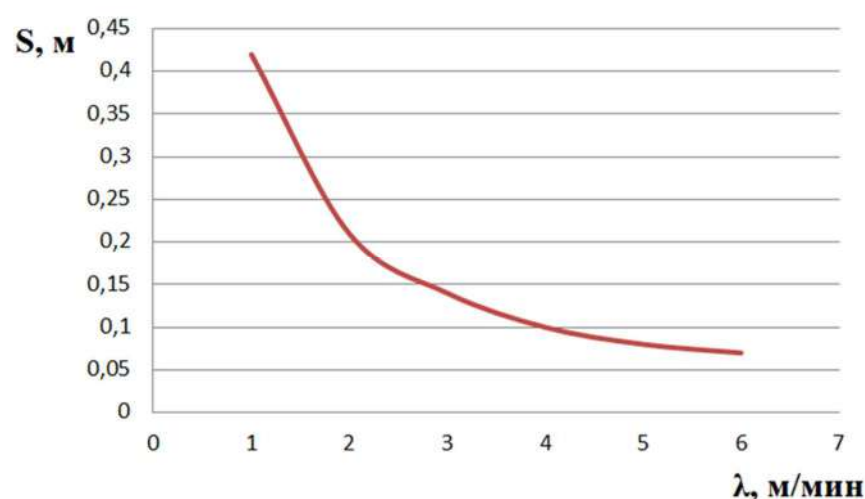


Рисунок 5 - Зависимость величины подачи от числа зубьев на диске

Figure 5 – Dependence of feed rate on the number of teeth on the disk

Таблица 3 – Зависимость величины подачи от кинематического отношения скорости окружной к скорости поступательной

Table 3 - Dependence of the feed rate on the kinematic ratio of peripheral speed to progressive speed

Z	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
λ	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
S	0,30	0,22	0,18	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07

Анализ представленных результатов расчета в таблицах 2 и 3 раскрывает наиболее эффективные способы регулирования величины подачи. Например, изменение подачи в незначительных пределах 10-15 % целесообразно варьировать оборотами фрезерного барабана. А при радикальном увеличении подачи выгоднее установить барабан с меньшим количеством ножей.

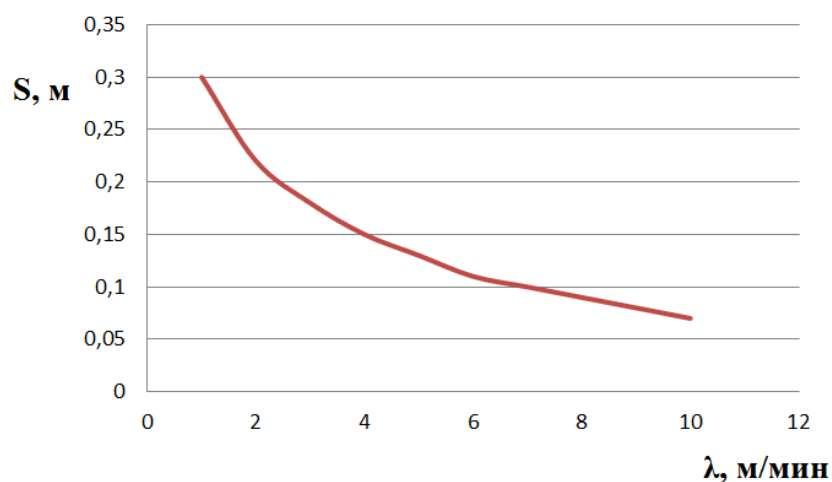


Рисунок 6 – Зависимость величины подачи от кинематического отношения скорости окружной к скорости поступательной

Figure 6 – Dependence of feed rate on the kinematic ratio of peripheral speed to progressive speed

Таблица 4 – Экспериментальная зависимость степени дробления почвы
От величины подачи

Table 4 – Experimental dependence of soil crushing degree on feed size

Подача S , см	степень дробления почвы в %, содержание фракций в мм		
	100-25	25-0,25	< 0,25
5,2	8,6	86,8	6,6
10,4	14,4	81,4	4,2
18,6	19,2	78,5	2,3
31,5	24,1	74,2	1,7

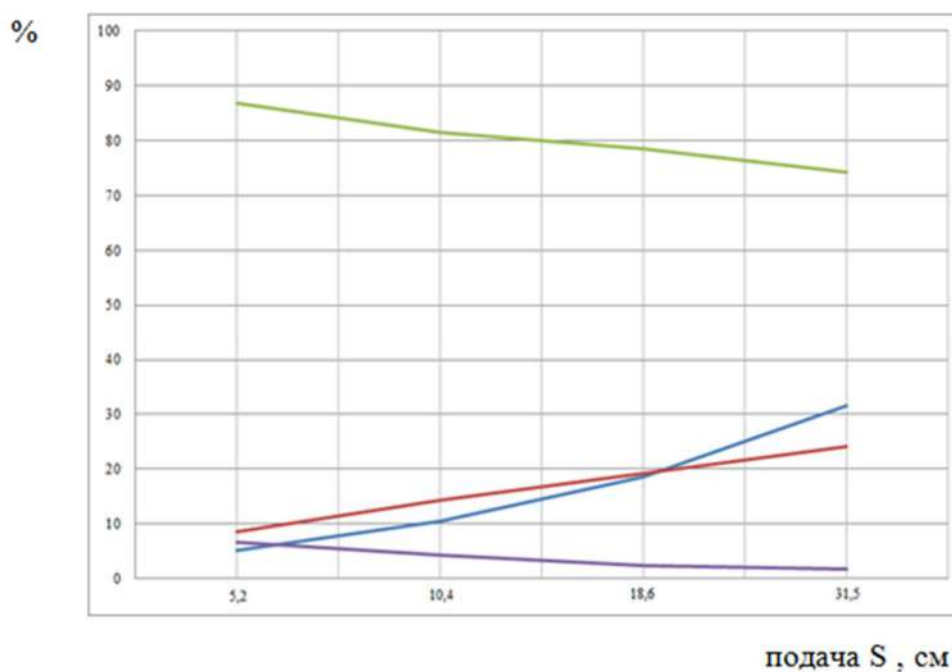


Рисунок 7 – Экспериментальная зависимость степени дробления почвы от величины подачи

Figure 7 – Experimental dependence of the degree of soil crushing on the value of the feed

Выводы. Полученные экспериментальные результаты крошения на слитых черноземах при относительной влажности почвенных образцов 24 % дают основание сделать вывод, что оптимальный результат крошения в пределах агротехнических требований соответствует подаче 10,4 см. При этом следует отметить, что обеспечение малой подачи на зуб 5,2 см потребовало увеличенных затрат энергии.

Библиографический список

1. Акимов А. П., Константинов Ю. В. Расчет сил сопротивления от взаимодействия зубьев лезвия режущей кромки с грунтом // Journal of physics: conference series 1. Сер. 1st International Conference on Physics, Mathematics and Statistics, ICPMS 2018. С. 012038.
2. Акимов А. П., Туровский Б. В. Закон распределения сил трения по боковым поверхностям плоского диска движителя // Мобильная энергетика в сельском хозяйстве: состояние и перспективы развития: материалы Международной научно-практической конференции. 2018. С. 182-186.
3. Влияние параметров рабочего органа культиватора на качество крошения почвенного пласта / С. И. Камбулов, Г. Г. Пархоменко, О. С. Бабенко, И. В. Божко // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. Т. 16. № 1. С. 41-46.
4. Маслов Г. Г., Сергунцов А. С. Инновационная техника в энергосберегающих технологиях полеводства // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 71. С. 110-117.
5. Обоснование формы рыхлящих рабочих элементов плоского диска движителя / Б. В. Туровский, В. Н. Ефремова, С. М. Сидоренко, И. К. Трифонов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 61. С. 194-199.
6. Определение качественных показателей рабочих органов для послойной безотвальной обработки почвы / Г. Г. Пархоменко, И. В. Божко, С. И. Камбулов, В. И. Пахомов // Таврический вестник аграрной науки. 2022. № 1 (29). С. 123-131.
7. Сохт К. А., Трубилин Е. И., Коновалов В. И. Дисковые бороны и лушильники. Проектирование технологических параметров. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, 2014. 164 с.
8. Belousov S. V., Belousova A. I. Mathematical processing of experimental data of the agricultural working body // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Sevastopol, 2020. P. 052059.
9. Belousov S. V., Samurganov E. E., Rodionenko A. I. Theoretical justification of the type of a flat-cutting working body of a ploughshare // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment 2019, ICMTME 2019. Sevastopol: Institute of Physics Publishing, 2020. P. 033100.
10. Belousov S. V., Samurganov E. E. On the problem of interaction of the tillage working body with the soil // E3S Web of Conferences. Sevastopol, 2020. P. 01062.
11. Konovalov V., Konovalov S., Igumnova V. Constructive-technological diagram of the rotary-string cultivator and the definition of its main parameters // E3S Web of Conferences. Sevastopol: EDP Sciences, 2019. P. 00039.
12. Maslov G. G., Trubilin E. I., Truflyak E. V. Parameters optimization for multifunctional aggregates in plant growing mechanization // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2016. V. 7. № 3. P. 1919-1926.
13. Papusha S. K., Bogus A. E., Konovalov V. I. Interaction of rotary working body of roller type with the object of processing // MATEC Web of Conferences: 2018 International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTME 2018. Sevastopol: EDP Sciences, 2018. P. 05007.
14. The efficiency of the system tillage during of the cultivation crops / Y. A. Semenikhina, S. Kambulov, D. Podlesniy [et al.] // E3S Web of Conferences: 14th International Scientific and Practical Conference on State and Prospects for the Development of Agribusiness, INTERAGROMASH 2021. Rostov-on-Don: EDP Sciences, 2021.

15. The principles of improving the technology of grain crop cultivation / E. M. Yudina, A. S. Serguntsov, S. K. Papusha, M. R. Kadyrov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Omsk City, 2022. P. 012092.

Информация об авторах:

Белоусов Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе», г. Краснодар, Россия, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (РФ 350044 г. Краснодар ул. им. Калинина 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>, т. +7 918 38 22 757, E-mail: sergey_belousov_87@mail.ru; младший научный сотрудник ФГБ-НУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», отдел механизации растениеводства. (РФ 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, 3) т. +7 918 38 22 757, E-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

Камбулов Сергей Иванович, главный научный сотрудник лаборатории механизации полеводства отдела механизации растениеводства, доктор технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», профессор кафедры Технологии и оборудование переработки продукции АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственный технический университет, (РФ 347740, Ростов-на-Дону, Ростовская область, площадь Гагарина, 1), e-mail: kambulov.s@mail.ru (РФ 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, 3), <https://www.orcid-ru.org/0000-0001-8712-1478> Т. 8-928-140-60-94, E-mail: kambulov.s@mail.ru

Рыков Виктор Борисович главный научный сотрудник, доктор технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», профессор кафедры Технологии и оборудование переработки продукции АПК, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Донской государственный технический университет, (РФ 347740, Ростов-на-Дону, Ростовская область, площадь Гагарина, 1), г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, 3), <https://www.orcid-ru.org/0000-0003-1358-9312> т. 8-928-140-60-94, E-mail: rykov.vb@gmail.com

Туровский Борис Владимирович, кандидат технических наук, профессор кафедры механизации животноводства и БЖД, г. Краснодар, Россия, Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина (РФ 350044 г. Краснодар ул. им. Калинина 13), +7 918 44 38 483, E-mail: boturovskij@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-57

MODULAR DRAINAGE AND HUMIDIFICATION POLDER SYSTEM FOR DUAL REGULATION OF SOIL WATER REGIME

A. L. Kozhanov, O. V. Voevodin

Federal State Budget Scientific Institution

«Russian Research Institute of Melioration Problems», Novocherkassk

Received 30.11.2022

Submitted 30.01.2023

Abstract

Introduction. The absence in the reclamation sector of the agro-industrial complex of modern design solutions for modular polder systems of dual regulation with rational use of water resources through the use of a complex of linearly located storage and transportation facilities and mobile sprinkler equipment. The purpose of the research was to develop a new technical solution for a modular drainage and humidification polder system, using mobile irrigation equipment and a complex of linearly located storage and transportation facilities. **Object.** The object of research was meliorative polder water circulation systems of dual regulation of the water regime of soils. **Materials and methods.** During the research, the collection and analysis of well-known design solutions of polder and other reclamation systems of dual regulation proposed by various scientists was carried out. In the process of reviewing and developing the technical solution of the proposed system, comparative, analytical and logical methods, as well as the design method, were used. **Results and conclusions.** The generalized analysis of the existing technical schemes has shown the practical absence of constructive solutions for modular polder systems having linearly extended storage and transportation facilities that allow accumulating the necessary amount of runoff for subsequent humidification using mobile sprin-

kler equipment and a complex of structures. As a result of the research, an improved design solution of the system, made in the form of unified modules consisting of a flooded and non-flooded polder, technological platforms and equipped with linearly arranged storage and transportation facilities connected by pipelines with multifunctional wells located within the boundaries of technological sites, while technological platforms are made in two levels, and a multifunctional well is located in the boundary the zone of two levels of the technological platform.

Key words: *module, polder system, dual regulation, design solution, water regime, water resources, storage and transportation facilities.*

Citation. Kozhanov A. L., Voevodin O. V. Modular drying and humidifying polder system of dual regulation of soil water regime. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 519-526 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-57.

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

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

УДК 626.86:631.432

МОДУЛЬНАЯ ОСУШИТЕЛЬНО-УВЛАЖНИТЕЛЬНАЯ ПОЛЬДЕРНАЯ СИСТЕМА ДВОЙНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

А. Л. Кожанов, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

О. В. Воеводин, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»,
г. Новочеркасск, Ростовская область, Россия

Дата поступления в редакцию 30.11.2022

Дата принятия к печати 30.01.2023

Актуальность. Отсутствие в мелиоративном секторе АПК современных конструктивных решений модульных польдерных систем двойного регулирования с рациональным использованием водных ресурсов за счет применения комплекса линейно-расположенных накопительно-транспортирующих сооружений и мобильной дождевальной техники. Целью исследований являлась разработка нового технического решения модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы, с применением мобильной поливной техники и комплекса линейно-расположенных накопительно-транспортирующих сооружений. **Объект.** Объектом исследований являлись мелиоративные польдерные водооборотные системы двойного регулирования водного режима почв. **Материалы и методы.** При проведении исследований проводился сбор и анализ общеизвестных конструктивных решений польдерных и других мелиоративных систем двойного регулирования, предлагаемых различными учеными. В процессе рассмотрения и разработки технического решения предложенной системы применялся сравнительный, аналитический и логический методы, а также метод конструирования. **Результаты и выводы.** Проведенный обобщающий анализ существующих технических схем показал практическое отсутствие конструктивных решений модульных польдерных систем, имеющих линейно-протяженные накопительно-транспортирующие сооружения, позволяющие аккумулировать необходимый объем стока для последующего увлажнения с применением мобильной дождевальной техники и комплекса сооружений. В результате исследований предложено усовершенствованное конструктивное решение системы, выполненной в виде унифицированных модулей, состоящей из затопливаемого и незатопливаемого польдера, технологических площадок, и снабженное линейно-расположенными накопительно-транспортирующими сооружениями, соединенными трубопроводами с многофункциональными колодцами, расположенными в границах технологических площадок, при этом технологические площадки выполнены в двух уровнях, а многофункциональный колодец расположен в граничной зоне двух уровней технологической площадки.

Ключевые слова: *модуль, польдерные системы, двойное регулирование, конструктивное решение, водный режим, водные ресурсы, накопительно-транспортирующие сооружения.*

Цитирование. Кожанов А. Л., Воеводин О. В. Модульная осушительно-увлажнительная польдерная система двойного регулирования водного режима почв. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 519-526. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-57.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Рассматривая мелиорируемые земли гумидной зоны, можно прийти к выводу, что уклоны данных земель являются минимальными или практически не имеют уклона, поэтому часто подвержены затоплению или подтоплению паводковыми водами. На данных участках нашли свое применение польдерные системы, которые защищают мелиорируемые земли от негативного воздействия паводковых вод. При этом земли данных территорий зачастую обладают высоким плодородием, что позволяет получить хорошие урожаи. При этом польдерные осушительно-увлажнительные системы двойного регулирования, имеющие в своем составе систему насосного сброса и подачи избыточных дренажных вод, имеют более совершенные возможности управления водным режимом, что и обеспечит получение высоких качественных урожаев [4, 7, 11].

Для возможности рационального управления водным режимом и ресурсосбережения такие системы должны иметь в своем составе дамбы как основной элемент, дренажную сеть, сооружения для сброса и подачи воды; для возможности использования рециклинга дренажного стока необходимо устройство дополнительных регулирующих емкостей или накопительно-транспортирующих сооружений с возможностью использования различной дождевальной и поливной техники [1, 5]. При этом наполнение данных регулирующих водных сооружений необходимо осуществлять паводковыми и дренажными водами в объемах, необходимых для последующего орошения сельскохозяйственных культур [1, 12, 13].

Необходимость использования осушительно-увлажнительных польдерных систем двойного регулирования доказана различными авторами из-за часто повторяющихся засушливых периодов в летний сезон, при этом для увлажнения можно применять как накопленный дренажный сток, так и местный сток [2, 6, 8, 10].

При выборе способа регулирования водного режима польдера учитываются уровни воды в водоисточнике-водоприемнике и их отношение к абсолютным отметкам поверхности земли в польдере, при этом польдеры могут быть низкого (находящиеся ниже уровня воды подверженные всегда к затоплению), среднего (находящиеся только в паводковый период ниже уровня воды и подвержены затоплению, но в межень могут только подтапливаться) и высокого (уровни воды в водоисточнике-водоприемнике находятся выше только в паводок) уровней. При этом на низких и средних польдерных системам за счет применения водорегулирующих сооружений можно управлять уровнем грунтовых вод (поднятия) до необходимых отметок. На мелиорируемых землях, которые располагаются на более высоких отметках, при превышении поверхности земли в польдере более чем на 1,5 м меженного уровня необходимо применять системы дождевания, устраивая осушительно-увлажнительные польдерные системы двойного регулирования водного режима почв [3, 7].

Проведенный анализ действующих осушительных и польдерных систем показал, что большинство их находится в неудовлетворительном состоянии и требуется их ремонт, а желательно модернизации в современные системы двойного регулирования с применением наиболее мобильной техники (насосные станции, поливные установки и т. п.) для небольших севооборотных участков с применением принципа модульности при компоновке основных элементов конструкции системы и защите от затопления и подтопления [9, 10].

В связи с этим целью исследований определена разработка нового технического решения модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы для двойного регулирования водного режима почв, с применением шланго-барабанной поливной техники и использованием комплекса линейно-расположенных накопительно-транспортирующих сооружений.

Материалы и методы. Объектом исследований являлись как осушительно-увлажнительные, осушительно-оросительные, так и польдерные водооборотные системы двойного регулирования водного режима почв.

Климат территории исследования относится к гумидной зоне, в которой количество осадков превышает испарение, но при этом в летний сезон наблюдаются засушливые периоды.

Методологическую основу работ при проведении исследований составил сбор и анализ общеизвестных конструктивных решений польдерных, осушительно-увлажнительных и других мелиоративных систем двойного регулирования водного режима почв, предлагаемых различными учеными, такими как М. И. Голубенко, В. П. Коваленко, П. И. Пыленок, Б. С. Маслов, В. Ф. Галковский, Ю. А. Мажайский, М. А. Волинов, Н. И. Голубев и др. Анализировался рынок и новейшие разработки передвижных насосных станций, а также шланго-барабанной поливной техники. В процессе рассмотрения и разработки технического решения предложенной системы применялся сравнительный, аналитический и логический методы, а также метод конструирования.

Результаты и обсуждение. Принимая во внимание тот факт, что оросительные нормы большинства сельскохозяйственных культур гумидной зоны РФ, в том числе зон, в которых располагаются польдерные мелиоративные системы, намного меньше норм аридной зоны, применение дождевальной техники, имеющей небольшие расходы и площади обслуживания, будет оправдано с экономической точки зрения. Поэтому нами разработано новое усовершенствованное конструктивное решение модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы для двойного регулирования водного режима почв с применением шланго-барабанной поливной техники и использованием комплекса накопительно-транспортирующих сооружений (рисунок 1).

Задачей изобретения является создание конструктивного решения модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы с устройствами, мелиорируемая территория которой защищена дамбами от затопления поверхностными паводковыми водами рек, предназначенной для обеспечения максимального использования водных ресурсов за счет согласованного отвода стока во влажные периоды и увлажнения осушенных земель в засушливые периоды, а также возможности сброса избыточного объема стока через отводящий канал в водоприемник-водоисточник.

Техническим результатом заявленного изобретения является обеспечение защиты мелиорируемой территории от паводковых вод, осушения территории и увлажнения сельскохозяйственных культур в засушливый вегетационный период, а также повышение надежности работы системы и эффективности использования водных ресурсов за счет применения накопительно-транспортирующих сооружений и комплекса технологических площадок для рационального использования накопленного стока.

Указанный технический результат достигается за счет устройства модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы, состоящей из затапливаемого и незатапливаемого польдеров с дренами и коллекторами, обвалованными дамбами, которая предполагает размещение севооборотных участков в пределах повторяемых унифицированных модулей. Конструкция модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы отличается тем, что снабжена линейно-расположенными накопитель-

но-транспортирующими сооружениями, соединенными трубопроводами с multifunctional колодцами, расположенными в границах технологических площадок, в свою очередь технологическая площадка выполнена в двух уровнях, при этом верхний соответствует отметке поверхности земли прилегающей территории, а нижний – отметке уровня грунтовой воды, соответствующей норме осушения. Multifunctional колодец, расположенный в граничной зоне двух уровней технологической площадки, в зоне сопряжения с нижним уровнем имеет вертикальную прорезь от верха кольца колодца до уровня отметки уровня грунтовой воды, соответствующей норме осушения.

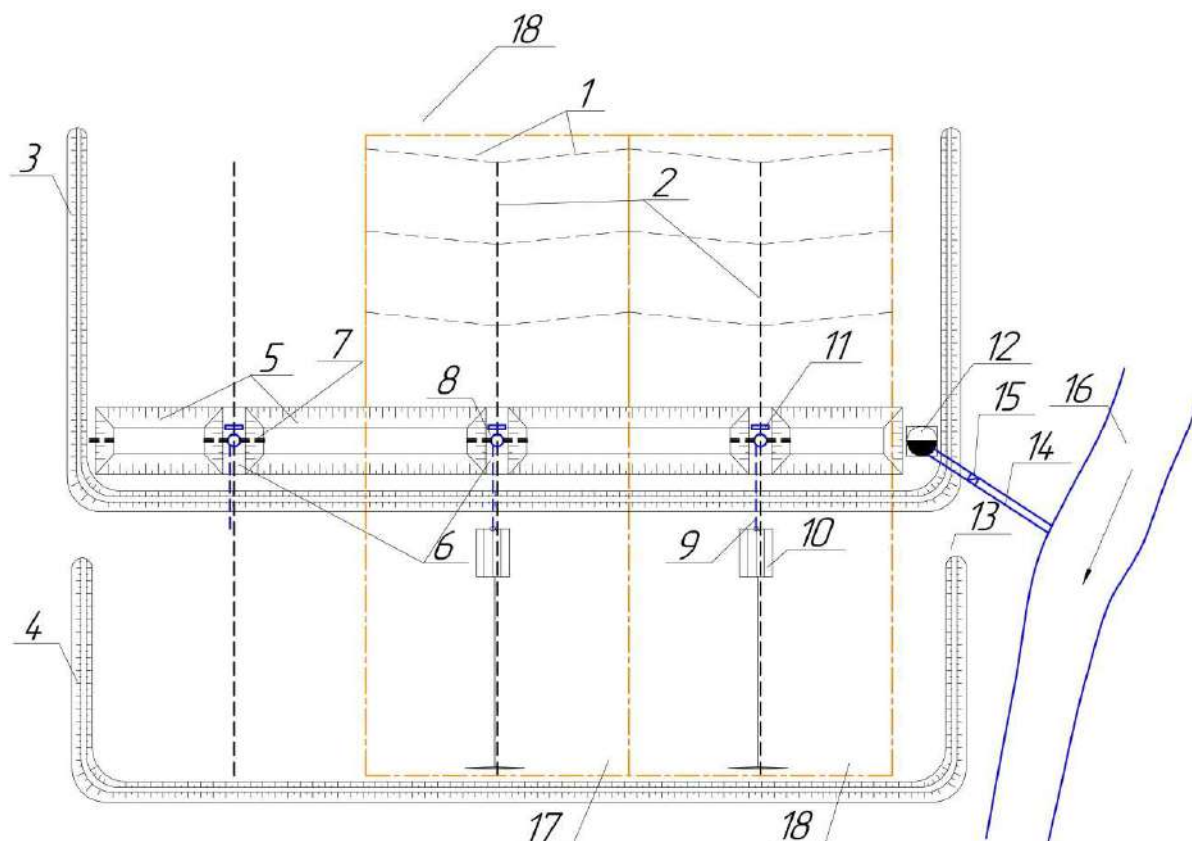


Рисунок 1 – Конструктивная схема модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы: 1 – дрены; 2 – дренажные коллекторы второго порядка; 3 – незатопляемая дамба; 4 – затопляемая дамба; 5 – накопительно-транспортирующие сооружения; 6 – технологические площадки; 7 – соединительные трубопроводы; 8 – multifunctional колодцы; 9 – напорный трубопровод; 10 – дождевальные машины шланго-барабанного типа; 11 – мобильная насосная станция; 12 – регулирующая насосная станция; 13 – водослив-прорезь; 14 – подающе-сбросной канал; 15 – рыбозащитное устройство; 16 – водоприемник-водоисточник; 17 – первый модуль; 18 – второй модуль

Figure 1 – Design diagram of a modular drainage and humidifying polder system: 1 – drains; 2 – drainage collectors of the second order; 3 – non-flooded dam; 4 – flooded dam; 5 – storage and transportation facilities; 6 – technological platforms; 7 – connecting pipelines; 8 – multifunctional wells; 9 – pressure pipeline; 10 – hose-drum type sprinkler machines; 11 – mobile pumping station; 12 – regulating pumping station; 13 – spillway-slot; 14 – feed-discharge channel; 15 – fish protection device; 16 – water intake-water source; 17 – first module; 18 – second module

Модульная осушительно-увлажнительная польдерная система (рисунок 1) включает следующие элементы: дренажи, дренажные коллекторы второго порядка, незатопляемую и затопляемую дамбы, накопительно-транспортирующие сооружения, технологические площадки, соединительные трубопроводы с многофункциональными колодцами, напорный трубопровод, дождевальные машины шланго-барабанного типа, мобильные насосные станции, регулирующую насосную станцию, водослив-прорезь, подающе-сбросной канал, оборудованный рыбозащитным устройством, водоприемник-водоисточник и двух унифицированных модулей, количество которых может увеличиваться в зависимости от мелиорируемой площади.

В границах технологических площадок располагаются площадки нижнего и верхнего уровней, запорная арматура, фланцевое соединение, прорезь в колодце, запорная арматура на коллекторе второго порядка затопляемого польдера (рисунок 2).

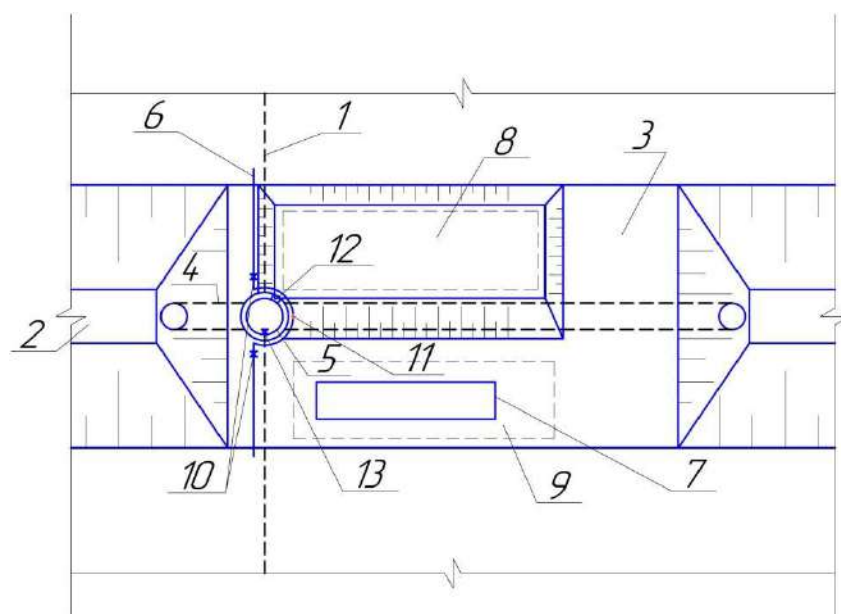


Рисунок 2 – Схема в границах технологической площадки: 1 – дренажные коллекторы второго порядка; 2 – накопительно-транспортирующие сооружения; 3 – технологическая площадка; 4 – соединительные трубопроводы; 5 – многофункциональные колодцы; 6 – напорный трубопровод; 7 – мобильная насосная станция; 8 – площадка нижнего уровня; 9 – площадка верхнего уровня; 10 – запорная арматура; 11 – фланцевое соединение; 12 – прорезь в колодце; 13 – запорная арматура на коллекторе второго порядка затопляемого польдера

Figure 2 – Diagram within the boundaries of the technological site: 1 – drainage collectors of the second order; 2 – storage and transportation facilities; 3 – technological platform; 4 – connecting pipelines; 5 – multifunctional wells; 6 – pressure pipeline; 7 – mobile pumping station; 8 – lower level platform; 9 – upper level platform; 10 – shut-off valves; 11 – flange connection; 12 – a slot in the well; 13 – shut-off valves on the collector of the second order of the flooded polder

Работа модульной осушительно-увлажнительная польдерной системы заключается в том, что в период паводка через водослив-прорезь производится заполнение затопляемого польдера, что сказывается на предотвращении перетекания воды через затопляемую дамбу и способствует плавному затоплению польдера. На время паводка запорная арматура на коллекторе второго порядка затопляемого польдера закрывается для блокировки стока от последующего попадания его в накопительно-

транспортирующие сооружения через многофункциональный колодец и соединительный трубопровод, расположенные в незатапливаемом польдере ограниченного незатапливаемой дамбой. По завершении паводка запорная арматура открывается.

Регулирование уровня грунтовых вод, соответствующего норме осушения, производится посредством применения дрен, дренажных коллекторов второго порядка, соединительных трубопроводов с многофункциональными колодцами, накопительно-транспортирующих сооружений, по которым вода перемещается к регулирующей насосной станции и перебрасывается в подающе-сбросной канал, соединенный с водоприемником-водоисточником.

В засушливый период увлажнение полей любого из модулей первого, второго и т. д. осуществляется дождевальными машинами барабанного типа, работающими от напорного трубопровода, соединенного с мобильной насосной станцией с помощью фланцевого соединения, забирающей воду с многофункционального колодца, соединенного с накопительно-транспортирующими сооружениями через соединительные трубопроводы, при этом направление подачи воды регулируется посредством запорной арматуры. При недостатке объемов воды для орошения в накопительно-транспортирующих сооружениях производится ее пополнение с водоприемника-водоисточника, посредством подающе-сбросного канала и регулирующей насосной станции.

Для удобства эксплуатации соединительные трубопроводы с многофункциональными колодцами запорная арматура, фланцевое соединение, запорная арматура на коллекторе второго порядка затапливаемого польдера располагаются в границах технологических площадок, при этом технологическая площадка выполнена в двух уровнях нижнего и верхнего, используемых при различном наполнении водой накопительно-транспортирующих сооружений. При использовании площадки нижнего уровня для стоянки мобильной насосной станции, забор воды из колодца, осуществляется с применением всасывающего трубопровода, прокладываемого через прорезь в колодце.

Предложенная модульная осушительно-увлажнительная польдерная система может применяться на мелиорируемых землях, различных по площади и прилегающих к водному объекту, за счет увеличения или уменьшения количества унифицированных модулей.

Выводы. Проведенный обобщающий анализ существующих технических схем польдерных систем и систем двойного регулирования водного режима показал практическое отсутствие конструктивных решений, модульно унифицированных польдерных систем, имеющих линейно-протяженные накопительно-транспортирующие сооружения и позволяющих аккумулировать необходимый объем стока для последующего увлажнения с применением мобильной дождевальной техники и комплекса сооружений.

В результате исследований предложено усовершенствованное конструктивное решение модульной осушительно-увлажнительной польдерной системы двойного регулирования водного режима (по которому подана заявка на изобретение), выполненной в виде унифицированных модулей и включающей затапливаемый и незатапливаемый польдеры, накопительно-транспортирующие сооружения, технологические площадки, подающе-сбросной канал; отличается тем, что снабжена линейно-расположенными накопительно-транспортирующими сооружениями, соединенными трубопроводами с многофункциональными колодцами, расположенными в границах технологических площадок, при этом технологические площадки выполнены в двух уровнях, где верхний соответствует отметке поверхности земли прилегающей территории, а нижний – отметке уровня грунтовой воды, соответствующей норме осушения, а многофункциональный колодец расположен в граничной зоне двух уровней технологической площадки.

Библиографический список

1. Возможности реализации рециклинга на осушительно-увлажнительных системах гумидной зоны / В. П. Максименко, Е. Б. Стрельбицкая, А. П. Соломина, Н. В. Айриян // Природообустройство. 2016. № 2. С. 87–94. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_26139362_38800332.pdf
2. Губин В. К., Максименко В. П., Храбров М. Ю. Пути совершенствования осушительно-увлажнительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2016. № 1. С. 32–36.
3. Кашенко Н. М., Ковалев В. П., Васильев В. В. Расчет параметров польдерных систем сельскохозяйственного назначения // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. Горки. 2018. № 4. С. 128–132.
4. Кожанов А. Л., Воеводин О. В. Осушительно-увлажнительные системы на равнинных территориях с применением фронтальных и фронтально-круговых дождевальных машин // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 95–108. <http://www.rosniipm-sm.ru/article?n=1216>.
5. Кожанов А. Л. Обзор осушительно-увлажнительных систем с максимальным использованием возобновляемых природных ресурсов // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2020. № 2 (38). С. 105–123. <http://www.rosniipm-sm.ru/archive?n=660&id=667>.
6. Кожанов А. Л., Кириленко А. А., Грушко Д. В. Оценка потенциала дренажного стока в России для использования в целях увлажнения с применением осушительно-увлажнительных систем // Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 1–18. http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1211-field12.pdf.
7. Лихацевич А. П., Русецкий А. П. Оперативная схема управления водным режимом почвы в вегетационный период на осушительно-увлажнительных польдерных системах // Весці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. серыя аграрных навук. Мінск. 2007. № 2. С. 58–63.
8. Найденов С. В., Домашенко Ю. Е., Васильев С. М. Обзор водооборотных систем на основе гидромелиоративного рециклинга // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 2 (30). С. 95–111. http://rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb13-rec548-field6.pdf.
9. Ольгаренко Г. В., Рязанцев А. И., Терпигорев А. А. Совершенствование технологического процесса орошения и конструкции шланго-барабанных дождевальных машин с плоскосвариваемым шлангом // Экология и строительство. 2020. № 1. С. 32–41.
10. Щедрин В. Н., Кожанов А. Л. Модульные осушительно-увлажнительные системы двойного регулирования водного режима почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 351–360.
11. Яценко К. В., Килиди Х. И. Использование дренажного стока для целей орошения на осушительно-увлажнительной системе // Научное обеспечение агропромышленного комплекса. 2017. С. 1206–1207.
12. Assessment of Wastewater Reuse Effects on Nutrient Loads from Paddy Field Using Field-Scale Water Quality Model / S. M. Kim, S. J. Im, S. Park, J. J. Lee, B. L. Benham, T. I. Jang // Environmental Modeling & Assessment. 2008. № 13. P. 305–313.
13. Characteristics of drainage water quality and loading from paddy field under cyclic irrigation and its management options / N. Hatcho, K. Kurihara, Y. Matsuno, H. Horino // Journal of Water Resource and Protection. 2018. Vol. 10. № 1. P. 73–84.

Информация об авторах:

Кожанов Антон Леонидович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, 190/1), тел. +7 (918) 533-82-49; ORCID: 0000-0002-4240-1967; e-mail: AntonKozhanov1983@yandex.ru

Воеводин Олег Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела нормативно-методического обеспечения – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр-кт Баклановский, 190/1), тел. +7 (989) 714-56-59; ORCID: 0000-0003-1098-2979; e-mail: vovteh@yandex.ru

PARAMETERS OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES
IN THE PROCESSING OF CROP PROTECTION PRODUCTS

N. Yu. Kurchenko, Yu. V. Daus, E. V. Truflyak, Ya. A. Ilchenko

FSBEI HE "Kuban State Agrarian University", Russia, 350044, Krasnodar

Received 26.01.2022

Submitted 23.02.2023

*The study was carried out with the financial support of the Kuban Science Foundation
within the framework of the scientific project No. MFI-20.1/27*

Summary

The article analyzes the possibility of using unmanned aerial vehicles when spraying cultivated crops with pesticides and to determine the treatment parameters. The research was carried out at the scientific and production base of the Kuban State Agrarian University and the Federal Research Center for Biological Plant Protection for two types of UAVs DJI T10 and DJI T30. It can be concluded that it is necessary to take into account the height of processing, the rate of the working solution, and the width of the capture.

Abstract

Introduction. It is now relevant to introduce the effective plant protection system to prevent and control plant diseases and pests, while increasing the productivity and sustainability of agriculture. The use of UAVs is widely spread in modern agricultural management approaches (including aerial spraying) due to their high efficiency and flexibility, low labor and water requirements, and no damage to crops and soils, which can significantly increase the productivity and sustainability of agriculture. **The purpose of the study** is to analyze the possibility of using unmanned aerial vehicles when spraying cultivated crops with pesticides and to determine the treatment parameters. **Object of study.** The research was carried out at the scientific and production base of the Kuban State Agrarian University and the Federal Research Center for Biological Plant Protection. The study used two types of UAVs DJI T10 and DJI T30. **Materials and methods.** To establish the dependence of the spraying width on the height of the UAV flight and the norm of the working solution, in order to optimize the construction of the flight task, a number of exploratory production and field experiments were organized. **Results and conclusions.** As a result of the analysis of the obtained data, it can be concluded that when planning a flight task, it is necessary to take into account the height of processing, the rate of the working solution, and the width of the capture. The optimal time for chemical work with the application of UAVs is evening, night and morning hours. When spraying in the format of ultra-low-volume pollination, this is especially critical, since a cloud of pesticide is created and, with the slightest fluctuations in the air, it can be carried to the territories adjacent to the treatment site. With a wind force of more than 4 m/s, the uneven distribution of the working substance on the cultivated area increases significantly, and the efficiency decreases. Failure to comply with wind speed limits is especially dangerous when applying herbicides and desiccants, as drifting drops can lead to the death of sensitive crops and burns of nearby forest belts. Observations during treatments showed the possibility of drug drift from several meters to a kilometer.

Key words: precision farming, spraying, UAV, flight altitude.

Citation. Kurchenko N. Yu., Daus Yu. V., Truflyak E. V., Ilchenko Ya. A. Parameters of the use of unmanned aerial vehicles in the processing of crop protection products. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 527-536 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-58.

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 631.171

**ПАРАМЕТРЫ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ СРЕДСТВАМИ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР****Н. Ю. Курченко**, кандидат технических наук**Ю. В. Даус**, кандидат технических наук**Е. В. Труфляк**, доктор технических наук**Я. А. Ильченко**, кандидат технических наук*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
им. И.Т. Трубилина», г. Краснодар*

Дата поступления в редакцию 26.01.2022

Дата принятия к печати 23.02.2023

*Исследование выполнено при финансовой поддержке
Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № 20.1/73.*

Актуальность. Внедрить эффективную системы защиты растений для предотвращения и борьбы с болезнями и вредителями растений, одновременно повышая производительность и устойчивость сельского хозяйства – чрезвычайно актуально. Применение БПЛА находит широкое распространение в современных подходах к управлению сельским хозяйством (включая опрыскивание с воздуха) благодаря их высокой эффективности и гибкости, низкой потребности в рабочей силе и воде и отсутствию ущерба посевам и почвам, что существенно может способствовать повышению производительности и устойчивости сельского хозяйства. **Целью исследования** является анализ возможности использования беспилотных летательных аппаратов при опрыскивании возделываемых культур пестицидами и определение параметров обработки. **Объект исследования.** Исследования проводились на научно-производственной базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет» и ФНЦ «Биологической защиты растений». В исследовании использовались два типа БПЛА: DJI T10 и DJI T30. **Материалы и методы.** Для установления зависимости ширины опрыскивания от высоты полета БПЛА и нормы рабочего раствора, с целью оптимизации построения полетного задания был организован ряд поисковых производственно-полевых опытов. **Результаты и выводы.** В результате анализа полученных данных можно сделать вывод, что при планировании полетного задания необходимо учитывать высоту обработки, норму рабочего раствора и ширину захвата. Оптимальным временем проведения химработ с применением БПЛА являются вечерние, ночные и утренние часы. При проведении опрыскивания в формате ультрамалообъемного опыления это особенно критично, поскольку создается облако из пестицида и при малейших колебаниях воздуха оно может быть снесено на прилегающие к месту обработки территории. При силе ветра более 4 м/с значительно возрастает неравномерность распределения рабочего вещества на обрабатываемой площади, снижается эффективность. Несоблюдение ограничений по скорости ветра особенно опасно при обработке гербицидами и десикантами, так как сносимые капли могут привести к гибели чувствительных культур и ожогам близлежащих лесополос. Наблюдения во время обработок показали возможность сноса препарата от нескольких метров до километра.

Ключевые слова: точное земледелие, опрыскивание растений, БПЛА, высота полета БПЛА.

Цитирование. Курченко Н. Ю., Даус Ю. В., Труфляк Е. В., Ильченко Я. А. Параметры применения беспилотных летательных аппаратов при обработке средствами защиты растений сельскохозяйственных культур. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 527-536. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-58.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Вредители растений, сорняки и болезни серьезно влияют на сельскохозяйственное производство и угрожают продовольственной безопасности во всем мире [3]. По оценкам, около 30 % потерь урожая во всем мире ежегодно происходит из-за неблагоприятного воздействия сорняков, болезней и насекомых-вредителей [5]. Эта проблема становится еще более серьезной с учетом роста и старения населения, сокращения ресурсов, изменения окружающей среды и климата [6]. Поэтому крайне важно внедрить эффективную систему защиты растений для предотвращения и борьбы с болезнями и вредителями растений, одновременно повышая производительность и устойчивость сельского хозяйства. В настоящее время химические опрыскивания по-прежнему остаются наиболее эффективным методом профилактики и борьбы с вредителями и болезнями во всем мире [7]. В связи с этим на практике применяются различные способы опрыскивания с разной эффективностью, включая ручное ранцевое опрыскивание, наземное механическое опрыскивание, опрыскивание с воздуха с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) [4].

Точное земледелие обещает повысить урожайность сельскохозяйственных культур при одновременном снижении сельскохозяйственных затрат и воздействия на окружающую среду и поэтому вызывает все больший интерес как в академических кругах, так и в промышленности. Это также может улучшить качество рабочей среды и социальные аспекты ведения сельского хозяйства [6]. Эта стратегия управления опирается на различные передовые технологии, включая системы БПЛА и алгоритмы восприятия искусственного интеллекта. Применение БПЛА находит широкое распространение в современных подходах к управлению сельским хозяйством (включая опрыскивание с воздуха) благодаря их высокой эффективности и гибкости, низкой потребности в рабочей силе и воде и отсутствию ущерба посевам и почвам, что существенно может способствовать повышению производительности и устойчивости сельского хозяйства. Однако рабочие параметры БПЛА оказывают заметное влияние на распределение капель при распылении и в результате на коэффициент использования пестицидов и эффективность обработки. По данным [2], на объем отечественного рынка продукции и услуг с применением беспилотных авиационных систем (БАС) на начало 2021 года приходилось 0,7 % от мирового объема. При этом в Росавиации сообщили, что в 2021 году на учет в стране поставили 21 300 беспилотников до 30 кг, 80 % из них принадлежат физлицам, всего в базе данных ведомства 42 000 беспилотников. В то же время в FAA (Federal Aviation Administration – авиационный регулятор в США) зарегистрировано 860 000 дронов, из них более трети находятся в коммерческом пользовании [1]. Одним из стремительно растущих направлений по применению беспилотных летательных аппаратов становится отрасль сельского хозяйства. По прогнозам Global Market Insights к 2024 году объем мирового рынка сельскохозяйственных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) превысит \$1 млрд. Сейчас рынок беспилотных летательных аппаратов для сельского хозяйства стабильно развивается.

В 2022 году на территории Краснодарского края было организовано около 20 компаний, предлагающих услуги по обработке растений средствами защиты растений с применением БПЛА с системой опрыскивания.

Обработка с БПЛА предполагает ультромалообъемное опрыскивание (УМО) – это метод внесения пестицидов с добавлением небольшого количества воды, либо совсем без добавления, в виде высококонцентрированного, готового к применению препарата. Норма расхода рабочей жидкости при этом составляет от 5 до 20 л/га. Различия между УМО и другими методами заключается в объеме вносимого рабочего раствора, что, в свою очередь, сказывается на размере капель. Пестициды, которые разрешены

для авиационного внесения, отмечаются буквой (А) в Государственном каталоге пестицидов и агрохимикатов, утвержденном Минсельхозом России. По состоянию на апрель 2021 г., для авиационного внесения разрешены 128 препаратов российских и зарубежных производителей, из них 53 — гербициды. Для сравнения — в 2003 г. было зарегистрировано всего 12 препаратов для авиавнесения в сельском хозяйстве.

Для достижения необходимого размера капель применяются два типа распылителей: щелевые и вращающиеся (форсунки-атомайзеры), принципиальное отличие заключается в конструкции и принципе распыления.

В качестве щелевых распылителей в большинстве случаев применяются плоскоструйные распылительные наконечники расширенного диапазона. Рабочее давление — в диапазоне 1-4 бар, углы распыления — 80° и 110°, производительность одной насадки — 0,23-0,45 л/мин.

Цель исследования — анализ возможности использования беспилотных летательных аппаратов при опрыскивании возделываемых культур пестицидами и определение параметров обработки.

Объект исследования. Исследования проводились на научно-производственной базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет» и ФНЦ «Биологической защиты растений». В исследовании использовались два типа БПЛА: DJI T10 и DJI T30. Фото исследуемого участка представлено на рисунке 1.



Рисунок 1 – Исследуемый участок / Figure 1 - Studied area

Материалы и методы. Одно из основных требований, предъявляемых в сельском хозяйстве, — качество проведения агротехнических приемов и оптимизация производственных затрат. Для БПЛА в сельском хозяйстве эти критерии определяются качеством опрыскивания, которое, в свою очередь, зависит от ряда факторов: принятой нормы рабочего раствора, высоты полета, ширины захвата. Для установления зависимости ширины опрыскивания от высоты полета БПЛА и нормы рабочего раствора, с целью оптимизации построения полетного задания, был организован ряд поисковых производственно-полевых опытов.

Система распыления включает плоскоструйные распылительные наконечники расширенного диапазона TeeJet XR11001. Изготавливаются из нержавеющей стали и полимера с углами распыления 80° и 110°. Рабочее давление насоса — от 1,0 до 4,0 Бар. В конструкции БПЛА DJI T10 применяются 4 форсунки, в модели DJI T30 — 16 форсунок. Скорость полета при выполнении опыта — 10 км/ч, но в реальной обработке скорость зависит от нормы применения рабочего раствора и погодных условий: скорости и направления ветра, температуры, давления и влажности воздуха, типа подстилающей поверхности. Во время опытных полетов скорость ветра 1 м/с, температура воздуха — 21 °С.

Для стабилизации и позиционирования БПЛА применялась штатная высокоточная система навигации и позиционирования D-RTK. Точность зависания по горизонтали ± 10 см, по вертикали – ± 10 см. Диапазон частот использования RTK: GPS L1/L2, GLONASS F1/F2, BeiDou B1/B2, Galileo E1/E5; GNSS: GPS L1, GLONASS F1, Galileo E1.

Результаты и обсуждение. Параметры проведения опыта и результаты измерения для БПЛА: DJI T10 и DJI T30 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры проведения опыта и результаты измерения для БПЛА: DJI T10 и DJI T30

Table 1 – Experimental parameters and measurement results for DJI T10 and DJI T30 UAVs

Высота полета, м	Нормы применения рабочего раствора, л/мин.		Среднее значение ширины опрыскивания, м	
Тип БПЛА	DJI T10	DJI T30	DJI T10	DJI T30
1	0,8	2,0	2,3	3,9
1	1,2	2,4	2,7	4,3
1	1,6	2,8	2,8	4,5
3	0,8	2,0	3,4	4,4
3	1,2	2,4	3,2	4,9
3	1,6	2,8	3,3	5,5
5	0,8	2,0	4,3	6,1
5	1,2	2,4	5,1	7
5	1,6	2,8	5,5	7,3

Ширину опрыскивания определяли по пятну на маркерной бумаге. Для фиксации зоны попадания частиц жидкости применялся краситель (рисунок 2).



Рисунок 2 – Установка маркерной бумаги / Figure 2 – Installing marker paper

График зависимости ширины обработки от высоты полета и нормы применения рабочего раствора приведен на рисунке 3.

Для определения зависимости качества опрыскивания от высоты был организован опыт на участке площадью 1 га. Норма расхода рабочей жидкости принята 7 л/га. Результаты опыта приведены в таблице 2

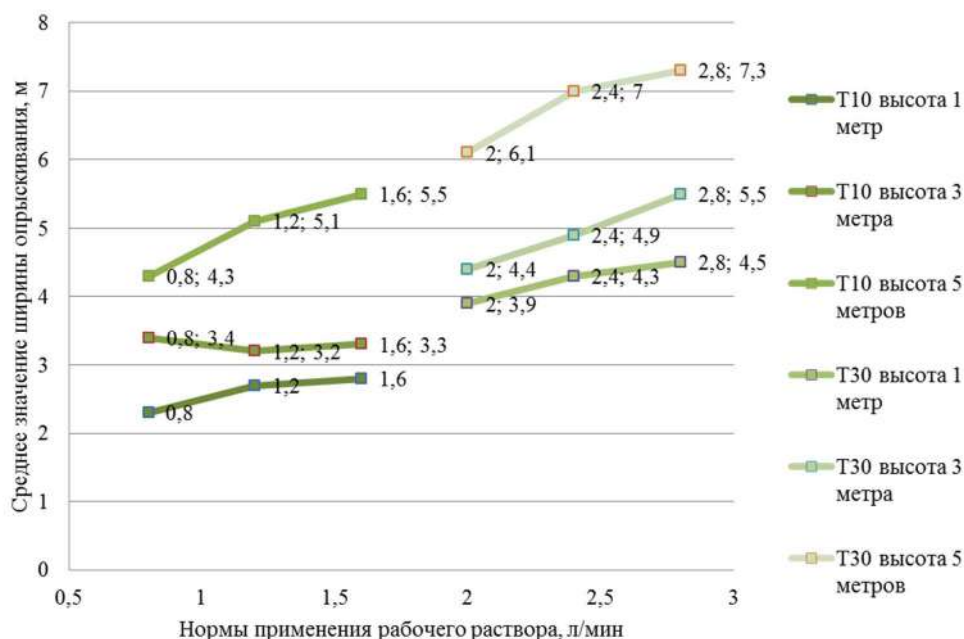


Рисунок 3 – График зависимости ширины обработки от высоты полета и нормы применения рабочего раствора

Figure 3 – Graph of the dependence of the processing width on the flight altitude and the rate of application of the working solution

Таблица 2 – Параметры проведения опыта и результаты измерения для БПЛА DJI T10

Table 2 - Parameters of the experiment and measurement results for the DJI T10 UAV

Высота, м	Ширина, м	Среднее значение по участку, м
1	2,7; 2,8; 2,9; 3; 3,3	2,85
2	3,1; 3,2; 3,4; 3,5; 3,6; 3,9	3,44
3	5,0; 5,2; 5,3	5,19
4	5,1; 5,3; 5,4; 5,5; 5,7; 5,8	5,71
5	6,0; 6,4; 6,5; 6,7; 6,8; 6,9	6,58

Результаты обработки на различных высотах приведены на рисунке 3.

Для определение биологической эффективности проводили количественный и массовый учет сорняков на контрольном и опытных вариантах.

Сравнительные данные по засоренности на контрольном и опытном вариантах, полученные при одновременном учете после обработки БПЛА, будут характеризовать эффективность обработки. Биологическую эффективность определяли согласно методическим указаниям по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве. Регистрационную учетную площадку приняли размером 0,25 м². На каждом участке принимали по 10 учетных площадок.

Эффективность обработки $C_{испр}$ определяется выражением:

$$C_{испр} = 100 - \frac{A_0^2}{B_0^2} \cdot 100,$$

где A_0^2 – число (масса) сорняков на опытном участке; B_0^2 – число (масса) сорняков на контрольном участке.



Рисунок 3 – Результаты обработки на высотах:
а – 1 метр; б – 2 метра; в – 3 метра; г – 4 метра; д – 5 метров

Figure 3 – Results of processing at heights:
a – 1 meter; b – 2 meters; c – 3 meters; g – 4 meters; d – 5 meters

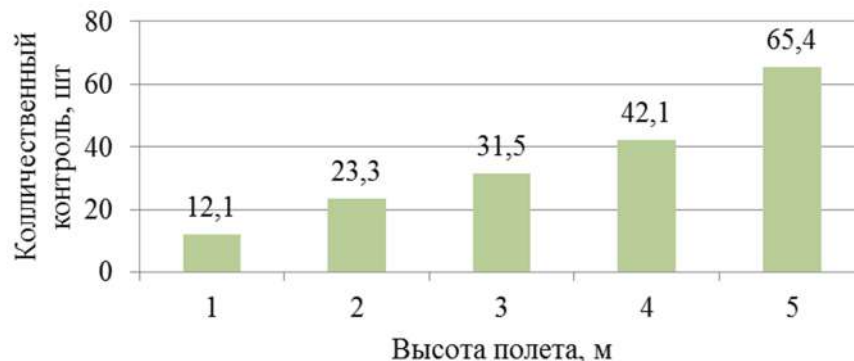


Рисунок 4 – Определение биологической эффективности по количественному учету

Figure 4 – Determination of biological effectiveness by quantitative accounting

Особое внимание уделено смесительному узлу для подготовки рабочего раствора. Для высокопроизводительного использования техники на заправочном пункте крайне желательно иметь две емкости по 250-500 л, в которых поочередно готовят раствор (рабочее вещество) для заправки БПЛА.

Прицепной комплекс (ПК) обеспечивает перевозку и полный цикл работы до четырех БПЛА в полевых условиях. ПК необходимо оборудовать безопасным рабочим местом для операторов, отсеками для всего необходимого оборудования и растворным узлом для сухих и жидких препаратов. Как правило, комплекс располагается на базе двухосевого прицепа-платформы размером 3,5х2 м. Возможны вариации конфигурации.

При правильном планировании задач и достаточном количестве аккумуляторов возможна непрерывная работа на протяжении всей смены.

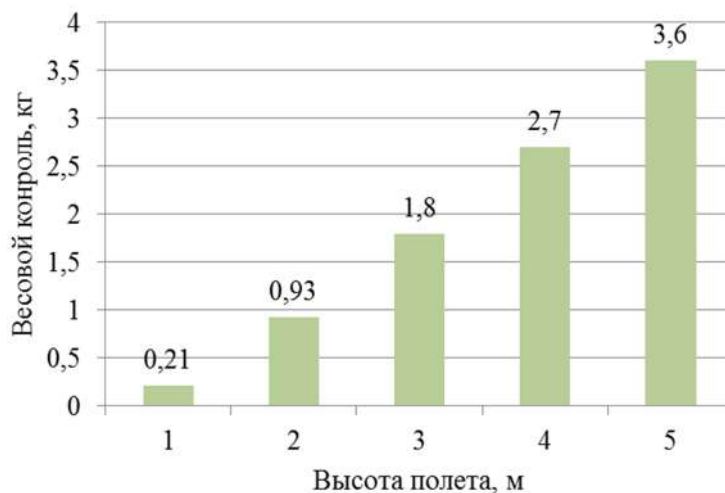


Рисунок 5 – Определение биологической эффективности по весовому учету

Figure 5 – Determination of biological effectiveness by weight accounting

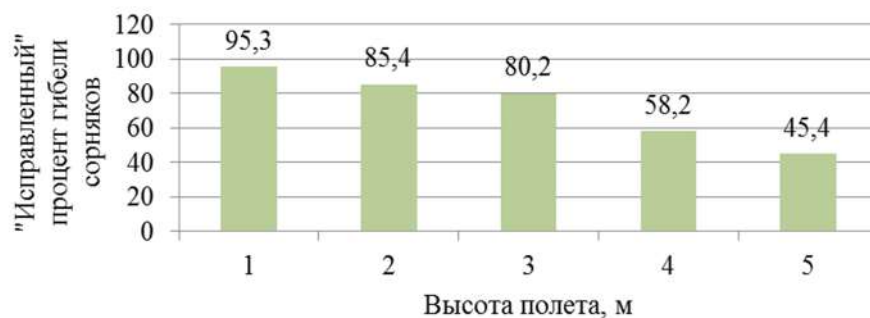


Рисунок 6 – Определение биологической эффективности по «исправленному проценту» гибели сорной растительности

Figure 6 – Determination of biological effectiveness by the "corrected percentage" of weed death

Ключевые особенности ПК: комплекс рассчитан на хранение и перевозку необходимого оборудования для обеспечения бесперебойной работы до 4-х единиц БПЛА; оснащён растворным узлом и местами хранения БПЛА, генераторов, АКБ, а также безопасным рабочим местом для операторов на крыше; предназначен для компактного, удобного и эффективного хранения и эксплуатации беспилотной авиационной системы; оборудован подсветкой рабочего пространства и генератором для обеспечения освещения и работы ПК.

Основные преимущества растворного узла (РУ): непрерывность работы, снижение количества простоев, увеличение нормы выработки; высокое качество «растворной смеси» (без комков и твердых примесей); обработка более 100 га посевных площадей при одной заправке РУ; возможность принудительного забора воды в каждую из ёмкостей через два установленных насоса; для высокопроизводительного использования техники на заправочном пункте желательно иметь две емкости по 250-500 л, в которых поочередно готовят раствор (рабочее вещество) для заправки БПЛА; система внутренней промывки баков с собственным баком объёмом 50 л; замешивание в каждой ёмкости производится мешалкой из пищевой нержавеющей стали и дополнительно установленным насосом; в состав РУ входит шкаф управления двигателями насосов.

Примерная схема прицепного комплекса представлена на рисунке 7.

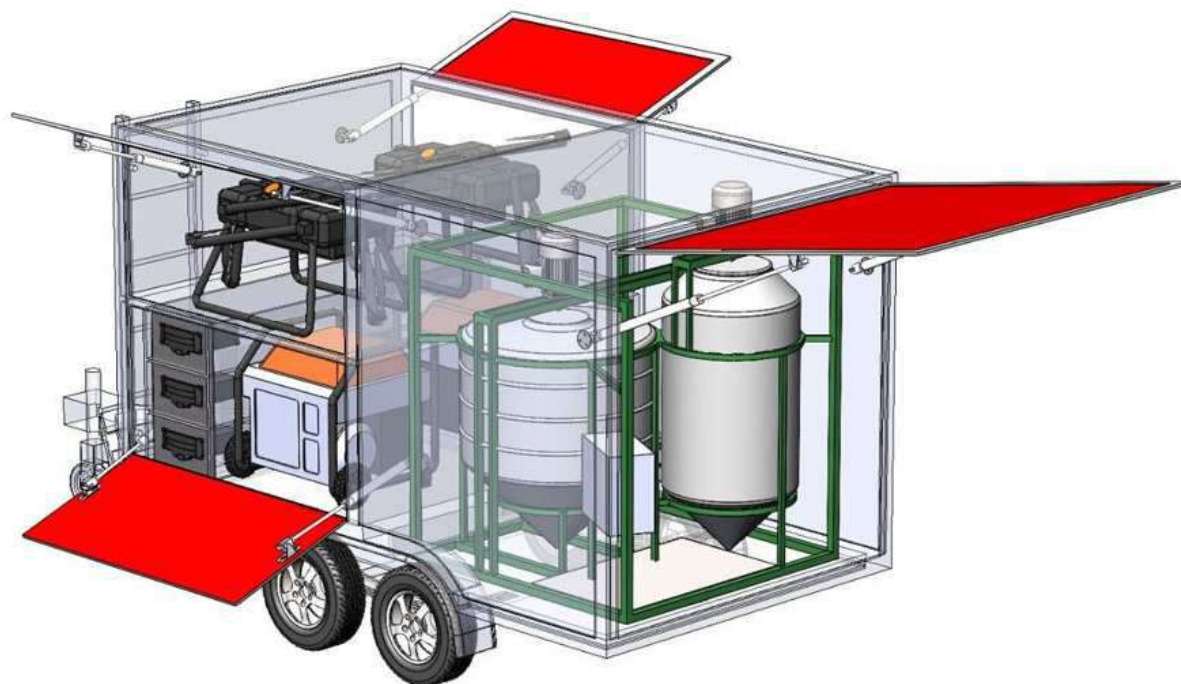


Рисунок 7 – Примерная схема прицепного комплекса

Figure 7 – Approximate scheme of the trailer complex

Технико-экономические и эксплуатационные показатели БПЛА приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Технико-экономические и эксплуатационные показатели БПЛА

Table 5 – Technical, economic and operational indicators of the UAV

Объем бака, л	10	30
Стоимость (смесительный узел включен), руб.	2 000 000	3 000 000
Время полета, мин.	10	13
Ширина захвата на высоте 5 метра, м	5	7
Норма расхода рабочей жидкости, л/га	5-15	5-25
Производительность за полет, га	1-3	3-6
Производительность за час, га	3-9	9-18
Производительность за смену, га	24-72	72-144
Время заряда батареи, мин.	10	10
Стоимость услуг, руб./га	1 300	1 300
Количество сопоставимое штанговому опрыскивателю, шт.	6	3

Выводы. В результате анализа полученных данных можно сделать вывод о том, что при планировании полетного задания необходимо учитывать высоту обработки, норму рабочего раствора и ширину захвата. Особенно важен учет ширины захвата при обработке гербицидами, так как вследствие ошибки могут быть пропуски, а как результат – засоренность участка и снижение урожайности, с одной стороны, а с другой, – увеличенная норма обработки при больших перекрытиях приведет к перерасходу препарата и возможной гибели культуры.

Одно из важнейших условий эффективного и безопасного выполнения работ по опрыскиванию – правильно выбранное время суток для обработки. Оптимальным временем проведения химработ с применением БПЛА являются вечерние, ночные и утренние часы (примерно с 20:00 до 8:00). В дневное время поверхность земли нагревается, возрастает температура воздуха у поверхности земли, формируются восходящие конвекционные потоки воздуха, препятствующие оседанию рабочего раствора на растение, а также способствующие сносу или частичному испарению капель. Предельная температура воздуха для обработки с БПЛА – 26 °С. При проведении опрыскивания в формате ультрамалообъёмного опыления это особенно критично, поскольку создаётся облако из пестицида и при малейших колебаниях воздуха оно может быть снесено на прилегающие к месту обработки территории. При силе ветра более 4 м/с значительно возрастает неравномерность распределения рабочего вещества на обрабатываемой площади, снижается эффективность. Несоблюдение ограничений по скорости ветра особенно опасно при обработке гербицидами и десикантами, так как сносимые капли могут привести к гибели чувствительных культур и ожогам близлежащих лесополос. Наблюдения во время обработок показали возможность сноса препарата от нескольких метров до километра.

Библиографический список

1. Курченко Н. Ю., Ильченко А. Я. Алгоритм определения урожайности по ортофото-плану // Сельский механизатор. 2021. № 1. С. 5.
2. Труфляк Е. В., Курченко Н. Ю. Оценка готовности регионов к внедрению цифровых технологий в сельское хозяйство // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2019. № 10 (180). С. 22-26.
3. AI meets UAVs: A survey on AI empowered UAV perception systems for precision agriculture / J. Su, X. Zhu, Sh. Li, W.-H. Chen // Neurocomputing. 2023. Vol. 518. P. 242-270.
4. Effects of operation height and tree shape on droplet deposition in citrus trees using an unmanned aerial vehicle / Y. Tang, C. J. Hou, S. M. Luo, J. T. Lin, Z. Yang, W. F. Huang // Computers and Electronics in Agriculture. 2018. V. 148. P. 1-7.
5. Experimental evaluation of UAV spraying for peach trees of different shapes: Effects of operational parameters on droplet distribution / Y. Meng, J. Su, J. Song, W.-H. Chen, Y. Lan // Computers and Electronics in Agriculture. 2020. Vol. 170. 105282.
6. Spatio-temporal monitoring of wheat yellow rust using UAV multispectral imagery / J. Su, C. Liu, X. Hu, X. Xu, L. Guo, W.-H. Chen // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. V. 167. 105035.
7. Vertical distribution and vortex structure of rotor wind field under the influence of rice canopy / J. Li, Y. Shi, Y. Lan, Sh. Guo // Computers and Electronics in Agriculture. 2019. Vol. 159. P. 140-146.

Информация об авторах

Курченко Николай Юрьевич, заведующий кафедрой физики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: kalya1389@gmail.com.

Даус Юлия Владимировна, доцент кафедры физики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), кандидат технических наук, тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: zirochka2505@gmail.com.

Труфляк Евгений Владимирович, заведующий кафедрой эксплуатации и технического сервиса, руководитель центра прогнозирования и мониторинга в области точного сельского хозяйства, автоматизации и роботизации Кубанского государственного аграрного университета ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), кандидат технических наук, доцент, тел. 8 (861) 221-59-42, trufliak@mail.ru.

Ильченко Яков Андреевич, доцент кафедры электрических машин и электропривода, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), кандидат технических наук, тел. +7 (918) 150-95-64, e-mail: ilchenko82@mail.ru.

THEORETICAL AND PRACTICAL ASPECTS OF CREATING A TECHNICAL SYSTEM FOR IRRIGATION OF AGRICULTURAL CROPS ON COMPLEX SALINE SOILS

A. V. Mayer, V. V. Vybornov

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
And Land Reclamation named after A. N. Kostyakov»*

Received 12.12.2022

Submitted 01.03.2023

Summary

The article presents an irrigation system for irrigation of agricultural crops cultivated on saline svetlo-kashtan soils, with the function of enriching irrigation water with catalytically purified exhaust gases.

Abstract

Introduction. In the Volgograd region, light chestnut soils occupy a significant part of the territory. Along with fertile lands with good heat supply, this territory has a number of unfavorable factors that prevent the production of consistently high yields of agricultural products. Basically, these are saline soils, which occupy up to 12% weakly and medium, up to 5% strongly saline soils. Insufficient and unstable moisture, frequent droughts, burdened by dry winds, wind and water erosion, lead to low soil fruiting. **Object.** To improve the structure of saline soils, we have proposed a drip irrigation system with irrigation water enrichment - purified carbon dioxide (CO₂). **Materials and methods.** The research was based on the materials of a number of well-known scientists (Morozov S. S., Morozova A. S., Gudkova Z. P., Kazakova L. A., Babushkin V. M., Mochulsky S. K., Netbaylo V. D., etc.) The above scientists studied the effects of carbon dioxide and the effect of exhaust gases on saline soils and its positive effect on plants as a whole. The research used an irrigation system for low-volume drip irrigation, equipped with a catalyst - neutralizer and a water mixer activator. A diesel engine of the D-245 brand is proposed as a source of carbon dioxide. **Results and conclusions.** When the diesel engine is running, combustion products are formed with a lot of toxic substances that are not desirable when the irrigation water is activated with carbon dioxide. Crude exhaust gases enter the oxidizing catalyst at the entrance, during the passage through the catalyst, the crude exhaust gases are not neutralized by means of honeycomb ceramic cells and at the output we get purified CO₂ + H₂O. Irrigation water and carbon dioxide are transported to the mixer, where the water is enriched with carbon dioxide. As a result, activated irrigation water through irrigation pipelines, through water outlets, enters the soil, where a chemical reaction occurs, resulting in the structure of the saline soil being improved. At the same time, plants receive more fertilizing elements, hence a significant increase in yield. **Conclusions.** Studies by a number of scientists have proved the positive effect of carbon dioxide on the structure-forming processes of saline soils, on the growth and development of agricultural crops. The developed improved irrigation system will expand research on the study of technological processes in the cultivation of agricultural crops and determine the technical characteristics of an improved stationary irrigation system.

Key words: *irrigation system, engine, carbon dioxide, catalyst, purification, mixer, water activation, irrigation methods, salt soil.*

Citation. Mayer A. V., Vybornov V. V. Theoretical and practical aspects of creating a technical system for irrigation of agricultural crops on complex saline soils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 537-544 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-59.

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

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

УДК 674.674

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ
ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
КУЛЬТУР НА КОМПЛЕКСНЫХ СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВАХ****А. В. Майер**, кандидат сельскохозяйственных наук
В. В. Выборнов, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова*

Дата поступления в редакцию 12.12.2022

Дата принятия к печати 01.03.2023

Актуальность. В Волгоградской области светло-каштановые почвы занимают значительную часть территории. Наряду с плодородными землями, хорошей теплообеспеченностью, эта территория имеет ряд неблагоприятных факторов, препятствующих получению стабильно высоких урожаев сельскохозяйственной продукции. В основном это солонцы, которые занимают до 12 % слабо- и средне-, до 5 % сильносолонцеватые почвы. Недостаточность и неустойчивость увлажнения, часто повторяющиеся засухи, отягощенные суховеями, ветровая и водная эрозия приводит к низкому плодородию почв. **Объект.** Для улучшения структуры солонцовых почв нами предложена капельная система орошения с обогащением поливной воды очищенным углекислым газом (CO_2). **Материалы и методы.** В основу исследований легли материалы ряда известных ученых (Морозов С. С., Морозова А. С., Гудкова З. П., Казакова Л. А., Бабушкин В. М., Мочульский С. К., Нетбайло В. Д. и др.). Вышеперечисленные ученые изучали влияние углекислого газа и выхлопных газов на солонцовые почвы, а также его положительное воздействие на растения в целом. В исследованиях использовалась система орошения для малообъемного капельного орошения, доукомплектованная катализатором - нейтрализатором и водным смесителем-активатором. В качестве источника углекислого газа предложен дизельный двигатель марки Д-245. **Результаты и выводы.** При работающем дизельном двигателе образуются продукты сгорания с множеством токсичных веществ, которые нежелательны при активации поливной воды углекислым газом. На входе в окислительный катализатор поступают неочищенные выхлопные газы, в период прохождения через катализатор неочищенные выхлопные газы нейтрализуются посредством сотовых керамических ячеек и на выходе мы получаем очищенный $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$. Поливную воду и углекислый газ мы транспортируем в смеситель, где и происходит обогащение воды углекислым газом. В результате активированная поливная вода посредством поливных трубопроводов через водовыпуски попадает в почву, где происходит химическая реакция, вследствие чего улучшается структура солонцовой почвы. Растения при этом получают больше удобрительных элементов, отсюда значительная прибавка урожая. Исследованиями ряда ученых доказано положительное действие углекислого газа на структурообразовательные процессы солонцовых почв, на рост и развитие сельскохозяйственных культур. Разработанная усовершенствованная система орошения позволит расширить исследования по изучению технологических процессов при возделывании сельскохозяйственных культур и определить технические характеристики усовершенствованной стационарной системы орошения.

Ключевые слова: системы орошения, технологии орошения, способы полива, солонцовые почвы.

Цитирование. Майер А. В., Выборнов В. В. Теоретические и практические аспекты создания технической системы для орошения сельскохозяйственных культур на комплексных солонцовых почвах. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 537-544. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-59.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Значительная пестрота почвенного покрова Волгоградского региона, непредсказуемость погодных условий, многоплановость специализации фермерских хозяйств потребовали научного обеспечения агропромышленного комплекса. Необходимость направления обусловливается прогрессивным снижением органического вещества, ухудшением физических, водно-физических и химических показателей почвы, и как следствие, большими затратами на получение сельскохозяйственной продукции. В зоне распространения каштановых почв эта проблема обозначилась особенно остро, где в отдельных районах не только приостанавливается прирост урожайности, но и четко проявляются тенденции снижения урожая зерновых и кормовых культур [2, 5, 7, 10]. Основной причиной этого, наряду с ограниченными природными и технологическими ресурсами, оказалось вовлечение в пашню почв с высокой долей участия солонцов, на которых при традиционной агротехнике возделывания сельскохозяйственных культур ресурсы плодородия были частично или полностью исчерпаны. Это вызвало необходимость глубокого научного поиска с целью создания нетрадиционных технологий для повышения плодородия солонцовых почв [1, 6, 8, 13]. В результате многолетних исследований (Морозов С. С., Морозова А. С. Гудкова З. П., Казакова Л. А., Бабушкин В. М., Мочульский С. К., Нетбайло В. Д. и мн. др.) задача была решена. Предложенные ими технологии получили широкое распространение в хозяйствах, расположенных в зоне солонцовых комплексных почв. В настоящее время работы по мелиорации солонцовых почв приостановлены, прекращены и научные исследования в этом направлении.

На данный момент в Волгоградской области насчитывается до 24 000 га капельного орошения. С приходом в сельскохозяйственное производство новых стационарных капельных и комбинированных систем орошения нового поколения возникла возможность продолжения с их помощью разрабатывать новые технологии орошения для экологически безопасных способов полива сельскохозяйственных культур и улучшения плодородия солонцовых почв. Анализ проведенных исследований по разработке технологий, таких как глубокое рыхление почвы (с трехъярусной вспашкой почвы), внесение в почву большого количества органических удобрений, внесение в почву гипса и сернокислого железа, позволит предложить технологию орошения для окисления солонцовых почв посредством вноса в почву активированной воды, насыщенной углекислым газом [1, 3, 5, 7].

В проводимых ранее исследованиях обогащение солонцовых почв углекислым газом применяли при вспашке через сошники, последний из почвы очень быстро улетучивался, но тем не менее все равно были положительные тенденции к значительной прибавке урожая. Нами предложен вариант внесения в солонцовую почву CO_2 с поливной водой. Предложенный способ уменьшит летучесть CO_2 и будет обеспечивать его концентрацию на более длительное время, что, несомненно, положительно скажется на структуре солонцовой почвы и в конечном результате на урожайности возделываемых сельскохозяйственных культур.

Материалы и методы. Материалом исследований являлись конструктивные компоненты системы капельного орошения и отдельное вмонтированное в систему орошения устройство для очистки выхлопных газов посредством катализатора-нейтрализатора с последующей активацией поливной воды очищенным углекислым газом. В исследованиях использовалась ссылка на разработки К.К. Гедройца теоретических основ солонцового процесса, в формировании неблагоприятных водно-физических и химических свойств для установления ведущей роли обменно-поглощенного натрия в солонцовых почвах.

Результаты и обсуждение. Необходимость разработки различных способов увеличения концентрации в почве углекислоты с целью повышения интенсивности ионообменных реакций при мелиорации солонцовых почв давно привлекает внимание

ученых. Подача в почву углекислоты в жидком, твердом или газообразном состоянии встречает серьезные технические и организационные трудности в условиях производства. По данным М.М. Кононовой (1972), разложение органических остатков в почве сопровождается образованием соединений, индивидуально созданных природой, многие из которых обладают физиологической активностью и канцерогенными свойствами, в частности 3-4 бензопирен, обнаруженный в почвенных вытяжках. Это дает основание утверждать, что наличие канцерогенов в почве является естественным состоянием. Такое количество бензопирена не представляет опасности загрязнения биосферы [1, 7, 12]. Многие авторы [7, 9, 11] утверждают, что растворимость карбоната кальция и активность реакций замещения можно повысить путем перевода карбоната CaCO_3 в биокарбонат – $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Важным условием для этого является наличие в почве углекислоты (Лагунова, 1995, Кауричев и др., 1964). Несмотря на образование в почве CO_2 , в естественных условиях растения положительно реагируют на внесение фосфорных удобрений, что свидетельствует о недостатке фосфора в почве. Причины этого, по-видимому, в низкой растворимости CaCO_3 , и обуславливаются они биохимической природой образования CO_2 , условиями его растворения до образования H_2CO_3 . Таким образом, возникает необходимость при дальнейших исследованиях создать условия для увеличения в почве углекислого газа и усиления его растворяющей способности.

Исследованиями ряда ученых доказано положительное действие двуокиси углерода на рост и развитие растений. На почве предварительно обработанной отработанными газами тракторного двигателя, растения накапливают большее количество фосфора, что свидетельствует об оптимальном уровне питания, и создают большую вегетативную массу и массу корневой системы. Положительное влияние углекислоты на рост корней отмечает К. А. Блек (1973). Он установил, что скорость удлинения корней сои была больше, когда почва аэрировалась газовой смесью, содержащей 5 % CO_2 , нежели когда продували обычный воздух, содержащий 0,03 % CO_2 . К. К. Гедройц отмечал, что *«растворимость углесолей кальция и магния находится в прямой зависимости от содержания углекислоты в почвенном растворе; поэтому все, что повышает содержание углекислого газа в почве, ускоряет естественный процесс рассолонцевания»*. Поэтому поиск рационального решения этой задачи привел нас, как и предыдущих ученых (В. М. Бабушкин, А. И. Баранов), к решению использовать в качестве источника двуокиси углерода выхлопные отработанные газы тракторного дизельного двигателя Д-245.

В 2021...2022 гг. нами были проведены исследования по очистке выхлопных газов посредством их пропуска через емкость с поливной водой. В результате очистки сажевые примеси выхлопных газов всплывали на поверхность зеркала воды в емкости. Затем сажевые пятна утилизировали путем их сбора сетчатым капроновым водозаборным фильтром. Очищенная вода, обогащенная углекислым газом, использовалась для полива овощной огуречной продукции. Результаты эксперимента показали положительную динамику развития плодов и растений огурца в сравнении с контрольными лунками – на 17...20 %. Опыты по изучению влияния очищенных выхлопных газов на солонцовую почву и производство овощной продукции продолжаются.

В КФХ «Выборнов В. Д.», расположенном в Ленинском районе Волгоградской области, где сотрудниками нашего отдела проводятся ежегодные исследования, была смонтирована капельная система орошения для полива овощных культур. Почва опытных участков светло-каштановая в комплексе с солонцами. Водозабор в систему капельного

орошения осуществляется с оросительного канала посредством насоса и дизельного двигателя Д-245. Имея в наличии нужную для наших исследований систему орошения, мы пришли к выводу о необходимости разработки оросительной системы на ее базе, которая позволит не только очищать выхлопные газы дизельного двигателя от токсических веществ, но и обогащать поливную воду очищенным углекислым газом. В результате активации поливной воды у нас появится возможность доставлять ее через капельные водовыпуски в почву, к корневой системе возделываемых растений. Обогащенная поливная вода положительно скажется на структурообразовательных процессах солонцовых почв. Наши предложения сводятся к усовершенствованию функциональных возможностей систем капельного орошения, осуществляющих водозабор насосными станциями от дизельных двигателей. Мы предлагаем доукомплектовать их установками для обязательной очистки выхлопных газов посредством современных окислительных «катализаторов», с применением «сажевых фильтров».

На рисунке 1 представлена условная схема опытной системы капельного орошения. В конструкцию системы орошения входит узел газоочистки 6 и устройство 9 для подачи активированной углекислым газом поливной воды на орошаемый участок.

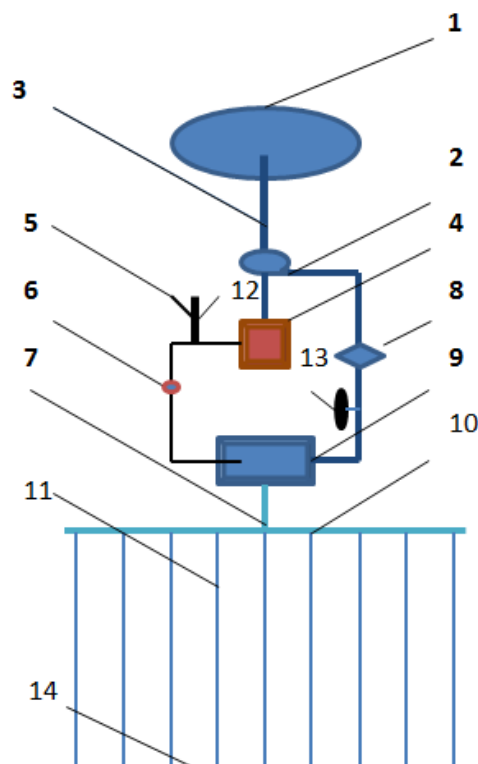


Рисунок 1 – Условная система орошения для активации поливной воды углекислым газом:

- 1 – оросительный канал; 2 – насос; 3 – всасывающий трубопровод; 4 – двигатель;
- 5 – инжекторная заслонка; 6 – катализатор нейтролизатор; 7 – выходной трубопровод;
- 8 – фильтровальная станция; 9 – смеситель; 10 – распределительный трубопровод;
- 11 – поливные трубопроводы; 12 – вывод выхлопных газов; 13 – контролер запорной арматуры;
- 14 – замыкающий трубопровод

Figure 1 – Conditional irrigation system for activating irrigation water with carbon dioxide:

- 1 – irrigation channel; 2 – pump; 3 – suction pipeline; 4 – engine; 5 – injection valve;
- 6 – catalyst neutrolizer; 7 – outlet pipeline; 8 – filtration station; 9 – mixer; 10 – distribution pipeline;
- 11 – irrigation pipelines; 12 – exhaust gas outlet; 13 – shut-off valve controller; 14 – closing pipeline

Принцип работы системы орошения. Водозабор поливной воды осуществляется из оросительного сооружения 1 насосной станцией 2 при помощи дизельного двигателя, затем поливная вода, пройдя через блок фильтровальной станции 8, поступает в смеситель 9. Выхлопные отработанные газы выбрасываются двигателем 4 внутреннего сгорания посредством газораспределительного механизма через выхлопную трубу 12 в атмосферу. При правильном регулировании заслонки инжектора 5, установленной на выхлопной трубе 12, отработанные токсичные газы вместе с углекислым газом проходят узел очистки 6. Пройдя через катализатор-нейтрализатор 6, очищенный на 98 % углекислый газ попадает в смеситель 9. В смесителе 9 углекислый газ перемешивается с поливной водой и поступает в распределительный трубопровод 10, затем через водовыпуски поливных трубопроводов 11 в почву. При комбинированном орошении активированная вода через дисперсионные насадки попадает на листовую поверхность возделываемых растений.

В промышленном производстве существует несколько видов катализаторов-нейтрализаторов выхлопных газов, с их установкой как на автомобильные бензиновые двигатели, так и на дизельные тракторные двигатели. Кроме катализаторов-нейтрализаторов, используются сажевые фильтры с системой ввода присадок к топливу для активной регенерации (сжигание частиц сажи). Сажевый фильтр с католитическим покрытием выполняет несколько функций: окисление CO и HC; окисление NO до NO_x и окисление CO до CO₂ + H₂O.

Рассмотрим принцип очистки выхлопных газов в предлагаемом окислительном катализаторе-нейтрализаторе, где протекают окислительные реакции посредством соприкосновения концентратов токсических газов с драгметаллами, находящимися в керамических сотовых ячейках. Основная реакция:

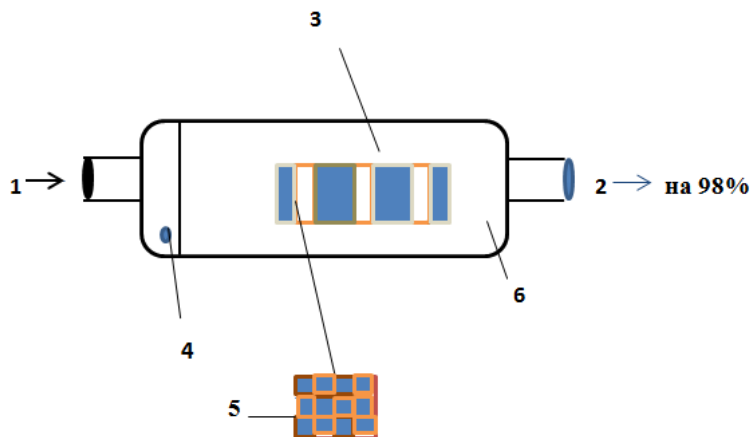
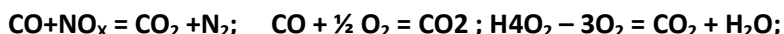


Рисунок 2 – Условная схема катализатора для очищения выхлопных газов:

1 – неочищенные газы; 2 – очищенные выхлопные газы; 3 – теплоизоляционный экран;
4 – отверстие для датчика кислорода; 5 – керамические соты; 6 – корпус катализатора

Figure 2 – Conditional scheme of the catalyst for purification of exhaust gases:

1 – untreated gases; 2 – purified exhaust gases; 3 – thermal insulation shield; 4 – hole for oxygen sensor; 5 – ceramic honeycombs; 6 – catalyst housing

Представленный катализатор-нейтрализатор используется для очистки выхлопных газов от токсических и канцерогенных веществ в современной автомобильной промышленности. Мы предлагаем использовать катализатор-

нейтрализатор для очистки выхлопных газов дизельного двигателя, который является частью конструкции оросительной системы, посредством которого осуществляется водозабор поливной воды и доставка ее в солонцовую почву к корневой системе возделываемых овощных культур. Очистка отработанных газов в дизельном двигателе происходит путем введения в систему орошения катализатора-нейтрализатора. Традиционный дизельный катализатор представляет собой обычный окислительный катализатор для нейтрализации оксида углерода и углеводородов. Катализатор рассчитан на 180...250 часов работы. Затем в катализаторе заменяется очистительный блок и катализатор пригоден для дальнейшего использования.

Выводы. Подводя общий итог вышеизложенному, мы пришли к заключению о том, что очищенные посредством сажевого фильтра и катализатора-нейтрализатора выхлопные газы очищаются на 98 % от канцерогенных и токсических веществ. Активируя оросительную воду очищенным углекислым газом путем прохождения через смеситель системы орошения, мы осуществляем оросительный полив сельскохозяйственных культур, возделываемых на солонцовых почвах. Обогащенная поливная вода обеспечивает впоследствии улучшение химических особенностей солонцов, повышает содержание органического вещества, растворимость карбонатов, труднодоступных фосфатов почвы и основных элементов питания. Все это свидетельствует о повышении естественного плодородия в процессе интенсивного использования солонцовых почв. Существенная активация этих процессов может быть достигнута при постоянной подаче в почву поливной воды, обогащенной углекислым газом, полученным из отработанных газов тракторного двигателя. Таким образом, доказано положительное влияние на солонцовую почву отработанных выхлопных газов, в частности очищенного углекислого газа. Также отмечается улучшение водно-физических свойств солонцовой почвы и интенсивная мобилизация труднодоступных фосфатов почвы, что приводит в итоге к повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Бабушкин В. М., Баранов А. И. Мелиорация темнокаштановых солонцовых почв южного региона России: монография. Новочеркасск, 2007. С. 136-151.
2. Бородычев В. В., Конторович И. И. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа // Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 8-10.
3. Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
4. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природообустройство. 2016. № 3. С. 90-96.
5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.
6. Казакова Л. А. Окультуривание труднодоступных солонцов на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Мелиорация и водное хозяйство. 2006. № 4. С. 45-47.
7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
8. Майер А. В. Система орошения для мелиорации светло-каштановых солонцовых почв // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1. С. 20-27.
9. 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.

10. Соловьев Д. А., Роботизированный оросительный комплекс "Каскад" // Аграрный научный журнал. 2020. № 1. С. 74-78.
11. 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.
12. Haider S. Projected crop water requirement over agroclimatically diversified region of Pakistan // Agricultural and Forest Meteorology. 2020. V. 281. P. 107824.
13. Quantification of gypsum requirement for amelioration of saline sodic soil / A. R. Bangar, R. P. Deshpande, A. K. Single, D. More // Makarashtra Agr. Union. 1982. P. 85-86.

Информация об авторах:

Майер Александр Владимирович – старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения, Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (РФ 127750, г. Москва, ул. Большая академическая, 44, корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: [orkid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916), тел: 89053378678, email: vkovniigim@yandex.ru

Выборнов Владимир Владимирович - старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова (РФ 127750, г. Москва, ул. Большая академическая, 44, корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: [orkid.org/0000-0003-2743-9825](https://orcid.org/0000-0003-2743-9825), тел: 89377112999, email: vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-60

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE PARAMETERS OF THE DISTRIBUTION DEVICE OF A ROW SEEDER

I.S. Martynov, M.N. Shaprov, S.V. Tronev,
A.V. Sedov, A.A. Mikhailenok

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 02.10.2022

Submitted 02.12.2022

Abstract

Introduction. Product yield is the main goal in solving most problems related to the improvement of technological processes and working parts of agricultural machines. In the prevailing territories of the Lower Volga region, the yield of agricultural crops is affected by negative weather conditions. The main factors affecting the yield of crops are the resources of heat, light and the availability of soil moisture, especially in the spring-summer period. First of all, this concerns tilled crops, among which melons and gourds are the most responsive to these parameters. One of the main problems in their cultivation is sparse seedlings. **Object.** The object of research is a seeder for seeding of row crops at different depths. **Materials and methods.** In order to reduce economic costs and provide optimal conditions for seed germination, it is proposed to use a different depth-nested sowing, which is carried out by an improved seeder. The distribution of seeds in a row is provided by a sowing machine and a distributing device made in the form of a roller. It has three cells located at an angle of 45°. The profile of the first and third cells have a curved surface that connects the middle and outer parts of the roller. The second cell is made cone-shaped without displacement. **Results and conclusions.** When analyzing the technological process of sowing row crops, it was revealed that one of the key points is the process of filling the cells of the spreading roller with seeds. The functionality of the roller depends on the parameters of the cells, taking into account the characteristics of the seeds. Properly formed roller cells distribute the seeds into the coulter openings, ensuring alternate sowing in them, excluding skips and double hits.

Key words: *coulter, seeds, row crops, distributing device, cells, seeder, productivity.*

Citation. Martynov I. S., Shaprov M. N., Tronev S.V., Sedov A.V., Mikhailenok A. A. Theoretical substantiation of the cell parameters of the roller of the distribution device of a row seeder. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 544-556 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-60.

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 631.331.5.022

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛЯЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА ПРОПАШНОЙ СЕЯЛКИ****И. С. Мартынов**, кандидат технических наук, доцент**М. Н. Шапров**, доктор технических наук, профессор**С. В. Тронеv**, доктор технических наук, профессор**А. В. Седов**, кандидат технических наук, доцент**А. А. Михайлёнок***ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 02.10.2022

Дата принятия к печати 02.12.2022

Актуальность. Урожайность продукции является основной целью при решении большинства задач, связанных с усовершенствованием технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин. На преобладающих территориях Нижнего Поволжья на урожайность сельскохозяйственных культур влияют негативные погодные условия. Главными факторами, влияющими на урожайность сельхозкультур, являются ресурсы тепла, света и наличие почвенной влаги, особенно, в весенне-летний период. В первую очередь это касается пропашных культур, среди которых наиболее отзывчивыми на указанные параметры являются бахчевые. Одна из главнейших проблем при их возделывании – изреженные всходы. **Объект.** Объектом исследований является сеялка для разноглубинно-гнездового посева пропашных культур. **Материалы и методы.** С целью снижения экономических затрат и обеспечения оптимальных условий для всхожести семян предлагается использовать разноглубинно-гнездовой посев, который осуществляется усовершенствованной сеялкой. Распределение семян в рядке обеспечивается высевающим аппаратом и распределяющим устройством, выполненным в виде ролика. На нем имеются три ячейки, расположенные под углом 45°. Профиль первой и третьей ячеек имеют криволинейную поверхность, которая соединяет среднюю и крайние части ролика. Вторая ячейка выполнена конусообразной без смещения. **Результаты и выводы.** При анализе технологического процесса посева пропашных культур было выявлено, что одним из ключевых моментов является процесс заполнения ячеек распределяющего ролика семенами. Функциональность ролика зависит от параметров ячеек, учитывающих характеристики семян. Правильно сформированные ячейки ролика распределяют семена в проемы сошника, обеспечивают последовательный высеv в них, исключая пропуски и двойное попадание.

Ключевые слова: сошники, семена пропашных культур, распределяющие устройства, ячейки, сеялки, пропашные сеялки.

Цитирование. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Тронеv С.В., Седов А. В., Михайлёнок А. А. Теоретическое обоснование параметров распределяющего устройства пропашной сеялки. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 544-556. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-60.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Уровень урожайности продукции является основной целью при решении большинства задач, связанных с усовершенствованием технологических процессов и рабочих органов сельскохозяйственных машин [1-4, 6-9, 12]. На преобладающих территориях Нижнего Поволжья получение урожая сельскохозяйственных культур связано с негативными ситуациями.

Главными факторами, влияющими на урожайность сельхозкультур, являются ресурсы тепла, света и в особенности наличие почвенной влаги [4, 5, 11].

Особенно это касается пропашных культур, среди которых наиболее отзывчивыми на указанные параметры являются бахчевые. Одна из главнейших проблем при их возделывании – изреженные всходы.

В связи с этим посев необходимо осуществлять таким образом, чтобы обеспечить благоприятные условия для прорастания семян и дальнейшего развития растений. Эти условия формируются правильным сочетанием различных параметров. К ним относятся технологии заделки семян в почву с учетом сроков, норм высева и площади питания растений.

Материалы и методы. В полевых условиях установить подходящую глубину заделки семян с обеспечением для них одинаковых условий по всей площади невозможно. Поэтому с целью формирования для семян оптимального сочетания «температура – влажность» предлагается использовать разноглубинно-гнездовой посев, для осуществления которого разработана сеялка (рисунок 1). Она состоит из рамы 1, подвески 2, пневматического высевающего аппарата 3, семенного ящика 4, распределяющего устройства 5, сошника 6, загортачей 7, катка 8, шлейфа 9 [4, 11].

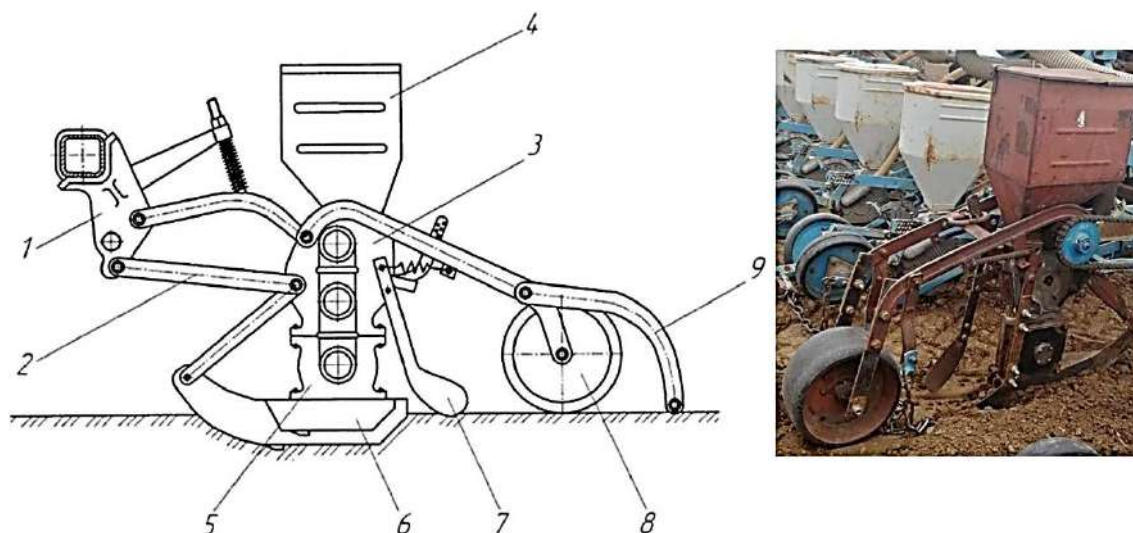


Рисунок 1 – Сеялка : 1- кронштейн, 2- подвеска, 3- высевающий аппарат, 4- семенной ящик, 5- распределяющее устройство, 6-сошник, 7- загортачи, 8- каток, 9- шлейф

Figure 1 – Seeder: 1 – bracket, 2 – suspension, 3 – sowing machine, 4 – seed box, 5 – distributing device, 6 – coulters, 7 – harrows, 8 – rolling wheel, 9 – plume

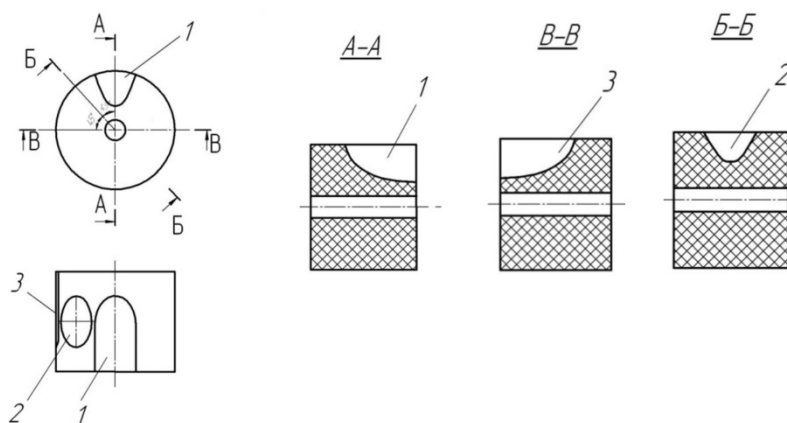


Рисунок 2 – Ролик распределяющего устройства

Figure 2 – Roller of the distributing device

Распределение семян в рядке зависит от работы высевающего аппарата и распределяющего устройства. Последнее выполнено в виде ролика, закрепленного на приводном валу (рисунок 2). На ролике имеются ячейки 1, 2, 3, расположенные под углом 45° друг от друга [4,12].

Результаты и обсуждение. При посеве семена из бункера поступают в высевающий аппарат. Выссевающе-распределяющее устройство размещает в борозде семена на расстоянии $l_{вс}$. При этом обеспечивается их пунктирно-гнездовая заделка с длиной гнезда $l_{гн}$ и междугнездием $l_{мг}$ (рисунок 3).

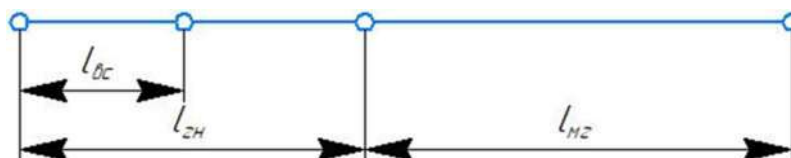


Рисунок 3 – Схема заделки семян / Figure 3 – Seed sealing scheme

Суммарная длина $l_{общ} = l_{гн} + l_{мг}$ пропорциональна параметрам высевающего диска (рисунки 3, 4):

$$(l_{гн} / l_{общ}) = (\beta_{гн} \cdot n / 2\pi), \quad (1)$$

где $\beta_{гн} = \beta_1 + \beta_2$ – угол между ячейками; n – число групп ячеек на диске.

Поэтому угол $\beta_{гн}$ равен:

$$\beta_{гн} = (2\pi \cdot l_{гн} / l_{общ} \cdot n). \quad (2)$$

Также:

$$\beta_{гн} = \omega_{вд} \cdot t_{гн}, \quad (3)$$

где $\omega_{вд}$ – угловая скорость высевающего диска, c^{-1} ; $t_{гн}$ – время семян в гнезде, с.

Учитывая уравнения (2) и (3), определим угловую скорость высевающего диска:

$$\omega_{вд} = (2\pi \cdot l_{гн}) / (l_{общ} \cdot n \cdot t_{гн}) \quad (4)$$

или

$$\omega_{вд} = (2\pi \cdot l_{вс}) / (l_{общ} \cdot n \cdot t_{в}), \quad (5)$$

где $t_{в}$ – промежуток времени между высевом первого и второго семян, с.

Также угловая скорость высевающего диска $\omega_{вд}$ (рисунок 4) будет равна:

$$\omega_{вд} = (i \cdot v_m) / R_k \quad (6)$$

где i – передаточное отношение между оборотами колеса сеялки и выссевающим аппаратом; R_k – радиус приводного колеса, м; v_m – скорость движения МТА, м/с.

Учитывая уравнения (5) и (6), определим время между высевом первого и второго семян:

$$t_{в} = (2\pi \cdot l_{вс} \cdot R_k) / (l_{общ} \cdot n \cdot i \cdot v_m). \quad (7)$$

Время между высевом первого и второго семян также будет равно:

$$t_{в} = t_{2с} + \Delta t, \quad (8)$$

где Δt – время перемещения ролика, с; $t_{2с}$ – высев семени во второй проем сошника, с, которое будет равно:

$$t_{2c} = \frac{\beta_3}{\omega_p} + \sqrt{\frac{2h_3}{g}}, \quad (9)$$

где β_3 – угол поворота распределяющего ролика, град; ω_p – угловая скорость распределяющего ролика, c^{-1} (рисунок 6); h_3 – высота сошника, м (рисунок 5).

Учитывая уравнения (7) и (9), время перемещения ролика, определим:

$$\Delta t = \frac{2\pi l_c R_1}{i v_m n l_{\text{общ}}} - \sqrt{\frac{2(h_3)}{g}}. \quad (10)$$

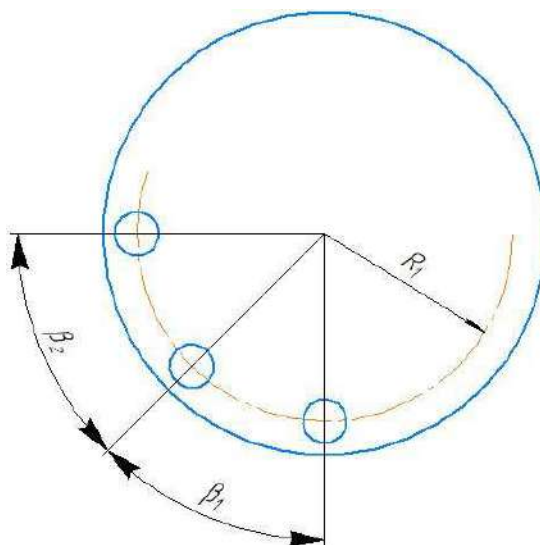


Рисунок 4 – Схема распределения ячеек / Figure 4 – Scheme of distribution of cells

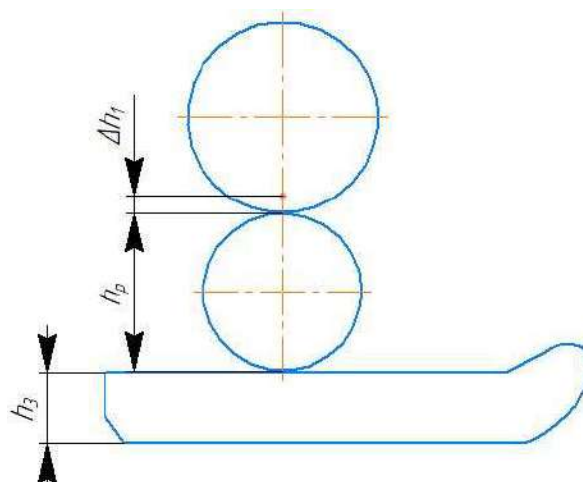


Рисунок 5 – Схема посевной секции / Figure 5 – Scheme of the sowing section

Учитывая уравнение (2), углы между ячейками на диске, определим по формулам:

$$\beta_1 = \frac{2\pi l_{\text{вс}}}{n l_{\text{общ}}}, \quad (11)$$

$$\beta_2 = \beta_{\text{гн}} - \beta_1. \quad (12)$$

С учетом (2) и (11) уравнение (12) примет вид:

$$\beta_2 = (2\pi \cdot l_{\text{гн}} - 2\pi \cdot l_{\text{вс}}) / (l_{\text{общ}} \cdot n). \quad (13)$$

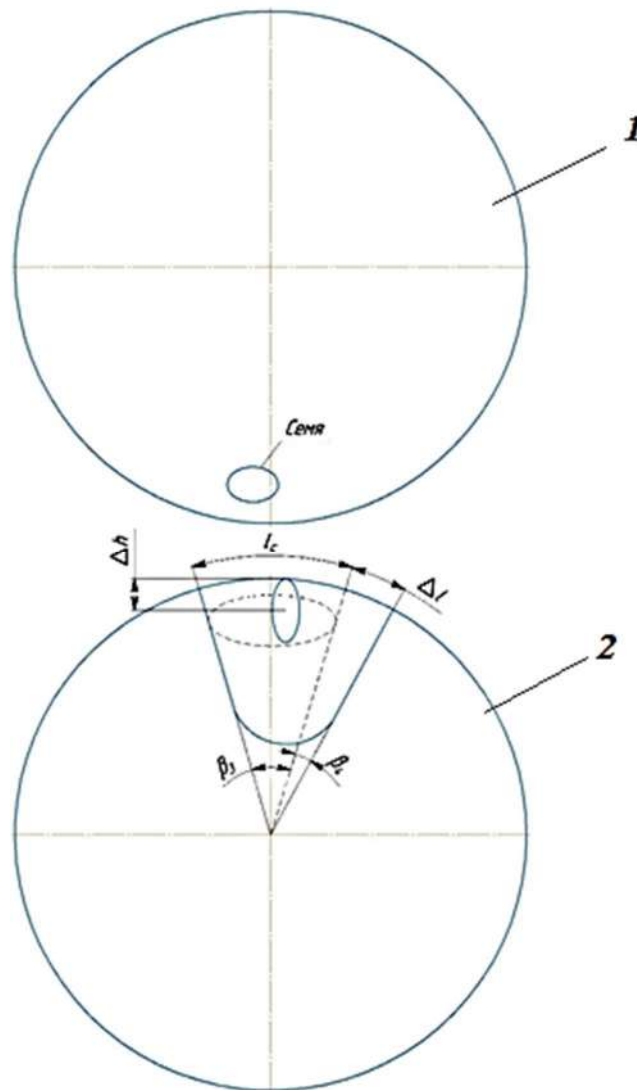


Рисунок 6 – Схема прцесса заполнения ячейки семенем: 1-высевающий диск; 2 - ролик

Figure 6 – Scheme of the process of filling the cell with seed: 1- sowing disc; 2 - roller

При горизонтальном расположении оси вращения, на которой расположен диск, отрыв семени от него будет осуществляться в точке О (рисунок 7).

Падающее семя можно принять за материальную точку. Тогда на нее будут действовать две силы (рисунок 7): сила тяжести и сила сопротивления воздуха, действующая в направлении, противоположном вектору скорости частицы.

Движение семени при этом описывается (рисунок 7) дифуравнениями при $R=k \cdot v_l^2$, где R – сила сопротивления воздуха, K – коэффициент сопротивления:

$$m_c \ddot{x} = -R_x \quad (14)$$

$$m_c \ddot{y} = m_c g - R_y.$$

После подстановки значений R_x и R_y и преобразований получим:

$$\begin{aligned} m_c \ddot{x} &= -k \dot{x} (\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{1/2}, \\ m_c \ddot{y} &= m_c g - k \dot{y} (\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{1/2}. \end{aligned} \quad (15)$$

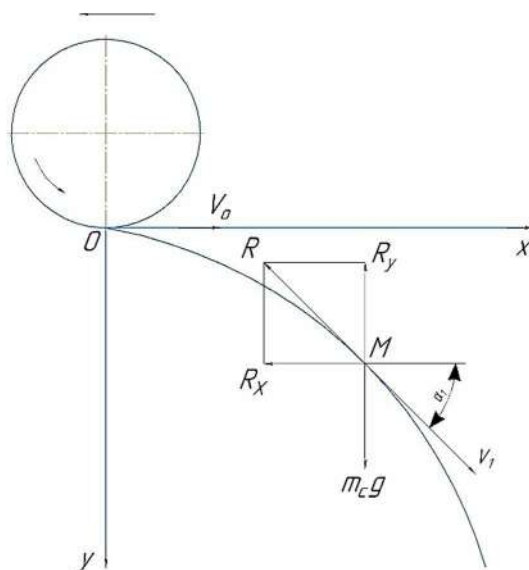


Рисунок 7 – Схема движения семени из ячейки высевающего диска

Figure 7 – Scheme of the movement of the seed from the cell of the sowing disc

Для решения уравнений (15) воспользуемся разложением функции в ряд Маклорена:

$$f(h) = f(0) + \frac{h^1}{1!} f'(0) + \frac{h^2}{2!} f''(0) + \frac{h^3}{3!} f'''(0) + \dots \quad (16)$$

Ограничиваясь первыми тремя членами ряда (16), функции $x(t)$ и $y(t)$ примут вид:

$$x(t) = x(0) + t\dot{x}(0) + \frac{t^2}{2}\ddot{x}(0) + R'_3(\theta_1, t) \quad (17)$$

$$y(t) = y(0)t\dot{y}(0) + \frac{t^2}{2}\ddot{y}(0) + R''_3(\theta_2, t).$$

Используя начальные условия $t = 0$, находим:

$$x(0)=0; \dot{x}(0) = v_0; \ddot{x}(0) = -Cv_0^2; |(\dot{x}^2 + \dot{y}^2)^{1/2}|_{t=0} = v_0;$$

$$y(0) = 0; \dot{y}(0) = 0; \ddot{y}(0) = g.$$

Подставив эти значения в уравнения (17), получим:

$$x(t) = v_0 t - \frac{cv_0^2}{2} t^2 + R'_3(\theta_1, t); \quad (18)$$

$$y(t) = \frac{g}{2} t^2 + R_3(\theta_2, t).$$

А координаты движения семени до распределяющего ролика примут вид:

$$x = v_0 t - \frac{cv_0^2}{2} t^2, \quad (19)$$

$$y = \frac{g}{2} t^2, \quad (20)$$

где v_0 – начальная скорость движения семени, м/с или с учетом значения C и скорости $v_{кр}$ витания (парусности) семян, м/с:

$$x = v_0 t - \frac{g v_0^2}{2 v_{кр}^2} t^2. \quad (21)$$

Для определения траектории движения семени с учетом $a = \frac{g v_0^2}{2 v_{кр}^2}$ выразим из уравнения (21) t как функцию x :

$$a t^2 - v_0 t + x = 0.$$

При решении получим:

$$t = \frac{v_0^2}{g v_0} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2g}{v_{кр}^2} x} \right). \quad (22)$$

Из выражения (20) находим t :

$$t = \sqrt{\frac{2}{g}} y. \quad (23)$$

После преобразований найдем x в функции от y :

$$x = v_0 \sqrt{\frac{2}{g}} y - \frac{v_0^2}{v_{кр}^2} y. \quad (24)$$

Для определения длины ячейки $l_{я}$ необходимо учитывать размерные характеристики семян и время перемещения семян на величину h_c таким образом, чтобы семя вошло в ячейку.

Для определения времени $t_{пс}$ определим высоту падения семени (рисунок 8):

$$h_c = h_1 + \Delta h, \quad (25)$$

где h_1 – расстояние между ячейкой высевающего диска и распределяющим роликом, м; Δh – величина, равная половине семени, м:

$$\Delta h = \frac{1}{2} l_c.$$

Зная расстояние от ячейки высевающего диска до распределяющего ролика (принимается конструктивно), определим время t_3 :

$$t_3 = \sqrt{\frac{2h_1}{g}}. \quad (26)$$

Так как конструктивно высевающий диск и распределяющий ролик имеют одинаковый диаметр, а цепная передача обеспечивает синхронность их вращения, то угловые скорости соответственно равны $\omega_d = \omega_p$.

Зная угловую скорость вращения ролика ω_p и время t_1 , определим угол β_3 поворота ролика:

$$\beta_3 = \omega_p \times t_3. \quad (28)$$

Длина дуги за время t_1 равна:

$$l_1 = (\pi R_p / 180) \times \beta_3. \quad (29)$$

Подставив значение (27) и (28) в формулу (29), получим:

$$l_1 = (\pi R_p / 180) \times \omega_p \sqrt{\frac{2h_1}{g}}. \quad (30)$$

Причем длина дуги l_1 должна удовлетворять условию $l_1 \geq l_c$.

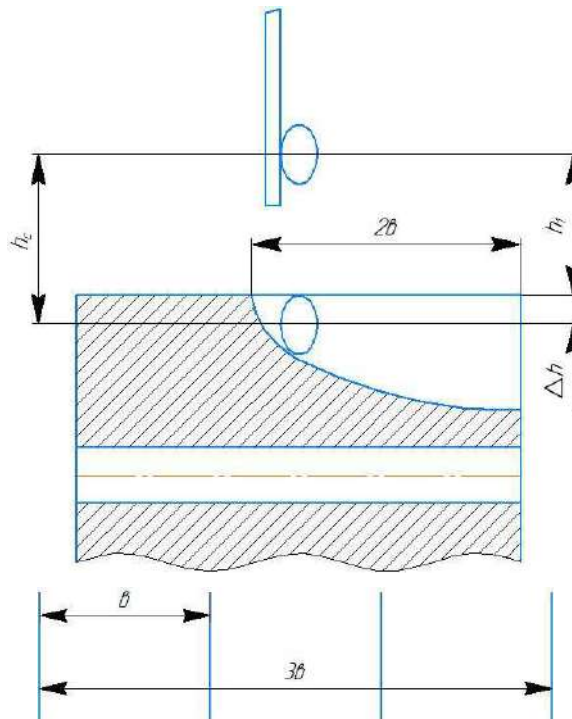


Рисунок 8 – Схема распределяющего ролика / Figure 8 – Scheme of the distributing roller

Для обеспечения заполнения ячейки семенем необходимо учитывать угол смещения ролика на величину β_4 .

При этом расстояние перемещения ролика определим по формуле:

$$\Delta l = (\pi R_p / 180) \times \omega_p \sqrt{\frac{2\Delta h}{g}} = 0,001 \text{ м}. \quad (31)$$

Таким образом, длина ячейки $l_{я}$ определяется по формуле:

$$l_{я} = l_c + \Delta l.$$

Так как максимальную длину семени, равную 0,025 м, имеет тыква, то длина ячейки с учетом выражения (31):

$$l_{я} = 0,025 + 0,001 = 0,026 \text{ м}.$$

Поверхность ячейки распределяющего ролика имеет вид кривой (рисунок 8). Однако при соприкосновении семени с этой поверхностью происходит его отскок (рисунок 9).

Скорость V_n семени до удара направлена под углом α к нормали N . После его контакта с поверхностью семя движется со скоростью V_0 под углом β к нормали N (рисунок 9).

Спроектируем скорость V_0 на ось X :

$$V_{ox} = k_e V_n \cos |90^\circ - \alpha - \beta|, \quad (32)$$

где k_e – коэффициент восстановления семени; α – угол падения семени; β – угол отражения семени.

Зная глубину y_n ширину x_n ячейки и поверхность, описываемую уравнением $y=ax^2$, определим коэффициент a :

$$a = (y_n / x_n^2). \quad (33)$$

Производная от функции $f(x)$ в точке x является угловым коэффициентом касательной, проведенной к кривой $y=f(x)$ в точке с абсциссой X :

$$f'(x) = \operatorname{tg} \alpha,$$

где α – угол между осью X и касательной к кривой в данной точке, град.

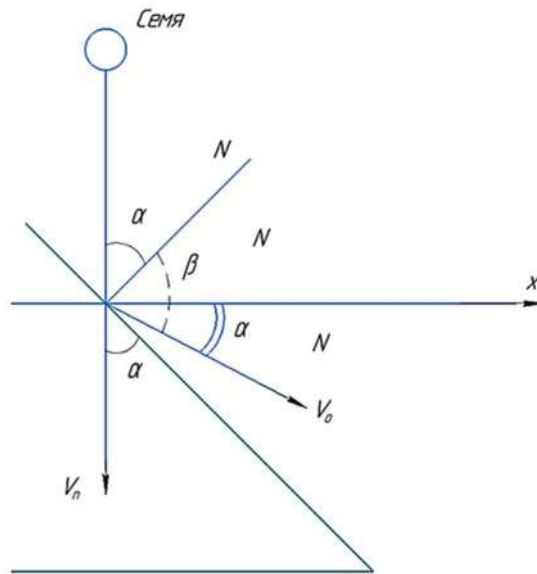


Рисунок 9 – Схема движения семени / Figure 9 – Scheme of seed movement

Поэтому поверхность ячейки можно представить в виде множества касательных с разной абсциссой:

$$\operatorname{tg} \alpha = 2ax, \gamma = 90^\circ - \alpha. \quad (33)$$

После контакта семени с поверхностью ячейки (рисунок 10) возможны два варианта его перемещения.

В первом случае семя соприкасается с поверхностью в точке A_1 . Не контактируя с поверхностью, оно движется до края ячейки при условии:

$$\angle(90 + \alpha - \beta) > (\angle A_1 A_4 A_2), \quad (34)$$

где $(\cdot)A_4$ – крайняя точка ячейки; $(\cdot)A_2$ – проекция $(\cdot)A_1$ на ячейку.

В этом случае направление движения семени после контакта с ячейкой при $\alpha \leq 80^\circ$ приближается к плоскости отражения. По сути оно будет перемещаться ее криволинейной поверхностью.

Иное происходит при соприкосновении семени в точке A_3 . Оно имеет определенную скорость относительно оси X , а путь семени:

$$L_0 = V_{ox} \cdot t_0 \quad (35)$$

$$L_0 = V_{0x} \sqrt{\frac{2z_4}{g}},$$

где z_4 – расстояние от точки контакта до края ячейки, м.

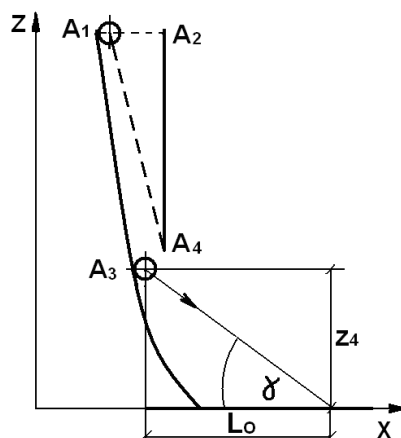


Рисунок 10 – Схема движения семени при контакте с поверхностью ячейки

Figure 10 – Scheme of the movement of the seed in contact with the surface of the cell

Так как функциональной задачей ролика является перемещение семени из центральной его части к краям для направления семян в левый и правый проемы сошника, для определения параметров ячейки необходимо учитывать размеры сошника и характеристики семян.

Ширину проема сошника для разноглубинной заделки семян примем равной b , тогда ширина сошника – $3b$.

Ширина ячейки определяется из конструктивных параметров и функционального назначения. Так как ширина проема сошника b , то ширина верхней части ячейки, обеспечивающей захват семени равна $2b$, а ширина распределяющего ролика $3b$.

Разделим ячейку на две равные части (рисунок 11). Получим $b_{\text{я}} = b_{\text{я1}} + b_{\text{я2}}$.

Учитывая, что $b_{\text{я1}} = b_{\text{я2}}$, то $b_{\text{я}} = 2b$, получим $b_{\text{я1}} = b_{\text{я2}} = b = 0,03 \text{ м}$, то $b_{\text{я}} = 0,06 \text{ м}$.

Для обеспечения движения семени необходимо определить углы δ_1 и δ_2 , а также глубину ячейки $h_{\text{я}} = h_{\text{я1}} + h_{\text{я2}}$, при этом должно выполняться условие $\delta_1 \geq \varphi$ и $\delta_2 \geq \varphi$, где φ – угол терния семени о поверхность ячейки, град.: $h_{\text{я}} = h_{\text{я1}} + h_{\text{я2}} = 0,05 \text{ м}$.

Максимальный угол трения для семян тыквы составляет 31° , поэтому принимаем $\delta_1 = 31^\circ$.

Зная ширину ячейки и максимальный угол трения семени о материал ячейки, определим $h_{\text{я1}}$: $h_{\text{я1}} = b \tan \delta_1 = 0,03 \tan 31^\circ = 0,018 \text{ м}$.

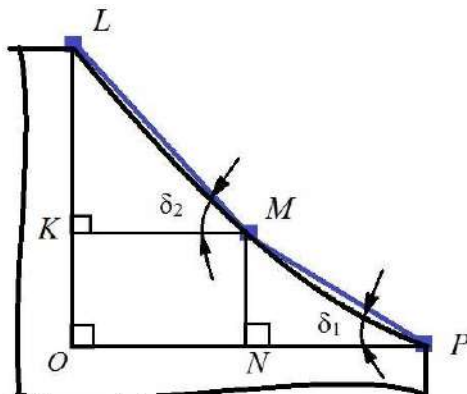


Рисунок 11 – Схема определения профиля ячейки

Figure 11 – Scheme for determining the cell profile

Рассмотрим прямоугольный треугольник LKM. Т.к. $KM=NP$ (конструктивно), то $KM=NP=b=0,03\text{м}$. Из точки М проводим линию до пересечения с вертикальной линией из точки О. Проведя замер, определим значение $LK=h_{я2}=0,032\text{м}$ и угол $\delta_2=\arctg(0,032/0,03)=47^\circ$.

Таким образом, глубина ячейки распределяющего ролика: $h_{я}=h_{я1}+h_{я2}=0,018+0,032=0,05\text{ м}$.

Зная размерные параметры ячейки, определим уравнение, описывающее параболическую поверхность ячейки $y=7x^2-53x+121$.

Выводы. Проведенные теоретические расчеты и обоснования позволили определить основные параметры распределяющего устройства. Размерные параметры ячеек распределяющего ролика осуществляют смещение семян к левому и правому проемам сошника и обеспечивают поочередный высев в них, исключая пропуски и двойное попадание.

Библиографический список

1. Анализ конструкций пропашных сеялок / В. И. Хижняк [и др.] // Вестник аграрной науки Дона. 2020. № 4 (52). С. 42–52.
2. Ахалая Б. Х., Шогенов Ю. Х. Универсальная конструкция высевающего диска для пунктирного и совмещенного посевов пропашных культур // Агроинженерия. 2018. № 5. С. 7-11.
3. Кобченко С. Н., Костенко Н. А., Маньшин А. А. Оценка адаптивности ячеек высевающего диска // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 4. С. 40-43.
4. Мартынов И. С., Шапров М. Н. Разноуровневый гнездовой посев семян пропашных культур // Сельский механизатор. 2019. № 8. С. 10-11.
5. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Михайленок А. А. Результаты лабораторных исследований работы сошника для разноглубинной заделки семян // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 316-324.
6. Основные направления совершенствования сеялок точного высева пропашных культур / А. А. Завражнов [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2022. № 1. С. 8-21.
7. Теоретические исследования по определению допустимой скорости ложечек высевающего аппарата для посева проросших семян бахчевых культур / А. Н. Цепляев [и др.] // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 3. С. 75-77.
8. Теоретическое исследование процесса дозирования семян с использованием нагнетающего воздушного потока / В. И. Хижняк [и др.] // Вестник Аграрной науки Дона. 2021. № 4. С. 46-54.
9. Цыбулевский В. В., Матущенко А. Е., Полуэктов А. А. Определение размеров отверстий ячеек высевающего диска // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 3 (89). С. 112-115.
10. Advanced nanomaterials in agriculture under a changing climate: The way to The future / A. Ioannou, Gh. Gohari, P. Papaphilippou, S. Panahirad, Ali Akbari, M. R. Dadpour, Th. KrasiaChristoforou, V. Fotopoulos // Environmental and Experimental Botany. 2020. № 176. № 104048.
11. Melons and gourds sowing quality improving in conditions of risky farming / M. N. Shaprov, I. S. Martynov, A. A. Mikhalyenok, M. A. Sadovnikov, E. Yu. Guzenko, T. S. Ivanova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. «AgroINNOVATION: Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex AgroINNOVATION 2021». 2022. № 965 (1). P. 012052.
12. Pneumatic system of a seeder with pneumatic sowing / V. Konovalov, A. Kravtsov, V. Zaitsev, A. M. Petrov, S. S. Petrova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 12th International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. 2019. P. 012131.

Информация об авторах

Мартынов Иван Сергеевич, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), кандидат технических наук, доцент, ORCID: 0000-0002-6185-7740. E-mail: ISMartynov@mail.ru.

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.

Тронеv Сергей Викторович, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26). ORCID: 0000-0002-5840-322X. E-mail: stronev@mail.ru

Седов Алексей Васильевич, заведующий кафедрой «Эксплуатация и технический сервис машин 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

Михайленок Антон Александрович, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), ORCID: 0000-0002-4316-2996. E-mail: mikhailionok@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-61

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE SIMILARITY CRITERIA FOR THE WORKING PARTS OF A DEEP - MINER

G.G. Parhomenko¹, S. I. Kambulov^{1,2} S. V. Belousov^{1,3}

¹Agricultural Research Center «Donskoy –

The structural subdivision of the North Caucasian Research Institute of
Mechanization and Electrification of Agriculture, Zernograd

²Don State Technical University, Rostov-on-Don

³Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

Received 25.12.2022

Submitted 17.02.2023

Abstract

Introduction. When deriving π -criteria, it is not possible to take into account all the variables that characterize the process under study. Therefore, for simplicity, we consider the main indicator obtained on the basis of similarity, taking into account the influence of other variables. **Materials and methods.** When tilling the soil, the relationship between the indicator of the technological process and the parameters and modes of operation of the working parts can be represented as a function. The mechanical impact of the working part on the soil is characterized by indicators, parameters and modes, the dimensions of which can be represented as three elementary dimensional units in the appropriate degree: length (linear size), time (duration) and mass. The energy performance of the process is quantified by the traction resistance. **Results and conclusions.** The process of tillage can also be quantitatively characterized by the depth of loosening, the speed of the unit (modes of operation), the width of the working body (parameters), the hardness of the soil (properties of the cultivated medium) and, due to the resulting mass movement, the acceleration of free fall. According to the results of experimental studies obtained earlier, using the theory of similarity, it is possible to determine the parameters, modes of operation and indicators of the technological process of new working parts. In accordance with the Kirpichev-Gukhman similarity theorem, if the conditions for the uniqueness of technological processes coincide, the similarity criteria for the known and simulated working parts will be numerically equal. The conditions for uniqueness include the similarity of geometric dimensions, the uniformity of the processed environment, the unity of the initial modes of operation. The conditions for uniqueness coincide with the unity of the initial speed and the similarity of the ratio of the width of the working part to the depth of loosening during deep tillage with similar physical and mechanical properties. When studying the process, as a π -criterion, one can consider the so-called dynamic coefficient, which shows how many times the accelerations acting on the working parts during movement exceed the accelerations of free fall.

Key words: Biosystem approach, tillage working parts, design, parameters, similarity condition, mode of operation, dimensional series of numbers, function, dependence, indicators of work processes.

Citation. Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Belousov S. V. Methodology for determining the similarity criteria for the working organs of a deep miner. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 556-563 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-61.

Author's contribution. All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.

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

УДК 631.312

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ПОДОБИЯ ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ГЛУБОКОРЫХЛИТЕЛЯ

Г. Г. Пархоменко¹, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник
С. И. Камбулов^{1,2}, доктор технических наук, профессор
С. В. Белоусов^{1,3}, кандидат технических наук, доцент

¹ ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ»,
г. Зерноград, Россия

² ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет
г. Ростов-на-Дону, Россия

³ Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия

Дата поступления в редакцию 25.12.2022

Дата принятия к печати 17.02.2023

Актуальность. При выводе π -критериев не представляется возможным учесть все переменные, характеризующие исследуемый процесс. Поэтому для упрощения рассматривают основной показатель, полученный на основании подобия с учётом влияния других переменных. **Материалы и методы.** При обработке почвы взаимосвязь показателя технологического процесса с параметрами и режимами функционирования рабочих органов можно представить в виде функции. Механическое воздействие рабочего органа на почву характеризуется показателями, параметрами и режимами, размерности которых можно представить в виде трёх элементарных размерных единиц в соответствующей степени: длина (линейный размер), время (длительность) и масса. Энергетические показатели процесса количественно оцениваются тяговым сопротивлением. **Обсуждение и выводы.** Процесс обработки почвы можно также количественно охарактеризовать глубиной рыхления, скоростью агрегата (режимы функционирования), шириной захвата рабочего органа (параметры), твёрдостью почвы (свойства обрабатываемой среды) и вследствие возникающего перемещения масс ускорением свободного падения. По полученным ранее результатам экспериментальных исследований с помощью теории подобия можно определить параметры, режимы функционирования и показатели технологического процесса новых рабочих органов. В соответствии с теоремой подобия Кирпичева-Гухмана, при совпадении условий однозначности технологических процессов критерии подобия для известного и моделируемого рабочих органов будут численно равны. Условия однозначности включают сходство геометрических размеров, единообразие обрабатываемой среды, единство начальных режимов функционирования. Условия однозначности совпадают при единстве начальной скорости и сходстве соотношения ширины захвата рабочего органа к глубине рыхления при глубокой обработке почвы с аналогичными физико-механическими свойствами. При исследовании процесса в качестве π -критерия можно рассмотреть так называемый коэффициент динамичности, показывающий, во сколько раз ускорения, действующие на рабочие органы во время движения, превосходят ускорения свободного падения.

Ключевые слова: почвообрабатывающие рабочие органы, глубокорыхлители, обработка почвы.

Цитирование. Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И., Белоусов С. В. Методика определения критериев подобия для рабочих органов глубокорыхлителя. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 556-563. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-61.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах, для обоснования теоретических зависимостей снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Авторы ознакомились с полученным вариантом статьи и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время актуальным является биосистемный подход при ресурсосберегающем земледелии для проектирования почвообрабатывающих машин и разработки конструкций рабочих органов [1-4, 9].

Для процесса, осуществляемого рабочим органом, имеется функциональное соотношение между характеризующими его различными переменными. Данные переменные, в том числе размеры геометрических границ, характеристики процесса и свойства среды могут быть сгруппированы в несколько безразмерных параметров или π -критериев. При механическом подобии исследуемого процесса и осуществляемого прототипом наблюдается соответствие их безразмерных параметров. При выводе π -критериев не представляется возможным учесть все переменные, характеризующие исследуемый процесс. Поэтому для упрощения рассматривают основной показатель, полученный на основании подобия с учётом влияния других переменных [5, 6, 8].

Материалы и методы. При обработке почвы взаимосвязь показателя y технологического процесса с параметрами и режимами функционирования x рабочих органов можно представить в виде функции:

$$y = f(x_1, \dots, x_m). \quad (1)$$

При этом количество размерностей величин показателя y технологического процесса, а также параметров и режимов функционирования x рабочих органов соответствует Ξ . По теореме Букингема, приведённая выше функция сводится к виду:

$$Y = F(X_1, \dots, X_{m-\Xi}), \quad (2)$$

где Y , $(X_1, \dots, X_{m-\Xi})$ – независимые безразмерные критерии подобия.

Механическое воздействие рабочего органа на почву характеризуется показателями, параметрами и режимами, размерности которых можно представить в виде трёх элементарных размерных единиц в соответствующей степени: длина (линейный размер), время (длительность) и масса.

В основной международной системе единиц СИ считается, что они имеют независимую размерность, т.е. ни одна из трёх не может быть получена из других.

Таким образом, $\Xi = 3$. Число количественных характеристик технологического процесса обработки почвы n уменьшается на 3. Число независимых безразмерных комплексов (критериев подобия): $n = 3$.

Качество технологического процесса обработки почвы оценивается рядом показателей, представляющих собой независимые переменные, в основном представлены в относительных единицах, поэтому составить из них безразмерный комплекс затруднительно.

Энергетические показатели процесса количественно оцениваются тяговым сопротивлением P_T .

Результаты и обсуждение. Процесс обработки почвы можно также количественно охарактеризовать следующими независимыми переменными [7, 9, 10]: глубиной рыхления a , скоростью агрегата V_{agr} (режимы функционирования), шириной захвата рабочего органа b (параметры), твёрдостью почвы HB (свойства обрабатываемой среды) и вследствие возникающего перемещения масс ускорением свободного падения g :

$$y = f(P_T, a, V, b, HB, g). \quad (3)$$

Определяется размерность каждой независимой переменной совокупностью элементарных размерных единиц (T, L, M) в виде произведения степенных функций: $[P_T] = L^1 \cdot T^{-2} \cdot M^1$, $[a] = L^1 \cdot T^0 \cdot M^0$, $[V] = L^1 \cdot T^{-1} \cdot M^0$, $[b] = L^1 \cdot T^0 \cdot M^0$, $[HB] = L^{-1} \cdot T^{-2} \cdot M^1$, $[g] = L^1 \cdot T^{-2} \cdot M^0$.

Необходимо из перечня независимых переменных, представленных в формуле (3), выбрать основные, из которых будут составляться безразмерные комплексы (критерии подобия).

Выбранные в качестве основных (a, V_{agr}, HB) независимые переменные с размерностями, образующими не равный нулю определитель, формируют критерии подобия. Каждый из критериев подобия формируется из произведения основных $\Lambda = a^\varphi \cdot V_{agr}^\eta \cdot HB^\vartheta$ в степенях φ, η, ϑ на одну из оставшихся независимых переменных.

Приводится значение размерности каждой независимой переменной в виде произведения элементарных размерных единиц.

При этом выбранные в качестве основных (a, V, HB) независимые переменные возведены в соответствующую степень (φ, η, ϑ), а оставшиеся (P_T, b, g) подставляются без степени (показатель степени равен 1).

Таким образом, образуется формула в общем виде для определения размерности критерия подобия: $[\pi_i] = x_i \cdot \Lambda$.

В развёрнутом виде общая формула для определения критерия подобия представляет собой зависимость:

$$\pi_i = x_i \cdot a^\varphi \cdot V_{agr}^\eta \cdot HB^\vartheta. \quad (4)$$

Для упрощения сначала определяется общая часть Λ , которая затем подставляется во все формулы для вывода размерности критериев. При этом выбранные в качестве основных (a, V_{agr}, HB), независимые переменные возведены в соответствующую степень (φ, η, ϑ), как уже отмечалось, а оставшиеся (P_T, b, g) подставляются без степени (показатель степени равен 1). Общая часть: $\Lambda = (L^1 \cdot T^0 \cdot M^0)^\varphi \cdot (L^1 \cdot T^{-1} \cdot M^0)^\eta \cdot (L^{-1} \cdot T^{-2} \cdot M^1)^\vartheta$. $\Lambda = L^{\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-\eta-2\vartheta} \cdot M^\vartheta$.

Для критерия π_1 : $[\pi_1] = P_T \cdot \Lambda$. $[\pi_1] = (L^1 \cdot T^{-2} \cdot M^1) \cdot (L^{\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-\eta-2\vartheta} \cdot M^\vartheta)$. После упрощения размерная формула для определения критерия подобия π_1 :

$$[\pi_1] = L^{1+\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-2-\eta-2\vartheta} \cdot M^{1+\vartheta}. \quad (5)$$

Затем для того чтобы получить безразмерный комплекс из совокупности незави-

симых переменных, показатели степеней в формуле (5) приравняются к нулю и определяются значения введенных ранее степеней:

$$1 + \varphi + \eta - \vartheta = 0, \quad -2 - \eta - 2 \cdot \vartheta = 0, \quad 1 + \vartheta = 0 \quad \varphi = -2, \eta = 0, \vartheta = -1.$$

Полученные значения подставляются в формулу (4) для получения критерия подобия, состоящего из совокупности независимых переменных:

$$\pi_1 = P_T \cdot a^{-2} \cdot V_{azp}^0 \cdot HB^{-1}.$$

$$\pi_1 = \frac{P_T}{a^2 \cdot HB}. \quad (6)$$

Аналогичная последовательность действий применяется для других оставшихся критериев π_2, π_3 :

$$[\pi_2] = b \cdot \Lambda. \quad [\pi_2] = (L^1 \cdot T^0 \cdot M^0) \cdot (L^{\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-\eta-2\cdot\vartheta} \cdot M^{\vartheta}).$$

$$[\pi_2] = L^{1+\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-\eta-2\cdot\vartheta} \cdot M^{\eta+\vartheta}. \quad 1 + \varphi + \eta - \vartheta = 0, \quad -2 - 2 \cdot \vartheta = 0, \quad \vartheta = 0 \quad \varphi = -1, \eta = 0, \vartheta = 0.$$

$$\pi_2 = b \cdot a^{-1} \cdot V_{azp}^0 \cdot HB^0.$$

$$\pi_2 = \frac{b}{a}. \quad (7)$$

$$[\pi_3] = g \cdot \Lambda. \quad [\pi_3] = (L^1 \cdot T^{-2} \cdot M^0) \cdot (L^{\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-\eta-2\cdot\vartheta} \cdot M^{\vartheta}).$$

$$[\pi_3] = L^{1+\varphi+\eta-\vartheta} \cdot T^{-2-\eta-2\cdot\vartheta} \cdot M^{\vartheta}. \quad \varphi = 1, \eta = -2, \vartheta = 0. \quad \pi_3 = g \cdot a^1 \cdot V_{azp}^{-2} \cdot HB^0.$$

$$\pi_3 = \frac{g \cdot a}{V_{azp}^2}. \quad (8)$$

Полученное соотношение аналогично критерию механического подобия, который называется числом Фруда, представляющим соотношение сил инерции и тяжести при вынужденном движении.

При исследовании процесса в качестве π -критерия можно рассмотреть так называемый коэффициент динамичности, показывающий, во сколько раз ускорения $\ddot{x}$, действующие на рабочие органы во время движения, превосходят ускорения свободного падения g . В этом случае в структуру π -критерия можно ввести вместо g $\left(\ddot{x} \right)$.

$$\pi_3 = \frac{\left(\ddot{x} \right) \cdot a}{V_{azp}^2}. \quad (9)$$

Ускорения определяются по результатам измерений в продольном X , поперечном Y и вертикальном направлениях Z :

$$\left(\ddot{x} \right) = \sqrt{\left(\ddot{x}_x \right)^2 + \left(\ddot{x}_y \right)^2 + \left(\ddot{x}_z \right)^2}. \quad (10)$$

В соответствии с теоремой подобия Кирпичева–Гухмана, при совпадении усло-

вий однозначности технологических процессов критерии подобия для известного и моделируемого рабочих органов будут численно равны.

Условия однозначности включают сходство геометрических размеров, единообразие обрабатываемой среды, единство начальных режимов функционирования. Иными словами говоря, условия однозначности совпадают при единстве начальной скорости и сходстве соотношения ширины захвата рабочего органа к глубине рыхления при глубокой обработке почвы с аналогичными физико-механическими свойствами.

На основании этого можно определить по полученным ранее результатам экспериментальных исследований параметры, режимы функционирования и показатели технологического процесса новых рабочих органов. При этом полученные данные представляют собой результат определения взаимосвязи параметров и режимов функционирования рабочих органов с показателями технологического процесса с учётом физико-механических свойств почвы. В критериях подобия в виде комплексов независимых переменных в самой структуре отражено взаимодействие различных влияний. При экспериментальных исследованиях затруднительно изменять одну переменную, а остальные поддерживать на постоянном уровне, так как они взаимосвязаны. Полученный комплекс представляет собой новую обобщённую независимую комплексную переменную.

В качестве исходных данных рассматривались параметры и показатели процесса рабочих органов, разработанных в течение ряда лет в отделе механизации растениеводства АНЦ «Донской» для глубокого рыхления почвы. Результаты расчёта критериев представлены в таблице.

Таблица – Сводная таблица критериев подобия рабочих органов

Table – Summary table of similarity criteria of working bodies

Обозначение критерия подобия	Значение критерия подобия		
	минимальное	максимальное	среднее
π_1	0,04	0,08	0,07
π_2	1,03	1,51	1,32
π_3	0,03	0,07	0,06

С помощью полученных данных можно спрогнозировать значение энергетического показателя технологического процесса разрабатываемого рабочего органа глубокорыхлителя (тяговое сопротивление) в зависимости от режимов работы (глубина) и физико-механических свойств (твёрдость) почвы. Тяговое сопротивление по критерию π_1 составляет $P_T = (7,2 - 14,4)$ кН.

Также можно определить конструктивные параметры (ширину захвата) в зависимости от режимов работы (глубина) для рабочего органа глубокорыхлителя по критерию π_2 $\therefore b = (30,9 - 45,3)$ см.

По критерию подобия π_3 можно осуществить предварительно выбор скоростного диапазона в зависимости от динамического воздействия на пласт при заданной глубине обработке почвы: $V_{aep} = (2,07 - 3,16)$ м/с.

Выводы. По полученным ранее результатам экспериментальных исследований с помощью теории подобия можно определить параметры, режимы функционирования и показатели технологического процесса новых рабочих органов.

Разработанная методика позволяет спрогнозировать значение тягового сопро-

тивления рабочего органа для данной глубины обработки и твёрдости почвы; определить соотношение ширины захвата и глубины и далее осуществить предварительно выбор скоростного диапазона в зависимости от динамического воздействия на пласт при заданной глубине.

Определён рациональный диапазон параметров и режимов функционирования рабочего органа глубокорыхлителя: тяговое сопротивление 7,2-14,4 кН; ширина захвата 30,9-45,3 см и скорость 2,07-3,16 м/с.

Библиографический список

1. Бабицкий Л. Ф., Соболевский И. В. Бионическое обоснование конструкции упругих рабочих органов культиватора-плоскореза // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2016. № 6 (169). С. 50-59.
2. Бабицкий Л. Ф., Москалевич В. Ю., Соболевский И. В. Развитие бионического направления в земледельческой механике // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 4 (59). С. 68-74.
3. Киреев И. М., Федоренко В. Ф., Марченко В. О. Исследование методов и технических средств для измерения глубины обработки почвы при испытаниях почвообрабатывающих машин // Техника и оборудование для села. 2019. № 5. С. 12-17.
4. Пархоменко Г. Г., Пархоменко С. Г. Силовой анализ механизмов перемещения рабочих органов почвообрабатывающих машин по заданной траектории // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 1. С. 47-54.
5. Пархоменко С. Г., Пархоменко Г. Г. Метод структурного моделирования систем автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов // Труды ГОСНИТИ. 2017. Т. 126. С. 55-61.
6. Пархоменко С. Г., Пархоменко Г. Г. Экспериментальное исследование характеристик тракторных пневматических шин // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 11. С. 40-48.
7. Снижение потерь почвенной влаги на испарение / Ю. А. Савельев, О. Н. Кухарев, Н. П. Ларюшин, П. А. Ишкин, Ю. М. Добрынин // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2018. Т. 12. № 1. С. 42-47.
8. Effect of different tillage practices on soil physical properties under wheat in semi-arid environment / M. Amin, M. J. Khan, M. T. Jan, M. U. Rehman, J. A. Tariq, M. Hanif, Z. Shah // Soil and Environment. 2014. Vol. 33. I. 1. P. 33-37.
9. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler / A. S. Ovchinnikov, A. S. Mezheva, A. E. Novikov, S. D. Fomin, Y. N. Pleskachev, I. B. Borisenko, E. S. Vorontsova // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. No 12 (24). P. 7150-7160. www.scopus.com
10. Rotary tillage effects on some selected physical properties of fine textured soil in wetland rice cultivation in Malaysia / M. Mairghanya, A. Yahya, N. M. Adamb, A. S. Mat Suc, W. Aimrun, S. El-soragaby // Soil and Tillage Research. 2019. Vol. 194.

Информация об авторах:

Пархоменко Галина Геннадьевна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории механизации полеводства отдела механизации растениеводства, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Аграрный научный центр «Донской», e-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru (РФ 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, 3), <https://www.orcid-ru.org> / 0000-0003-0563-8639 Т. 8-918-891-77-74, E-mail: parkhomenko.galya@yandex.ru

Камбулов Сергей Иванович, главный научный сотрудник, доктор технических наук, доцент e-mail: kambulov.s@mail.ru (РФ 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, 3), <https://www.orcid-ru.org> / 0000-0001-8712-1478 Т. 8-928-140-60-94, E-mail: kambulov.s@mail.ru

Белоусов Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Процессы и машины в агробизнесе», г. Краснодар, Россия, Кубанский государственный аграрный университет

им. И.Т. Трубилина (РФ 350044 г. Краснодар ул. им. Калинина 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>, т. +7 918 38 22 757, E-mail: sergey_belousov_87@mail.ru; младший научный сотрудник ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» структурное подразделение «СКНИИМЭСХ», отдел механизации растениеводства. (РФ 347740, г. Зерноград, Ростовская область, Научный городок, 3) т. +7 918 38 22 757, E-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-62

POSSIBILITY OF BIOINDICATION OF ENVIRONMENT BY THE FLUCTUATING ASYMMETRY OF LEAF OPTICAL DENSITY

E. N. Rakutko¹, S. A. Rakutko²

¹ *Institute for Engineering and Environmental Problems in Agricultural Production (IEEP) – branch of FSBSI FSAC VIM, Saint Petersburg, Russia*

² *FSBEI HE «Saint-Petersburg State Agrarian University», St. Petersburg, Russia*

Received 12.01.2023

Submitted 27.02.2023

Summary

The article presents the results of application the fluctuating asymmetry of leaf optical density as physiological traits for bioindication of environment. The authors conclude that this method can be used in ecological studies for bioindication of ecosystems.

Abstract

Introduction. In the context of increasing rates of anthropogenic impact on natural complexes, an urgent task is improving the comprehensive assessment of the environment. One of the major approaches in ecological monitoring is the evaluation of developmental stability of individual plants. Fluctuating asymmetry (FA) is a fairly convenient criterion in this regard. **The object** of the research is the birch tree leaves (*Betula pendula* Roth) growing in the parts of the town of Pushkin near Saint Petersburg under different environmental conditions. **Materials and methods.** The FA indices for morphological and physiological leaf traits were considered. The morphological traits were the standard birch leaf bilateral traits; the physiological traits were leaf optical densities in two spectral bands depending on the concentration of photosynthetic pigments. **Results and conclusions.** It was found that the FA estimated by the morphological traits was significantly smaller for the leaves of birch trees growing in a place with better environmental conditions. The same trend was observed for FA estimated from the measurements of leaf optical density. It was established that the most informative morphological trait of a birch leaf for determining the related fluctuating asymmetry was the distance between the ends of the first and second veins of the second order. In the control, the fluctuating asymmetry index by morphological traits was 0.0509, in the experiment it was 0.0726, demonstrating 42.6% difference. The most informative physiological trait for the determining the fluctuating asymmetry by physiological traits was the leaf optical density at a wavelength of 440 nm, close to the absorption maximum of chlorophyll. In the control, the fluctuating asymmetry index by physiological traits was 0.0083, in the experiment – 0.0131, with the difference being 58.8%. The proposed method for bioindication of the environmental quality is convenient for measurements and has greater accuracy and sensitivity. The study revealed the potential of using, along with morphological, the physiological leaf traits, in particular, their optical density in certain spectral bands, in assessing the plant developmental stability.

Key words: *developmental stability, bilateral traits, fluctuating asymmetry, plant, leaf, optical density, pigments.*

Citation. Rakutko E. N., Rakutko S. A. Possibility of bioindication of environment by the fluctuating asymmetry of leaf optical density. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 563-575 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-62.

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

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

УДК 58.02: 573.7

**О ВОЗМОЖНОСТИ БИОИНДИКАЦИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
ПО ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ОПТИЧЕСКОЙ ПЛОТНОСТИ
ЛИСТЬЕВ РАСТЕНИЙ****Е. Н. Ракутько¹**, научный сотрудник
С. А. Ракутько², доктор технических наук¹ Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства
(ИАЭП) – филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Санкт-Петербург, Россия² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,
Санкт-Петербург, Россия

Дата поступления в редакцию 12.01.2023

Дата принятия к печати 27.02.2023

Актуальность. Совершенствование комплексной оценки состояния окружающей среды является актуальной задачей в условиях увеличивающихся темпов антропогенного влияния на природные комплексы. Одним из основных подходов в экологическом мониторинге является оценка стабильности индивидуального развития растений. Достаточно удобным критерием для оценки стабильности развития является величина флуктуирующей асимметрии (ФА). **Объект исследования** – листья с деревьев березы (*Betula pendula* Roth), произрастающих в районах г. Пушкин (Санкт-Петербург) с различной экологической ситуацией. Цель – выявление возможности биоиндикации окружающей среды по флуктуирующей асимметрии оптической плотности листьев растений. **Материалы и методы.** Изучены индексы ФА по морфологическим (ИФАМ) и физиологическим (ИФАФ) признакам. В качестве морфологических использовали стандартные для листа березы билатеральные признаки. В качестве физиологических признаков использовали оптические плотности (ОП) листа в двух спектральных диапазонах, которые зависят от концентрации фотосинтетических пигментов. **Результаты и выводы.** Выявлено, что величина ФА, оцениваемая по морфологическим признакам, значимо меньше для листьев растений, которые растут в местах с лучшей экологической ситуацией. Та же тенденция наблюдалась для ФА, оцениваемой по измерениям оптической плотности листьев. Установлено, что наиболее информативным морфологическим признаком листа березы для определения ИФАМ является расстояние между концами первой и второй жилок второго порядка. В контроле ИФАМ составлял 0,0509, в опыте – 0,0726 (различается на 42,6 %). Наиболее информативным физиологическим признаком для определения ИФАФ является ОП листа на длине волны 440 нм (близкой к максимуму поглощения хлорофилла *a*). В контроле ИФАФ составил 0,0083, в опыте – 0,0131 (различается на 58,8 %). Предложенная методика биоиндикации качества окружающей среды удобна в проведении измерений, обладает большей точностью и чувствительностью. Выявлена возможность использования при оценке стабильности развития растений, наряду с морфологическими, физиологическими признаками листьев, в частности, их оптической плотности в отдельных спектральных диапазонах.

Ключевые слова: биоиндикация среды, флуктуирующая асимметрия, лист, оптическая плотность листьев.

Цитирование. Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. О возможности биоиндикации окружающей среды по флуктуирующей асимметрии оптической плотности листьев растений. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 563-575. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-62.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Создание новых и совершенствование существующих методов экологического мониторинга и комплексной оценки состояния окружающей среды становится насущной задачей в современных условиях, когда темпы антропогенного влия-

ния на природные комплексы постоянно увеличиваются. Важной областью приложения данных методов является интенсивное и органическое растениеводство, а также системы выращивания растений в искусственных условиях (теплицы, фитофабрики), где существует потребность в отслеживании физиологического состояния растений (фитомониторинге). Наиболее точным методом определения состояния окружающей среды является наблюдение за ее физическими и химическими показателями. Принципиально другим методом является биологическая оценка качества среды – биоиндикация, основанная на учете реакции живых организмов на воздействие факторов окружающей среды, таких как температура воздуха, влажность и плодородие почвы, а также биотических факторов (присутствие патогенов и травоядных насекомых). Преимущества биоиндикации заключаются в том, что применение данного метода не сопряжено с большими затратами, он прост и позволяет оперативно оценить качество среды. При его применении в естественных экосистемах в качестве «биологических датчиков» используют индикаторные растения, реагирующие на весьма малые отклонения параметров качества окружающей среды. В искусственных агроэкосистемах такие наблюдения проводят над целенаправленно выращиваемыми в них растениями.

Перспективным методом биоиндикации представляется морфогенетический, при котором об изменениях в растениях вследствие нарушений гомеостаза развития судят по стабильности их индивидуального развития. Численным показателем и критерием оценки стабильности развития является флуктуирующая асимметрия (ФА). Последняя определяется как следствие нарушения онтогенетических процессов в живом организме. ФА может быть вызвана генетическими факторами или факторами окружающей среды, которые нарушают взаимосвязь частей растения, что препятствует сохранению их симметрии. Чувствительным показателем нестабильности развития, проявляющейся уже при низких уровнях стресса, является ФА листьев. Наиболее наглядными являются морфологические изменения.

ФА проявляется в незначительных ненаправленных отклонениях от строгой зеркальной симметрии билатеральных признаков (БП). Считается, что уровень таких морфологических отклонений от нормы оказывается минимальным лишь при определенных условиях, которые могут рассматриваться как оптимальные, и неспецифично возрастает при стрессовых воздействиях [11]. Любые стрессовые воздействия неспецифично приводят к увеличению ФА в большей степени, чем большая интенсивность воздействия имеет место [18]. В качестве БП при определении численного значения индекса ФА наиболее часто используют морфологические, поскольку данные структуры легко воспринимаются человеческим глазом или простыми измерительными инструментами (линейкой, транспортиром и т.д.).

В ряде исследований показано, что у растений ФА листьев увеличивается с загрязнением [15], с конкуренцией [23], с высотой места произрастания и с генетическим стрессом, например, межвидовой гибридизацией [24]. Так, выявлено влияние тяжелых металлов от транспортно-промышленного загрязнения на изменение индекса флуктуирующей асимметрии (ИФА) листьев березы (*Betula pendula* Roth), вычисляемого через стандартные морфологические показатели. Найдено, что индекс ФА листьев березы имеет значимую положительную корреляционную взаимосвязь с концентрацией отдельных тяжелых металлов (*Pb*, *Cd*, *Cu*, *Ni*, *Zn*, *Co* в почве, непосредственно зависимой от уровня автотранспортной нагрузки, поэтому данный биоиндикатор применим для оценки уровня воздействия автотранспорта на окружающую среду [6]. ФА листьев мексиканского дуба (*Quercus deserticola*), найденная по морфологическому признаку (расстояние от края листа до средней жилки в середине листа), является хорошим биомаркером стресса растений [20].

Стабильность развития как свойство популяции активно изучается не только среди древесных растений, но и среди сельскохозяйственных культур. Так, для ячменя и овса обнаружено влияние дозы вносимого удобрения на ФА листовой пластины, определяемого морфогеометрическим методом [2].

Исследовали ФА листьев березы по стандартным морфометрическим признакам характеристики листовой пластинки. Отбор проб производился в различных регионах России, отличающихся по климатическим условиям и антропогенной нагрузке. Найдена значительная статистически достоверная корреляция между значениями ФА и транспортной нагрузкой. Методом анализа главных компонент выявлены три фактора, влияющие на дисперсию изучаемой величины. Наибольший вес (41 %) имеют общие показатели загрязнения окружающей среды и антропогенная нагрузка. Второй компонент (31 % дисперсии) отражает климатические переменные (сумма активных температур, продолжительность вегетационного периода, средние годовые осадки). Третий компонент (21 % дисперсии) коррелирован с транспортной нагрузкой [19]. Таким образом, проведенные исследования подтверждают, что влияние основных факторов на стабильность развития растений велико, что позволяет использовать метод ФА для биоиндикационной оценки качества окружающей среды.

К настоящему времени, в связи с развитием измерительных технологий и процедур, диапазон измеряемых при оценке ФА свойств может быть увеличен за счет включения неморфологических признаков, в частности физиологических. Последние определяются количественным и качественным содержанием различных веществ в растении и непосредственно взаимосвязаны с процессами, протекающими в растении. Такой подход позволяет отнести данный метод к экспресс-диагностике, при которой по оптическим свойствам листа возможна быстрая и объективная оценка активности основных физиологических реакций растения [4].

В экосистемах при наличии неблагоприятных почвенно-климатических условий и антропогенного прессинга важную роль в адаптации растений играют фотосинтетические пигменты. В литературе не удалось найти информации о взаимосвязи индексов ФА, определенных по морфологическим (геометрические размеры листа) и физиологическим (концентрация пигментов) показателям.

Известно, что стрессирующее воздействие экологических факторов на морфофункциональные связи в растительных объектах, в том числе и на стабильность развития, отражается не только на морфологических, но и физиологических показателях. Причем изменения происходят сначала на физиолого-биохимическом уровне и не отражаются на внешнем виде растения [16]. Визуальное проявление повреждающего действия факторов проявляется лишь на следующем этапе [13].

При выращивании растений в контролируемых условиях (светокультуре) на стабильность развития растений влияют параметры световой среды. Выявлено, что по оптической плотности листа растения, непосредственно зависящей от концентрации пигментов, возможна оперативная оценка его состояния [21]. Такой метод позволяет провести быстрый мониторинг состояния растения в процессе его роста, что в практике светокультуры может способствовать повышению продуктивности растений и получения урожая более высокого качества. При наличии соответствующих экспериментальных данных возможно нахождение корреляции между величинами оптической плотности листьев и другими биометрическими показателями.

Вопросом, оставшимся вне рассмотрения, является соответствие критериев оценки стабильности растения по ФА оптической плотности (ОП) листа по принятым методикам, где ФА определяется по морфологическим признакам. В настоящем исследовании проведены измерения ФА, определенной как по ОП листа, так и по его морфологическим признакам для листа березы, являющейся модельным растением.

Для березы имеются наблюдения, свидетельствующие о взаимосвязи величины ФА с показателями функционального состояния фотосинтетического аппарата листовой пластинки (интенсивность протекания фотосинтетических реакций, оцениваемых по флуоресцентному отклику верхней поверхности листа) [7]. В других исследованиях выявлена отрицательная статистически значимая корреляция между величиной ФА и группами фотосинтетических пигментов [10].

Целью исследования является выявление возможности биоиндикации окружающей среды по флуктуирующей асимметрии оптической плотности листьев растений.

Материалы и методы. Для определения степени нарушения стабильности развития была выбрана береза повислая (лат. *Bétula péndula*) — вид растений рода Берёза (*Betula*) семейства Берёзовые (*Betulaceae*). Такой выбор объясняется ее широким распространением в районе исследования, а также отработанностью методик и большим количеством публикаций по этому растению. Для оценки индексов ФА использовали лист как орган, обладающий билатеральной симметрией.



Рисунок 1 – Места сбора образцов листьев на карте

Figure 1 – Location of leaf sampling sites on the map

Листья собирали в середине августа в двух местах г. Пушкина (Санкт-Петербург). В качестве опытного был взят район пересечения Московского шоссе и Железнодорожной улицы ($59^{\circ}42'46.2''N$ $30^{\circ}25'54.2''E$). В 160 м от этого места расположен железнодорожный переезд, в 320 м расположена автозаправка. Место характеризуется интенсивным автомобильным движением, перед переездом часто образуется колонна машин, стоящих, как правило, с включенным двигателем. В качестве контрольного участка выбрали относительно чистую территорию в Александровском парке, в районе Ланского пруда ($59^{\circ}43'19.8''N$ $30^{\circ}22'18.4''E$). Этот район огражден древесными насаждениями, отсутствуют проезды дороги. Между экспериментальными точками расстояние по прямой составило 3,5 км (рисунки 1, 2).

Город Пушкин расположен на Приневской низине по левому берегу реки Невы. Климат города умеренный и влажный, переходный от морского к континентальному. Преобладающие направления ветров — южные. Для города характерна частая

смена воздушных масс, обусловленная в значительной степени циклонической деятельностью. Летом преобладают западные и северо-западные ветры, зимой – западные и юго-западные.

Территория города Пушкина характеризуется довольно благоприятной экологической обстановкой. Обеспеченность населения Пушкинского района Санкт-Петербурга зелеными насаждениями общего пользования городского и местного значения, зелеными насаждениями ограниченного пользования составляет 102,2 м²/чел. при суммарной площади указанных видов зеленых насаждений 1688,4 га [17]. На территории района практически нет опасных производств. В основном промышленность района представлена предприятиями машиностроения, металлообработки, деревообрабатывающей и пищевой отрасли. Значительные площади заняты сельскохозяйственными угодьями. Хорошо развита автомобильная и железнодорожная инфраструктура, кроме того, через территорию района проходят две автомагистрали международного значения: М-20 (Киевское шоссе) и М-10 (трасса «Россия»).



Рисунок 2 – Места сбора образцов листьев –
у железнодорожного переезда (слева) и в парке (справа)

Figure 2 – Locations for collecting leaf samples -
at the railway crossing (left) and in the park (right)

Автотранспорт – один из основных источников загрязнения воздуха в крупных городах. На его долю приходится от 40 до 90 % всех загрязнений. В атмосферу попадает в 20 и более раз больше вредных веществ при работе двигателей на холостом ходу, а также при разгоне и торможении автомобиля, чем во время его движения с постоянной скоростью. Автотранспортная нагрузка на дорожную систему города Пушкин связана, прежде всего, с постройкой новых районов и растущей автомобилизацией населения. Оборудованный прямой транспортной развязкой с КАД, Фрунзенским и Московским районами, город Пушкин выступает в роли транзитного пункта перемещения, где концентратором автомобильных транспортных средств выступают железнодорожные переезды и светофоры, создающие серьезные затруднения в дорожно-транспортной обстановке в часы пик.

Транзитное положение города Пушкин обеспечивает стабильно высокую загрузку магистралей Павловского шоссе и Московского шоссе, поскольку обе магистрали связывают районы активного заселения с основной дорожной сетью города. Затрудненное положение на этом направлении связано с существованием регулируемых железнодорожных переездов, активность которых в часы пик может обеспечивать более чем 20-минутные паузы в движении, перенося нагрузку на Павловское шоссе, которое оборудовано проездом, не зависящим от активности железнодорожного транспорта. Значение показателя суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами составляет $Z_c=23,14$ для рекреационной зоны города Пушкина, что соответ-

ствуется среднему уровню загрязнения ($Zc = 16...32$). У железнодорожного переезда значения этого коэффициента попадают в диапазон $Zc = 32...128$, что соответствует высокому уровню загрязнения [14].

Для оценки величины ФА выбирали признаки, характеризующие общие особенности листа, удобные для учета и дающие возможность однозначной оценки. С каждого листа снимали показатели с левой и правой сторон листа.

Для определения индекса ФА по морфологическим признакам (ИФАМ) использовали следующие: расстояния между концом вторых жилок второго порядка и вершиной листа (M_1^L , M_1^R); длины вторых жилок второго порядка (M_2^L , M_2^R); расстояния между основаниями первых и вторых жилок второго порядка (M_3^L , M_3^R); расстояния между концами этих же жилок (M_4^L , M_4^R); углы между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка (M_5^L , M_5^R). В целом система морфологических признаков соответствует общепринятой методике [9].

Для определения индекса ФА по физиологическим признакам (ИФАФ) измеряли толщины половинок листа (d^L , d^R), а также оптические плотности (D_A^L , D_A^R) и (D_M^L , D_M^R). Эти измерения вели между первыми и вторыми жилками, посередине от центральной жилки до края листа.

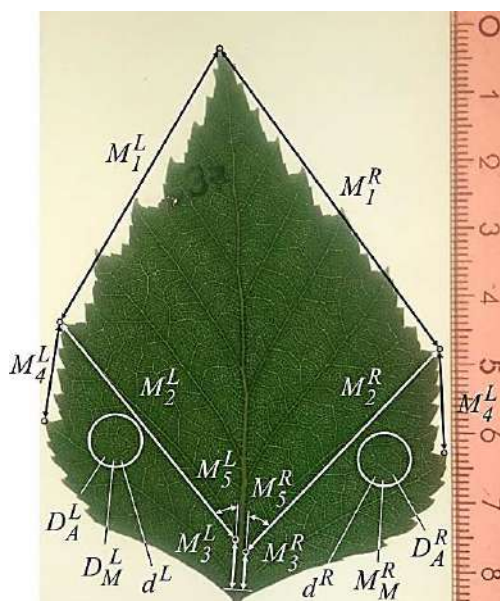


Рисунок 3 – Билатеральные признаки листа березы

Figure 3 – Bilateral traits of a birch leaf

Каждая выборка включала в себя 50 листьев (по 5 листьев с 10 деревьев). Измерения проводили в день сбора. Привязку к местности производили с помощью навигационной системы *Google-map*. Листья промеряли в программе *tpsDig2 v2.31*, снимки получали камерой *Five-Evo*. Линейные измерения производили с точностью до 0,1 мм, угловые – до 0,1°. Измерение толщины проводили с помощью механического микрометра с точностью 0,01 мм. Для определения оптической плотности листьев растений использовали денситометр ДП-1М. Измерения оптической плотности вели в синем спектральном диапазоне, со светофильтрами типа А и М (максимумы пропускания на длинах волн соответственно 440 нм и 446 нм).

Значение индекса ФА для отдельных БП вычисляли по формуле:

$$\Phi A_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|L_i - R_i|}{(L_i + R_i)},$$

где L_i - значение i -го признака для билатеральной структуры слева; R_i – значение i -го признака для билатеральной структуры справа; N – количество измерений.

Данные обрабатывали методами математической статистики ($p < 0.05$) с использованием пакетов программ *Excel 2003* и *Statistica 6.0*. Статистическая обработка результатов оценки ФА включала: 1) проверку данных на нормальность распределения величины разницы между БП; 2) на присутствие направленной асимметрии и антисимметрии; 3) на зависимость величины асимметрии признака от его размера. Проверка на коррелированность признаков, обычно включаемая в стандартный набор статистических проверок, в данном случае не проводилась, поскольку отсутствовала задача оценки включения изучаемого признака в систему признаков, интегрально оценивающих ФА растения.

Результаты и обсуждение. Частота встречаемости асимметричных признаков у листьев березы, взятых с районов с различной экологической ситуацией (O – опыт, K – контроль) показана в таблице 1.

Таблица 1 – Частота встречаемости асимметричных признаков, %

Table 1 – The frequency of occurrence of asymmetric traits, %

Признак	Порог различия	Вариант	
		Опыт (О)	Контроль (К)
M_1	1 мм	0,82	0,70
M_2	1 мм	0,78	0,68
M_3	1 мм	0,38	0,10
M_4	1 мм	0,84	0,78
M_5	1 град.	0,80	0,72
d	0,01 мм	0,74	0,74
D_A	0,01 отн.ед.	0,82	0,72
D_M	0,01 отн.ед.	0,84	0,78

Частота встречаемости определялась как доля листьев n от общего их количества N , у которых наблюдалась асимметрия соответствующих БП, т.е. их численное значение превышало некоторую величину (порог различия).

Данный вид анализа наглядно вскрывает сам факт наличия асимметрии, но не позволяет выявить, какой ее тип имеет место: флуктуирующая, направленная или антисимметрия.

1) *Проверка нормальности распределения данных.* Как показал анализ закона распределения значений асимметрии БП с применением критериев согласия Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка и Лиллиефорса, большинство выборок распределено по нормальному закону.

Выявлены отклонения от нормального закона распределения значения асимметрии для выборок расстояния между концом вторых жилок второго порядка и вершиной листа, угла между главной жилкой и второй жилкой второго порядка, толщины листа.

2) *Проверка направленности асимметрии.* Показателем ненаправленности асимметрии является статистическая однородность распределения различий БП, что выражается в приблизительно симметричном их расположении относительно нулевого значения. Проверку проводили с использованием одновыборочного критерия Уилкоксона.

Направленность асимметрии выявлена для признака M_5 . Для остальных БП выявлены флуктуации асимметрии вокруг нулевого среднего, что позволяет диагностировать асимметрию как флуктуирующую.

Знак эксцесса распределения различий между сторонами является индикатором антисимметрии. Положительный эксцесс даже при превышении критического значения (как это выявлено для толщины листа) свидетельствует об отсутствии антисимметрии. Для других анализируемых признаков величина эксцесса не превышает критического значения, следовательно, антисимметрия отсутствует.

3) Проверку размер-зависимости проводили с помощью непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена r_s .

Анализ свидетельствует, что для всех признаков статистически значимая ($p < 0,05$) связь между величиной асимметрии признака $|L-R|$ и его средним размером $(L+R)/2$ имеет место для признака толщины листа d , длины вторых жилок второго порядка M_2 и расстояния между основаниями первых и вторых жилок второго порядка M_3 .

Значения индексов ФА, вычисленных по отдельным БП, показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Значения индексов ФА по отдельным БП

Table 2 – Indexes of FA for individual bilateral traits

Вариант	ИФАФ			ИФАМ				
	D_A	D_M	d	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
<i>O</i>	0,0131	0,0124	0,0418	0,0330	0,0216	0,1001	0,0726	0,0532
<i>K</i>	0,0083	0,0087	0,0342	0,0332	0,0193	0,1037	0,0509	0,0441
Δ , %	58,8	42,6	22,3	-0,7	12,0	-3,4	42,6	20,5

Условия окружающей среды оказывают стрессорирующее влияние на растения, что негативно влияет на их приспособленность и выживаемость. Когда экологические стрессовые условия превышают некоторый порог, при котором молекулярные, физиологические, клеточные и морфологические механизмы растений уже не могут поддерживать нормально функционирование организма, возникает явление нестабильности развития, проявляющееся в различных органах живого объекта [22]. Один из биомаркеров для измерения нестабильности развития, вызванной таким генетическим или экологическим стрессом, является ФА, которая описывает случайные различия отдельных признаков у структур, которые в идеале должны быть симметричны (т.н. билатеральных признаков).

В сельскохозяйственной экологии актуальной является разработка таких методов исследования, которые позволяют получить надежные и однозначно трактуемые результаты. Особенно перспективными представляются неинвазивные методы, обеспечивающие чувствительность, быстроту проведения измерений, удобство работы с исходным материалом. Одним из методов, отвечающим этим требованиям и широко применяемым в биоиндикационных исследованиях, является определение индекса ФА билатеральных органов живых существ (у растений – листовой пластинки). Однако этот метод сопряжен со сбором больших объемов эмпирического материала в короткий срок, поэтому собранные материалы фиксируют и хранят в течение некоторого времени перед проведением измерений [5]. Тем самым в арсенале исследователя остаются лишь морфологические признаки листовой пластинки, поскольку после хранения приходится иметь дело с объектом, физиологическое состояние которого уже зафиксировано.

Важным физиологическим признаком является содержание пигментов в листе растения. Многочисленными исследованиями доказана важная роль концентрации фотосинтетических пигментов в формировании урожая и накоплении биоэнергии расте-

ний в агроэкосистемах. Поглощение и трансформация солнечной энергии в процессе фотосинтеза обеспечивается за счет фотосинтетических пигментов растений. Количество и соотношение отдельных пигментов в растении зависят от многих факторов. Основная роль принадлежит хлорофиллу *a*. Хлорофилл *b* обеспечивает передачу поглощенной энергии на хлорофилл *a*. Каротиноиды выполняют защитные функции, предохраняя органические соединения протоплазмы от деструктивного фотоокисления.

Метаболические процессы, протекающие в растении в условиях действия неблагоприятных факторов, обеспечивают адаптацию за счет фотохимической активности, которая зависит от концентрации пигментов в фотосинтетических мембранах [1]. При этом происходит изменение не только его общего содержания, но и соотношение отдельных форм [3]. Воздействие даже небольших доз загрязняющих веществ приводит к снижению концентрации хлорофилла и снижению интенсивности фотосинтеза [8].

В работе исследовано явление ФА БП листа растений, произрастающих в естественных условиях в районах с различной экологической ситуацией: заведомо неблагоприятной и благоприятной. Фиксируемые билатеральные признаки можно разделить на две группы: морфологические, определяющие форму листа (длины жилок, углы между ними, расстояния между характерными точками листа, толщина листа) и оптические (оптическая плотность листа, которая характеризует биохимический состав и концентрацию различных веществ в тканях листа). В данном исследовании таким признаком является содержание хлорофилла, фиксируемое по оптической плотности листа в определенном спектральном диапазоне.

На рисунке 4 показаны спектры поглощения раствора хлорофилла *a* (максимум на длине волны 429 нм) и хлорофилла *b* (максимум на длине волны 453 нм) в коротковолновой части спектра. Несмотря на то что в листе спектры поглощения хлорофилла могут отличаться от спектров вытяжек в зависимости от его состояния, степени агрегации, адсорбции на определенных белках, разница максимумов поглощения хлорофиллов имеет место. На этом же рисунке показан спектр пропускания светофильтров, применяемых в приборе для определения оптической плотности листьев. Светофильтр *A* имеет максимум пропускания на длине волны 440 нм, светофильтр *M* – на длине волны 446 нм.

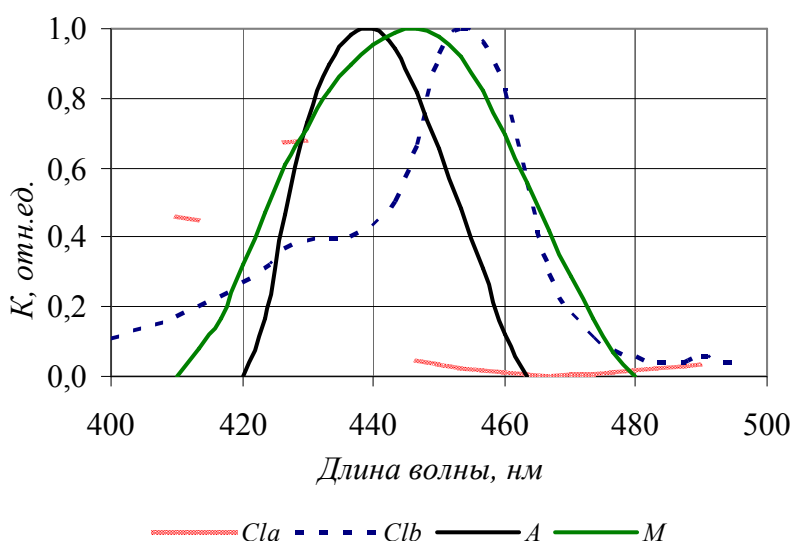


Рисунок 4 – Спектры поглощения хлорофиллов и пропускания светофильтров

Figure 4 – Absorption spectra of chlorophylls and transmission spectra of light filters

Применяемые два типа светофильтра не позволяют определить, флуктуация содержания какого из хлорофиллов проявляется в наблюдениях. Поэтому мы ограничиваемся констатацией факта флуктуации содержания пигмента на половинках листа растения и выявим, как эта флуктуация связана с флуктуацией морфологических признаков листа.

Анализ таблицы 1 показывает, что частота встречаемости асимметрии практически всех признаков больше у листьев растений, взятых с места с худшей экологической ситуацией. При этом превышение частоты для оптических признаков D_A и D_M составляет 10-12 %, для толщины листа d – 28 %, для признаков $M_1 - M_5$ эта величина составляет 6-10 %, кроме признака M_3 , где частоты встречаемости асимметрии равны.

В силу того что обнаружена статистически значимая размер-зависимость признаков d , M_2 и M_3 , эти признаки для анализа следует исключить. Также исключен признак M_5 в силу выявленной направленности его асимметрии.

Известно, что различные билатеральные признаки листа демонстрируют различную чувствительность к изменению экологической ситуации по индексу ФА [12]. Признак M_1 показал практически одинаковое значение индекса ФА для обеих выборок, что не позволяет использовать его при анализе. Таким образом, для анализа остается билатеральный признак M_4 (расстояния между концами первой и второй жилок), для которого различие индексов $\Delta FA = 42,6$ %.

Из физиологических признаков представляется целесообразным использовать признак D_A как имеющий большее различие индексов $\Delta FA = 58,8$ %.

Равновесие фотосинтетического аппарата растений при средовом стрессе поддерживается за счет изменения структуры листа, влияющей на изменения фотоактивной поверхности. При этом изменяется как количество хлоропластов, так и концентрация пигментов в фотосинтетических мембранах. Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что у листьев березы, произрастающей в различных условиях окружающей среды, различия в ИФАМ составляет 42,6 %, в то время как ИФАФ – 58,8 %. Это означает большую чувствительность подхода к биомониторингу среды при использовании физиологического показателя, в частности, концентрации пигментов, оцениваемой по оптической плотности листа.

Выводы. При измерении морфологических признаков листа приходится сталкиваться с рядом неудобств. Напротив, измерения ОП могут быть проведены портативным прибором быстро и с высокой точностью. Это дает основания для разработки методики оперативной оценки состояния растения по содержанию пигментов в листьях оптическим способом. Следует также отметить, что прямое применение шкалы, разработанной для асимметрии морфологических структур к численной оценке асимметрии по физиологическим признакам невозможно, что требует проведения дополнительных исследований.

Таким образом, в результате исследования выявлено различие индексов ФА по морфологическим и физиологическим признакам листа березы, произрастающих в двух районах г. Пушкина с различной экологической ситуацией. Наиболее информативным морфологическим признаком при определении ИФАМ является расстояние между концами первой и второй жилок листа. Для опытного района с менее благоприятной экологической ситуацией (у железнодорожного переезда) $ИФАМ_o = 0,0726$, для контрольного района (парка) – $ИФАМ_k = 0,0509$. Наиболее информативным физиологическим признаком является ОП листа на длине волны 440 нм. Для тех же условий $ИФАФ_o = 0,0131$ и $ИФАФ_k = 0,0083$.

Библиографический список

1. Андрианова Ю. Е., Тарчевский И. А. Хлорофилл и продуктивность растений. М.: Наука, 2000. 135 с.
2. Баранов С. Г., Винокуров И. Ю. Сравнение стабильности развития ячменя и овса в зависимости от дозы удобрения // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 6 (26).
3. Воронина О. Е., Ефимцев Е. И., Татарина Т. А. Пигментный аппарат растений в условиях антропогенного воздействия // Вестник Московского государственного университета леса. Лесной вестник. 1999. № 2. С. 82.
4. Ерошенко Ф. В., Сторчак И. Г., Чернова И. В. Оценка состояния растений методами экспресс-диагностики // Аграрный вестник Урала. 2019. № 7 (186). С. 19-25.
5. Жуйкова Т. В., Попова А. С., Мелинг Э. В. Сравнительная оценка флуктуирующей асимметрии листовой пластинки *Betula pendula Roth* при разных методах фиксации растительного материала // Самарский научный вестник. 2020. Т. 9. № 4. С. 58–65.
6. Коротченко И. С. Воздействие транспортно-промышленного загрязнения города Красноярска на стабильность развития и элементный состав *Betula pendula Roth* // Вестник Оренбургского государственного педагогического университета. Электронный научный журнал. 2022. № 2 (42). С. 54-63. http://vestospu.ru/archive/2022/articles/5_42_2022.pdf.
7. Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Захаров В. М. Анализ стабильности развития берёзы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. 1996. № 6. С. 441-444.
8. Кулик К. Н., Исаков А. С., Новочадов В. В. Новые возможности анализа листовых пластинок деревьев-биоиндикаторов в оценке состояния окружающей среды в условиях аридной зоны // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 25-36.
9. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур): распоряжением Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р. М., 2003.
10. Мокров И. В., Гелашвили Д. Б. Взаимосвязь флуктуирующей асимметрии и содержания пигментов листовой пластинки березы повислой (*Betula pendula Roth*.) на урбанизированной территории // Экологические исследования и проблемы экологического образования в Европейских регионах России. Арзамас, 2000. С.18-19.
11. Оценка состояния растений по стабильности развития в естественных и антропогенных условиях (флуктуирующая асимметрия признаков листа березы повислой *Betula Pendula Roth*) / В. М. Захаров, Е. Г. Шадрин, Н. В. Турмухаметова, Е. Н. Иванцова, Е. А. Шикалова, В. Ю. Солдатова, Н. А. Шарова, И. Е. Трофимов // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 2. С. 191-196.
12. Панченко Л. С. Оценка качества природной среды по флуктуирующей асимметрии листовых пластинок вяза мелколистного (*Ulmus Pumila L.*) в п. Октябрьский Калачевского района Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 181-190.
13. Смашевский Н. Д. Экология фотосинтеза // Астраханский вестник экологического образования. 2014. № 2 (28). С. 165-180.
14. Соколов Б. В. Геоэкологическая оценка состояния рекреационных зон южных районов Санкт-Петербурга. СПбГУ, 2016. 78 с.
15. Чернакова О. В., Чудновская Г. В. Влияние автомобильного транспорта на флуктуирующую асимметрию листьев представителей рода *Padus* // Вестник ИРГСХА. 2019. № 91. С. 92-100.
16. Штирц Ю. А. Симметричные и асимметричные изменения формы листовой пластинки *Populus Nigra L.* в условиях городских экосистем // Промышленная ботаника. 2019. Т. 19. № 2. С. 34-42.
17. Экологическая обстановка в Пушкинском районе Санкт-Петербурга: доклад. Санкт-Петербург, 2017.
18. Assessment of the degree of air pollution by fluctuating asymmetry of leaves of various tree species / B. E. Gubasheva, G. Z. Idrissova, A. N. Tumenov, R. R. Miftakhov // RUDN Journal of Ecology and Life Safety. 2022. V. 30. № 3. P. 417-427.

19. Fluctuating asymmetry in morphological characteristics of *Betula pendula* Roth leaf under conditions of urban ecosystems: evaluation of the multi-factor negative impact / E. Shadrina, N. Turmukhametova, V. Soldatova, Y. Vol'pert, I. Korotchenko, G. Pervyshina // *Symmetry*. 2020. Vol. 12. No 8.
20. García-Jain S. E., Maldonado-López Y., Oyama K. Effects of forest fragmentation on plant quality, leaf morphology and herbivory of *Quercus deserticola*: is fluctuating asymmetry a good indicator of environmental stress? // *Trees*. 2022. No 36. P. 553–567.
21. Irradiation level affects fluctuating asymmetry value of bilateral traits of cucumber in juvenile phase / S. A. Rakutko, E. N. Rakutko, A. Avotins, K. Berzina // *Agronomy Research*. 2018. V. 16. № 3. P. 854-861.
22. Maldonado-Lopez Y., Vaca-Sanchez M. S., Canche-Delgado A. Leaf herbivory and fluctuating asymmetry as indicators of mangrove stress // *Wetlands Ecol Manag*. 2019. No 27. P. 571–580.
23. Sandner T. M. Inbreeding and competition, but not abiotic stresses, increase fluctuating asymmetry of *Mimulus guttatus* flowers // *Biological Journal of the Linnean Society*. 2020. V. 130 (2). P. 410-418.
24. Zakharov V. M., Trofimov I. E. Fluctuating asymmetry as an indicator of stress // *Emerging Topics in Life Sciences*. 2022. No 6 (3).

Информация об авторах

Ракутько Елена Николаевна, научный сотрудник, Институт агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (196625, Россия, г. Санкт-Петербург, п. Тярлево, Филътровское ш., д. 3), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3536-9639>. AuthorID: 789315, SPIN-код: 1427-3360, elena.rakutko@mail.ru

Ракутько Сергей Анатольевич, доктор технических наук, главный научный сотрудник кафедры Энергообеспечения предприятий и электротехнологий Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, главный научный сотрудник Института агроинженерных и экологических проблем сельскохозяйственного производства (ИАЭП) - филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Scopus ID: 26040971100, Researcher ID: B-2745-2014, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2454-4534>, Author ID: 539685, SPIN-код: 5103-4590, sergej1964@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-63

NUMERICAL MODELING AND ANALYSIS OF THE STRESS-STRAIN STATE OF STRUCTURAL PARTS AND SUBASSEMBLIES OF AN EXPERIMENTAL VEHICLE WITH A COMBINED MODE OF TRANSPORTATION FOR THE AGROINDUSTRIAL COMPLEX

A.S. Myasnikov¹, S.D. Fomin²,

¹ChPOU "Gazprom College Volgograd named after. I.A. Matlashov"

²Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 14.01.2022

Submitted 10.03.2023

Abstract

Introduction. The transportation of goods in the field of agriculture plays an important role and is a link in all technological stages of the life cycle of agricultural products. For the transportation of goods in conditions typical for the field of agriculture, special vehicles with increased cross-country ability are required, the technical capabilities of which would allow them to move on a supporting surface with a low bearing capacity and rough terrain. The trucks currently available and employed in the agricultural industry, under a certain set of circumstances, experience difficulties in moving or even get stuck, which negatively affects the results of production activities. One of the possible ways to expand the functionality of vehicles when moving on a supporting surface with a weak bearing capacity and rugged terrain is the ability to choose, depending on the operating conditions, one of the following modes of movement - rolling, walking or wave movement. The design embodiment of the required functionality is technically implemented in an experimental vehicle with a combined mode of movement. **An object.** The object of the study is the two assembly units of the experimental vehicle that are most loaded from the impact of applied force factors - the frame with the mechanism for the longitudinal movement of the body and cabin and half of the moving part of the longitudinal movement of the

propellers along the frame. **Materials and methods.** A static strength analysis of the frame with the mechanism of longitudinal movement of the body and cabin and half of the moving part of the longitudinal movement of the propellers along the frame was carried out by the finite element method. **Results and conclusions.** From the impact of force factors applied to the frame with the mechanism of longitudinal movement of the body and cab and half of the moving part of the longitudinal movement of the movers along the frame, the isofields of equivalent stresses, the safety factor and the total linear displacement of the elements of the structures under consideration are determined and built. The research results showed that in the considered assemblies, the equivalent stresses do not exceed $\sigma_{B2max}=178,6$ MPa, the total linear displacement is not more than 3,73 mm, and the safety factor is $k \geq 2,42$, which characterizes the experimental vehicle as rigid and durable a structure capable of moving in a combined way with technically incorporated degrees of mobility of some assembly units.

Key words: transport work in agriculture, experimental vehicle, combined mode of transportation, equivalent stresses, safety factor, total linear displacements.

Citation. Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stress-strain state of structural parts and subassemblies of an experimental vehicle with a combined mode of transportation for the agro-industrial complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 575-587 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-63.

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

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

УДК 631.37

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ДЕТАЛЕЙ И СБОРОЧНЫХ УЗЛОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ДЛЯ АПК

А.С. Мясников¹, преподаватель

С.Д. Фомин², доктор технических наук, профессор

¹ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И. А. Матлашова», г. Волгоград

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.01.2022

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Перевозка грузов в сфере сельского хозяйства играет важную роль и представляет собой связующее звено всех технологических этапов жизненного цикла сельскохозяйственной продукции. Для перевозки грузов в условиях, характерных для сферы сельского хозяйства, требуются специальные транспортные средства с повышенной проходимостью, технические возможности которых позволяли бы им передвигаться по опорной поверхности с низкой несущей способностью и пересеченному рельефу местности. Имеющиеся и занятые на сегодняшний день в сельскохозяйственной отрасли грузовые автомобили при определенном стечении обстоятельств испытывают затруднения при передвижении или вовсе застревают, что отрицательно сказывается на результатах производственной деятельности. Одним из возможных направлений расширения функциональных возможностей транспортных средств при передвижении по опорной поверхности со слабой несущей способностью и пересеченным рельефом местности является возможность выбора в зависимости от условий работы одного из следующих способов передвижения: качения, шагания или волнового перемещения. Конструкторское воплощение требуемых функциональных возможностей технически реализованы в экспериментальном транспортном средстве с комбинированным способом передвижения. **Объект.** Объектом исследования являются два наиболее нагруженных от воздействия приложенных силовых факторов сборочных узла экспериментального транспортного средства – рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины и половины подвижной части продольного перемещения движителей вдоль рамы. **Материалы и методы.** Методом конечных элементов

проведен статический прочностной анализ рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины и половины подвижной части продольного перемещения движителей вдоль рамы. **Результаты и выводы.** От воздействия приложенных к раме с механизмом продольного перемещения кузова и кабины и половине подвижной части продольного перемещения движителей вдоль рамы силовых факторов определены и построены изополя эквивалентных напряжений, коэффициента запаса по прочности и суммарного линейного перемещения элементов рассматриваемых конструкций. Результаты исследований показали, что в рассматриваемых сборочных узлах эквивалентные напряжения не превышают $\sigma_{B2max}=178,6$ МПа, суммарное линейное перемещение составляет не более 3,73 мм, а коэффициент запаса прочности составляет $k \geq 2,42$ что характеризует экспериментальное транспортное средство как жесткую и прочную конструкцию, способную передвигаться комбинированным способом с технически заложенными степенями подвижности некоторых сборочных узлов.

Ключевые слова: экспериментальные транспортные средства, комбинированные способы передвижения, эквивалентные напряжения, коэффициент запаса прочности, суммарные линейные перемещения.

Цитирование. Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК. *Известия НВ АУК.* 2023. 1(69). 575-587. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-63.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Транспортные работы являются связующим звеном всех технологических этапов жизненного цикла сельскохозяйственного производства, от результатов деятельности которого зависит качество и товарный вид конечной продукции. Для выполнения в сфере сельского хозяйства транспортных работ используются различные виды и образцы техники, среди которых до 60 % объема грузоперевозок отводится автомобильному грузовому транспорту [11]. Используемый на сегодняшний день при технологических операциях сельскохозяйственного производства грузовой автомобильный транспорт при наличии одного или совокупности таких факторов, как пересеченный рельеф местности, низкая несущая способность опорной поверхности, отсутствие дорог с твердым покрытием и плохие погодные условия, начинает испытывать затруднения при передвижении или вовсе застревает (рисунок 1) [8, 9]. Увеличение сроков выполнения транспортных работ может привести к нарушению технологии производства работ, порче семян или готовой продукции, что в конечном счете приводит к экономическим потерям сельскохозяйственного предприятия.



Рисунок 1 – Работа грузовых автомобилей в полевых условиях на почвах с малой несущей способностью

Figure 1 – Operation of trucks in the field on soils with low bearing capacity

Материалы и методы. Для выполнения транспортных работ в сельском хозяйстве вне зависимости от состояния и вида опорной поверхности, а также снижения влияния погодных условий в работе предлагается транспортное средство, имеющее техническую возможность передвижения различными способами – качением, шаганием, волновым перемещением. Выбор способа передвижения зависит от наличия или отсутствия препятствий на пути передвижения и характера сцепления движителей с опорной поверхностью.

Для исследования автомобиля с комбинированным способом передвижения разработан макет экспериментального транспортного средства, состоящий из следующих основных конструктивных сборочных узлов (рисунок 2, 3) [5, 6, 10, 12, 14]: 1-3 подвижные части продольного перемещения движителей 4 вдоль рамы 5; 6 – механизмы продольного перемещения частей 1-3; 7 – механизмы перемещения движителей 4 в вертикальной плоскости; 8 – механизм продольного перемещения кузова и кабины; 9 – источники энергии; 10 – электрический блок; 11 – пульт управления; 12 – кабина; 13 – кузов; 14 – технологическое оборудование (манипулятор).

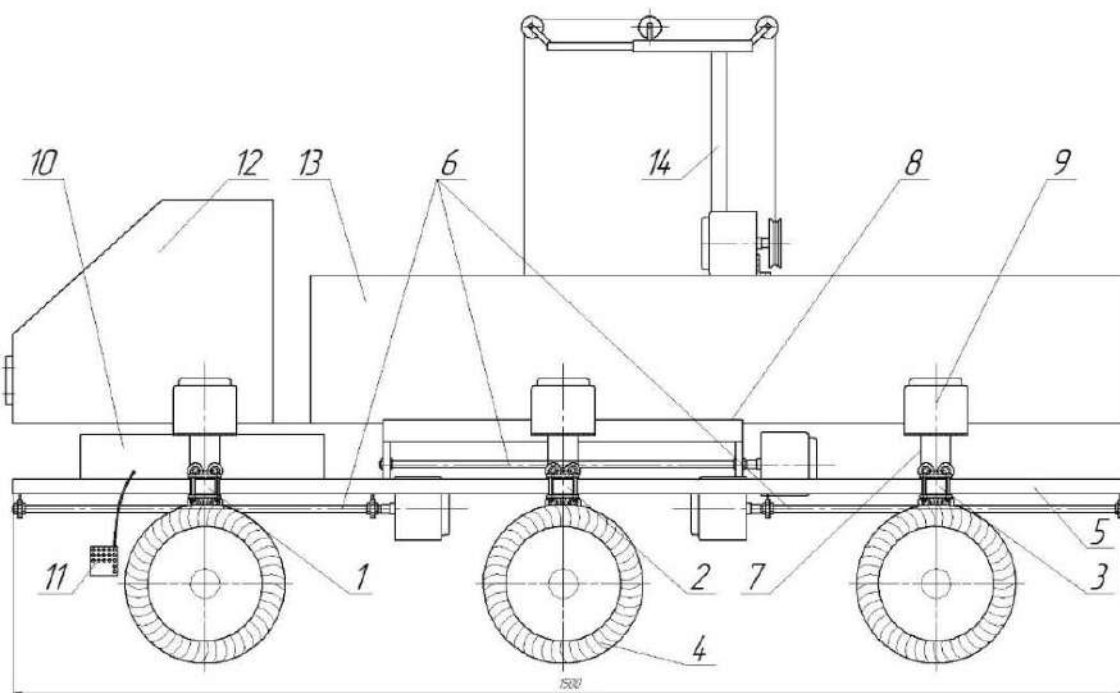


Рисунок 2 – Схема экспериментального транспортного средства

Figure 2 – Scheme of the experimental vehicle

Каждый из движителей 4 (рисунки 2, 3) экспериментального транспортного средства, благодаря механизмам 6 и 7, имеет соответственно продольную и вертикальную относительно рамы степень свободы, а кузов и кабина за счет работы механизма 8 имеют подвижность в продольном относительно рамы направлении [5, 6].

При передвижении по пересеченному рельефу местности или опорной поверхности с низкой несущей способностью подвижные сборочные узлы экспериментального транспортного средства являются наиболее вероятными центрами возможных деформаций и разрушений под действием нагрузки, складывающейся от собственного веса автомобиля и перевозимого им груза, а также сил сопротивления прямолинейного движения и сил сопротивления поперечному смещению при работе на склонах.

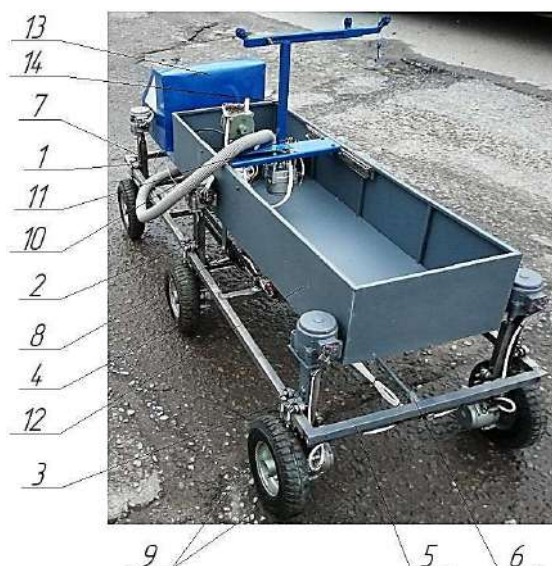


Рисунок 3 – Общий вид экспериментального транспортного средства

Figure 3 – General view of the experimental vehicle

Результаты и обсуждение. Для рассмотрения воздействия нагрузок на экспериментальное транспортное средство в работе при помощи метода конечных элементов выполнены исследования на прочность и жесткость двух наиболее нагруженных сборочных узлов: рамы 5 (рисунок 2, 3) с механизмом продольного перемещения кузова и кабины 8 и половины подвижной части 1 продольного перемещения движителей 4 вдоль рамы 5. Моделирование нагружений осуществляется при помощи персонального компьютера и приложения APM FEM системы автоматизированного проектирования Компас 3D версия V20 [2-4, 7, 13].

В исследованиях на прочность и жесткость сборочных конструктивных узлов экспериментального транспортного средства приняты следующие исходные данные и условия:

- собственная масса экспериментального транспортного средства составляет 48 кг из них 36 кг масса ходовой части с рамой и 12 кг - кузов с кабиной;
- масса перевозимого груза составляет 48 кг;
- сила тяжести экспериментального транспортного средства и перевозимого им груза P распределяется равномерно на движители, одновременно находящиеся в контакте с опорной поверхностью, при выбранном способе передвижения;
- сила тяжести F_c экспериментального транспортного средства составляет 960 Н и распределяется равномерно на число движителей, одновременно находящихся в контакте с опорной поверхностью при выбранном способе передвижения. Минимальное количество движителей одновременно находящихся в контакте с опорной поверхностью $n=4$, тогда нагрузка, приходящаяся на один движитель без учета динамики движения равна $F_{c \text{ пр } 1\text{дв}} = 240 \text{ Н}$;
- с учетом динамики движения транспортного средства принят коэффициент увеличения нагрузок равный $k_d=1,5$;
- максимальная нагрузка, приходящаяся на один движитель с учетом динамики движения, определяется по формуле:

$$F_{c \text{ пр } 1\text{дв}}^{\max} = F_{c \text{ пр } 1\text{дв}} \cdot k_d \quad (1)$$

$$F_{c \text{ пр } 1\text{дв}}^{\max} = 240 \cdot 1,5 = 360 \text{ Н};$$

- при работе на склонах под максимальным углом $\alpha_{max}=30^0$ сила сопротивления поперечному смещению движителя определяется по формуле:

$$F_{c\,non}^{max}=F_{c\,np106}^{max}\cdot\sin30^0, \quad (2)$$

$$F_{c\,non}^{max}=360\cdot\sin30^0=180\text{ Н}$$

- для определения прочности конструктивные сборочные узлы исследованы по эквивалентному напряжению (по Мезису) и коэффициенту запаса по пределу прочности;

- согласно характеристикам стали марки Ст3 максимальный предел прочности (временное сопротивление) σ_B [МПа] составляет $\sigma_B\leq 435$ МПа [14];

- минимальный и технологически достаточный коэффициент запаса по пределу прочности любого сборочного узла и его составных деталей составляет $k_3\geq 2,4$;

- для определения жесткости исследованы конструктивные сборочные узлы по суммарному линейному перемещению;

- движитель транспортного средства принят как конструктивный элемент из однородного твердого несжимаемого материала;

- для проведения прочностного анализа использованы следующие параметры сетки конечных элементов: тип элемента - 4-х узловые тетраэдры; минимальная длина стороны элемента - 0,05 мм; максимальная длина стороны элемента - 5 мм; максимальный коэффициент сгущения на поверхности - 1,2; коэффициент разрежения в объеме - 1,5 [1, 7].

Прочностной анализ рамы 5 (рисунок 2, 3) с механизмом продольного перемещения кузова и кабины 8.

Исследование на прочность рамы с механизмом перемещения кузова и кабины проведено выполнено при их нагрузке силой 600 Н, образуемой весом кабины с кузовом равными 120 Н и весом перевозимого груза равного 480 Н, но с учетом коэффициента увеличения нагрузок k_d сила нагружения рассматриваемых конструктивных элементов равна 900 Н.

Тип нагружения - распределенная сила, место приложения - механизм продольного перемещения кузова и кабины, установленный в центральном положении. Закрепление рамы выполнено в местах установки 4-х движителей, которые, в свою очередь, расположены в крайнем заднем положении относительно своих рабочих диапазонов, определенных технически заложенный в конструкцию величиной (рисунок 4).



Рисунок 4 – Схема закрепления рамы и приложения нагрузки к механизму продольного перемещения кузова и кабины

Figure 4 – Frame fixing scheme and load application to the mechanism of longitudinal movement of the body and cabin

Моделирование нагружения рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины показало, что максимальные эквивалентные напряжения составляют $\sigma_{B1max}=73,1$ МПа и возникают в месте крепления к раме направляющих для закрепления механизма продольного перемещения кузова и кабины, а минимальные равны $\sigma_{B1min}=0,0027$ МПа и возникают в контуре рамы со стороны ее закрепления. Изополя эквивалентных напряжений при загрузке рамы и механизма продольного перемещения кузова и кабины силой P представлены на рисунке 5 [3, 7].

При возникающих в раме эквивалентных напряжениях коэффициент запаса по пределу прочности изменяется в интервале от 5,95 до 10, что соответствует требуемым параметрам ($k_3 \geq 2,4$) условий проведения исследований.

При рассматриваемых в исследовании условиях максимальное суммарное линейное перемещение элементов сборочного узла составляет 3,47 мм и наблюдается в контуре рамы со стороны где ее закрепление отсутствует. Возникшие максимальные линейные перемещения обусловлены тем, что с одной стороны относительно центра тяжести рамы отсутствует контакт с опорной поверхностью на этапе отрыва от нее движителей подвижной части [2, 3, 7]. Изополя суммарного линейного перемещения элементов рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины (без смещения) в результате приложения нагрузки P представлены на рисунке 6.

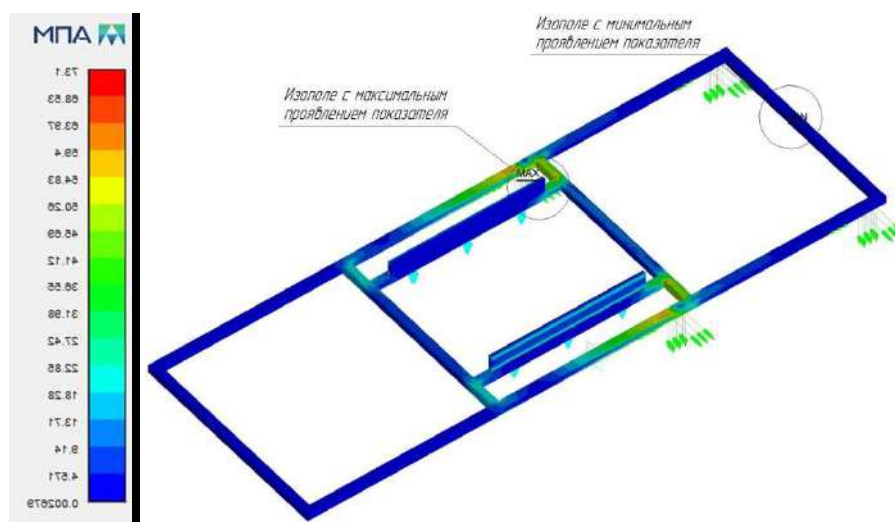


Рисунок 5 – Изополя эквивалентных напряжений рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины в результате приложения нагрузки P

Figure 5 – Isofields of equivalent stresses of the frame with the mechanism of longitudinal movement of the body and cabin as a result of the application of load P

Для снижения линейных перемещений элементов рамы при передвижении способом шагания в момент отрыва движителей от опорной поверхности в конструкции транспортного средства предусмотрен механизм продольного перемещения кузова и кабины 8 (рисунок 2, 3), позволяющий изменять положение центра тяжести вдоль рамы на 300 мм в каждую из сторон от центрального положения. Моделирование нагружения рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины при его максимальном раздвижении в противоположную сторону от движителей, отрыв которых происходит перед выполнением «шага» показало, то максимальные и минимальные эквивалентные напряжения соответственно составляют $\sigma_{Bmax}=65,9$ МПа и $\sigma_{Bmin}=0,0055$ МПа, при этом коэффициент запаса по пределу прочности изменяется от 6,57 до 10, а максимальные линейные перемещения воз-

никают в механизме продольного перемещения кузова и кабины в крайней области смещенной его части и составляют 0,4 мм. Изополя суммарного линейного перемещения элементов рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины при его раздвижении в результате приложения нагрузки P представлены на рисунке 7.

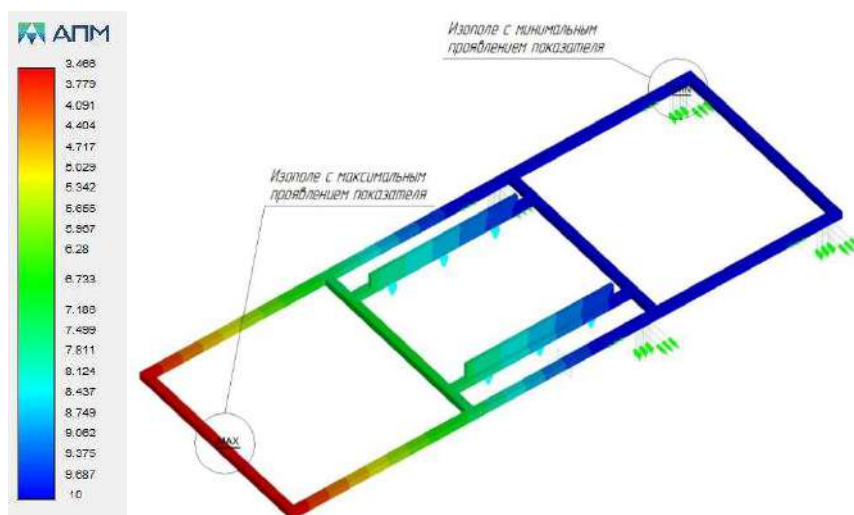


Рисунок 6 – Изополя суммарного линейного перемещения элементов рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины (без смещения) в результате приложения нагрузки P

Figure 6 – Isofields of the total linear displacement of the frame elements with the mechanism of longitudinal movement of the body and cabin (without displacement) as a result of the application of the load P

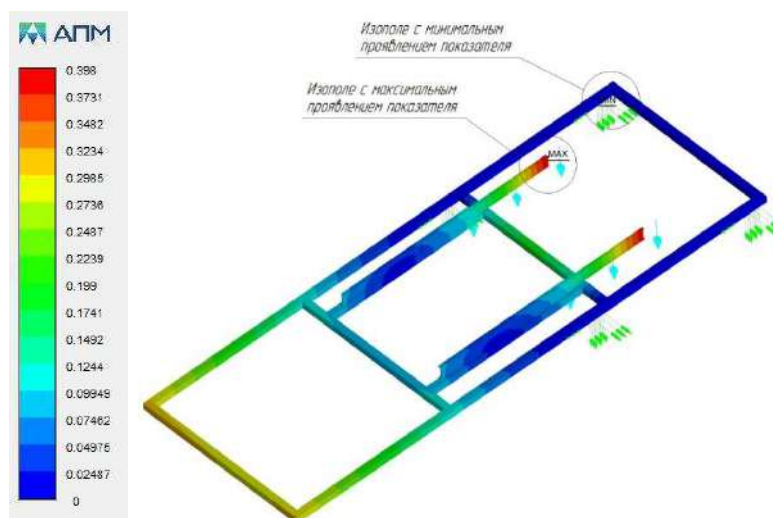


Рисунок 7 – Изополя суммарного линейного перемещения элементов рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины (со смещением) в результате приложения нагрузки P

Figure 7 – Isofields of the total linear displacement of the frame elements with the mechanism of longitudinal movement of the body and cabin (with offset) as a result of the application of the load P

Использование механизма продольного перемещения кузова и кабины позволило более равномерно перераспределить нагрузку P между двумя подвижными частями 2, 3 (рисунок 2, 3), движители которых находятся в контакте с опорной поверхностью, тем самым увеличить коэффициент запаса прочности с 5,95 до 6,57, а также снизив максимальные эквивалентные напряжения на 7,2 МПа и суммарные линейные перемещения на 3,07 мм.

Результаты исследования рамы с механизмом продольного перемещения кузова и кабины в результате приложения нагрузки P показали, что прочностные характеристики исследуемых сборочных узлов при распределении силовых факторов в момент отрыва двух движителей от опорной поверхности при условии использования технической возможности переноса центра тяжести позволяют экспериментальному транспортному средству с большим запасом прочности и жесткости выполнять поставленные задачи при шагающем или волновом способах передвижения по пересеченному рельефу местности или опорной поверхности со слабой несущей способностью.

Прочностной анализ половины подвижной части продольного перемещения движителя вдоль рамы.

Исследование на прочность половины подвижной части продольного перемещения движителя вдоль рамы проведено при вертикальной нагрузке $F_B=360$ Н, силы сопротивления прямолинейного движения $F_{с\,пр\,дог}^{max}=360$ Н и силы сопротивления поперечному смещению движителя $F_{с\,поп}^{max}=180$ Н. Тип нагружения F_B , $F_{с\,пр}^{max}$, $F_{с\,поп}^{max}$ - распределенная сила. Места приложения нагрузок: F_B - механизм продольного перемещения половины подвижной части 1 (рисунок 2, 3); $F_{с\,пр}^{max}$, $F_{с\,поп}^{max}$ - области, расположенные в нижней части движителя, соответственно в продольной и поперечной плоскостях его расположения относительно фрагмента рамы (рисунок 8). Закрепление сборочного узла выполнено согласно рисунку 8. Механизм перемещения движителя в вертикальной плоскости установлен в положение, обеспечивающее максимальный зазор между движителем и фрагментом рамы, что вызывает при схеме загрузки (рисунок 8) рассматриваемого сборочного узла максимальное воздействие приложенных силовых факторов [1, 7].

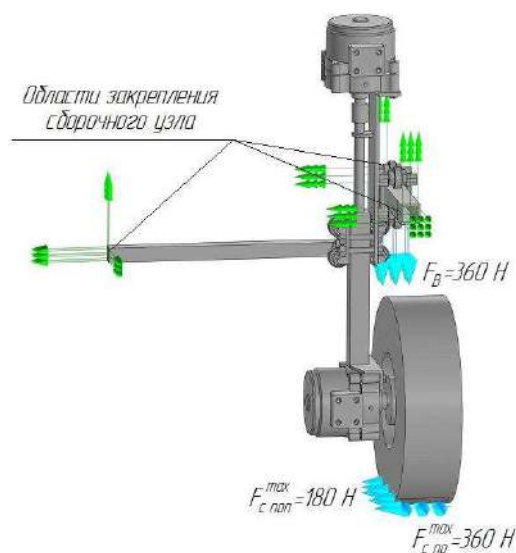


Рисунок 8 – Схема закрепления и приложения нагрузок к половине подвижной части продольного перемещения движителя вдоль рамы

Figure 8 – Scheme of fastening and application of loads to half of the moving part of the longitudinal movement of the mover along the frame

Моделирование нагружения сборочного узла половины подвижной части продольного перемещения движителя показало, что максимальные эквивалентные напряжения составляют $\sigma_{B2max}=178,6$ МПа и возникают в области крепления двигателя к стойке механизма вертикального перемещения движителя. Большие эквивалентные напряжения также наблюдаются в области крепления движителя к двигателю. Мини-

мальные напряжения возникают в каретке механизма продольного перемещения движителя и равны $\sigma_{B2min}=0,0011$ МПа. Изополя эквивалентных напряжений при загрузке сборочного узла силами $F_B, F_{c np}^{max}, F_{c non}^{max}$ представлены на рисунке 9.

В результате возникающих в составных деталях конструкции эквивалентных напряжений коэффициент запаса прочности изменяется в интервале $2,42 \leq k \leq 10$, что соответствует допускаемому показателю условий проведения исследования [2-4, 13]. Изополя распределения коэффициента запаса прочности по конструкции половины подвижной части продольного перемещения движителя вдоль рамы в результате приложения сил $F_B, F_{c np}^{max}, F_{c non}^{max}$ представлены на рисунке 10.

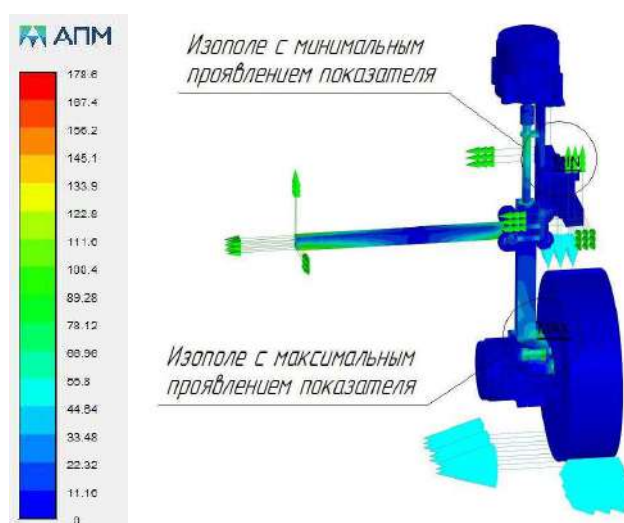


Рисунок 9 – Изополя распределения эквивалентных напряжений на половине подвижной части продольного перемещения движителя вдоль рамы в результате приложения нагрузки $F_B, F_{c np}^{max}, F_{c non}^{max}$

Figure 9 – Isofields of the distribution of equivalent stresses on the half of the moving part of the longitudinal movement of the mover along the frame as a result of the application of the load $F_B, F_{c np}^{max}, F_{c non}^{max}$

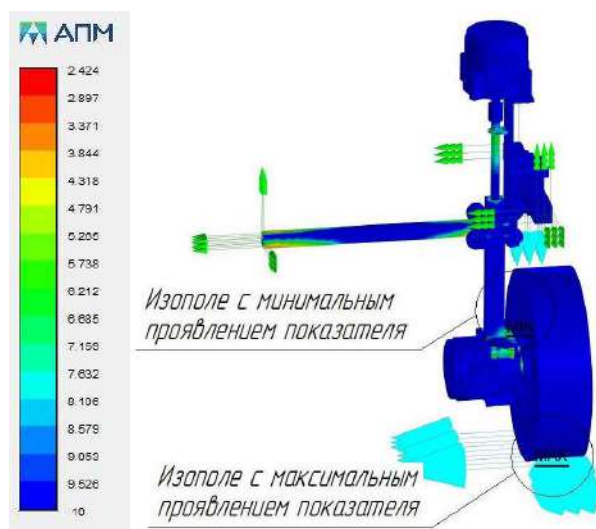


Рисунок 10 – Изополя распределения коэффициента запаса прочности по конструкции половины подвижной части продольного перемещения движителя вдоль рамы в результате приложения нагрузки $F_B, F_{c np}^{max}, F_{c non}^{max}$

Figure 10 – Isofields of the distribution of the safety factor for the design of the half of the moving part of the longitudinal movement of the mover along the frame as a result of the application of the load $F_B, F_{c np}^{max}, F_{c non}^{max}$

От приложенных к конструкции половины подвижной части продольного перемещения двигателя силовых воздействий возникает максимальное линейное перемещение элементов равное 3,73 мм и наблюдается в нижней образующей двигателя и объясняется тем, что в данной области действуют изгибающие моменты от приложенных сил $F_{с\text{ пр}}^{\text{max}}$, $F_{с\text{ non}}^{\text{max}}$, причем плечом моментов является длина, на которую технически максимально возможно переместить от рамы двигатель с помощью механизма его вертикального перемещения. Минимальные перемещения наблюдаются во фрагменте рамы, который находится в контакте с кареткой механизма продольного перемещения двигателя. Изополя линейных перемещений элементов половины подвижной части продольного перемещения двигателя вдоль рамы от приложенных нагрузок F_B , $F_{с\text{ пр}}^{\text{max}}$, $F_{с\text{ non}}^{\text{max}}$ представлены на рисунке 11.

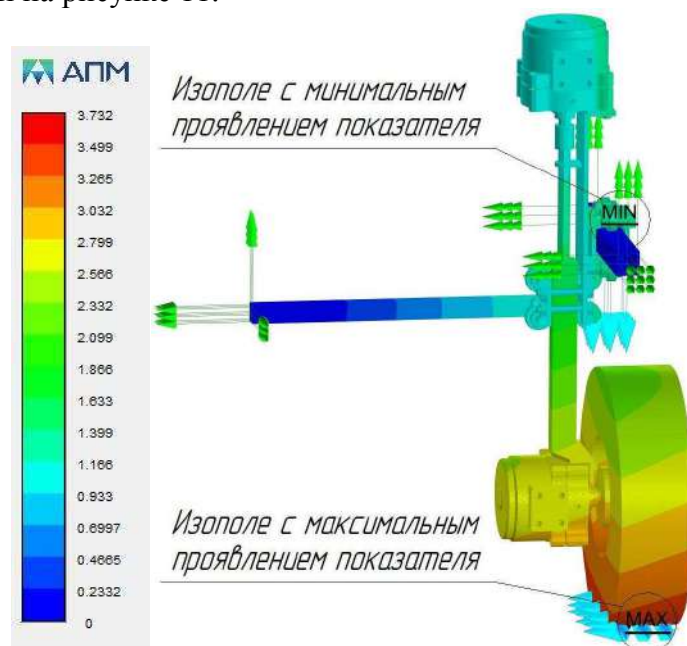


Рисунок 11 – Изополя суммарного линейного перемещения элементов половины подвижной части продольного перемещения двигателя вдоль рамы в результате приложения нагрузки F_B , $F_{с\text{ пр}}^{\text{max}}$, $F_{с\text{ non}}^{\text{max}}$

Figure 11 – Isofields of the total linear displacement of elements half of the moving part of the longitudinal movement of the mover along the frame as a result of the application of the load F_B , $F_{с\text{ пр}}^{\text{max}}$, $F_{с\text{ non}}^{\text{max}}$

Проведение исследования на прочность конструкции половины подвижной части продольного перемещения двигателя в результате приложения сил F_B , $F_{с\text{ пр}}^{\text{max}}$, $F_{с\text{ non}}^{\text{max}}$ показало, что возникающие в деталях и местах их соединений эквивалентные напряжения не превышают $\sigma_{B2\text{ max}}=178,56$ МПа, суммарное линейное перемещение составляет не более 3,73 мм, а коэффициент запаса прочности равен $k_3=2,42$, что позволяет характеризовать сборочный узел как прочную и жесткую конструкцию, способную выдерживать максимально закладываемую в характеристики экспериментального транспортного средства нагрузку, приходящуюся и равномерно распределенную при шагающем или волновом способе передвижения на четыре двигателя.

Выводы: Проведенный анализ напряженно-деформированного состояния наиболее нагруженных от собственного веса экспериментального транспортного средства и перевозимого им груза сборочных узлов показал, что в случае изменения спосо-

ба передвижения с режима качения на режим шагания сопровождающийся необходимостью отрыва двух движителей одной из подвижных частей, рама с механизмом продольного перемещения кузова и кабины, а также подвижные части продольного перемещения движителей, находящиеся в контакте с опорной поверхностью, проходят испытания на прочность и жесткость. Заложенные в конструкцию экспериментального транспортного средства технические решения, позволяющие в зависимости от рельефа местности и состояния несущей способности опорной поверхности выбирать способ и скорость передвижения, формируют новые направления для повышения проходимости мобильной техники и на их основе разработке новых или модернизации уже имеющихся видов и моделей транспортных средств для использования в различных сферах хозяйственной деятельности человека, включая сельское хозяйство.

Библиографический список

1. Азбука системы автоматизированного проектирования Компас-3D V20. https://kompas.ru/source/info_materials/2020/Азбука%20КОМПАС-3D.
2. Арьков Д. П., Гуреева Н. А. Применение смешанного метода конечных элементов для прочностных расчетов силосов, предназначенных для хранения зерна // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 4 (21).
3. Гуреева Н. А., Клочков Ю. В., Николаев А. П. Применение МКЭ в смешанной формулировке для прочностных расчетов инженерных сооружений АПК // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2009. № 2 (14). С. 123-129.
4. Исина Г. Т., Фахрутдинов Г. С., Сапенова Д. К. Численный метод расчета конструкций по методу конечных элементов (МКЭ) // Наука и техника Казахстана. 2010. № 2.
5. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение проходимости машинно-тракторных агрегатов на основе оптимизации способов передвижения // Перспективные тенденции развития научных исследований по приоритетным направлениям модернизации АПК и сельских территорий в современных социально-экономических условиях: мат. нац. науч.-практич. конф., Волгоград, 2021. Том III. С. 451-457.
6. Мясников А. С., Фомин С. Д. Повышение профильной проходимости транспортных средств для перевозки грузов в сельском хозяйстве // Известия НВ АУК. 2022. 4 (68).
7. Прочностной анализ элементов пленкоукладчика / А. Ж. Касенов, К. К. Абишев, П. О. Быков, Р. Б. Муканов, А. Т. Амеркулов // Наука и техника Казахстана. 2020. № 4.
8. Пути дальнейшей модернизации транспортных средств для АПК / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков, С. Н. Кулик // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 123 (09).
9. Современная техника для АПК и перспективы ее модернизации / Н. И. Верещагин, Г. Д. Кокорев, С. В. Колупаев, В. А. Шафоростов, А. С. Колотов, А. А. Уткин, С. Н. Гусаров // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 120 (06).
10. Сравнительный анализ колесных, гусеничных и шагающих машин / Е. С. Брискин, В. В. Чернышев, А. В. Малолетов, Н. Г. Шаронов // Робототехника и техническая кибернетика. 2013. № 1. С. 6-14.
11. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / И. А. Успенский, И. А. Юхин, Д. С. Рябчиков, А. С. Попов, К. А. Жуков // Научный журнал КубГАУ. 2014. № 101 (07).
12. Analysis and justification of the layout of a multipurpose machine for the development of mineral deposits / A. Z. Kassenov, K. K. Abishev, B. N. Absadykov, V. S. Yessaulkov, A. B. Bolatova // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. 2022. V. 1 (451). P. 63-68.
13. Kosachev V. S., Koshevoy E. P., Podgorny S. A. Using rounding function in problems of finite-element analysis // Studies in mathematical science. 2012. Vol. 4. № 2. P. 17-24.

14. Walking machines (elements of theory, experience of elaboration, application) / E. S. Briskin [et al.] // Emerging Trends in Mobile Robotics: proc. of the 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machines. Japan, 2010. P. 769–776.

Информация об авторах

Мясников Алексей Сергеевич, преподаватель ЧПОУ «Газпром колледж Волгоград им. И.А. Матлашова» (400011, Волгоград, Университетский пр-кт, д.71.), тел. 8-937-536-90-03, e-mail: Alexey1987M@yandex.ru.

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор кафедры "Механика" ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), тел. 8-927-521-88-55, e-mail: fsd_58@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-64

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF HUMIC-SILICON MELIORANT IN TECHNOLOGIES OF RECULTIVATION OF DEGRADED LANDS T AGRICULTURAL FACILITIES

**E. G. Meshcheryakova, V. S. Bocharnikov, M. P. Meshcheryakov,
O. V. Bocharnikova**

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 12.01.2023

Submitted 15.03.2023

Summary

The concept of "soil pollution" can be interpreted as the presence and accumulation of substances of organic and inorganic origin in it that are not related to the processes of soil formation and prevent them. Such pollutants can be: heavy metals, petroleum hydrocarbons, radionuclides, salts, pesticides, etc. Exceeding the maximum permissible values established by regulatory documents by these pollutants not only violates and changes the morphological, physico-chemical composition and properties of soils, reduces their quality, reducing fertility, inhibiting the development of beneficial soil microflora, but can also lead to complete degradation of lands, turning them into a destructive mass for plant growth. Of course, the most important thing from the point of view of preventing such consequences is the rational use of natural resources and measures related to the prevention of pollution of agricultural lands, the productive use of which ensures the food security of our country, affects the stable production of high-quality agricultural products. But in the conditions of development and constant increase of production capacities in various fields, the number of man-made hazards leading to soil disturbance, land contamination is increasing. This situation requires the development and rapid application of countermeasures that will allow in the shortest possible time to stabilize and eliminate this or that pollution and restore, and in some cases improve the native properties of disturbed soil, including by accelerating the processes of its self-healing.

Abstract

Relevance. The main causes of soil pollution are anthropogenic human activity, the greatest importance from the point of view of preventing such consequences is played not only by rational nature management and measures related to the prevention of pollution of agricultural land, but also the development of technological solutions and preparations of natural origin catalysts of soil-forming processes, for a significant reduction in the terms of reclamation of disturbed agricultural land. **An object.** The catalytic properties of sorbing meliorants of natural origin, affecting soil formation processes, physico-chemical composition and morphology of soils when used on agricultural lands, were studied. A preparation based on natural zeolite and humic acid was used as a soil improver and its effect on the germination of vegetable seeds was evaluated. **Materials and methods.** In the course of the research, the authors were guided by modern methods and current requirements for conducting experiments, summarizing the results, calculating the necessary indicators. The materials of scientific works by other authors investigating the use of natural sorbents of meliorants in the process of reclamation of disturbed lands were studied, this experience was used when writing the article. **Results and conclusions.** As a result of our research, a humic-silicon meliorant has

been developed. It has been established that when the drug is introduced into the soil, it has a positive effect on its agrophysical and morphological properties. Stimulation of soil-forming processes affects the quality of the soil, which has a positive effect on the germination of vegetable seeds. The results obtained during the research were processed by mathematical and statistical methods and presented in the article. In conclusion, conclusions are drawn about the expediency of using a humic-silicon preparation as a soil improver, a catalyst for soil-forming processes.

Key words: *natural sorbents, recultivation, zeolite, catalyst, agricultural land, pollutants, humic acid.*

Citation. Meshcheryakova E. G., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O. V. The effectiveness of the use of humic-silicon meliorant in technologies of recultivation of degraded lands at agricultural facilities. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 1(69). 587-594 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-64.

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

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

УДК 628.16.067.1

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГУМИНО-КРЕМНИЕВОГО МЕЛИОРАНТА В ТЕХНОЛОГИЯХ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ДЕГРАДИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ НА ОБЪЕКТАХ АПК

Е. Г. Мещерякова, ассистент

В. С. Бочарников, доктор технических наук, профессор

М. П. Мещеряков, доктор технических наук, профессор

О. В. Бочарникова, доктор технических наук, профессор

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 12.01.2023

Дата принятия к печати 15.03.2023

Актуальность. Основными причинами загрязнения почв становится антропогенная деятельность человека, наибольшее значение с точки зрения предотвращения таких последствий имеет не только рациональное природопользование и мероприятия, связанные с предотвращением загрязнения сельскохозяйственных земель, но и разработка технологических решений и препаратов природного происхождения катализаторов почвенно-образовательных процессов для значительного сокращения сроков рекультивации нарушенных земель сельскохозяйственного назначения. **Объект.** Исследовались каталитические свойства сорбирующих мелиорантов природного происхождения, влияющие на почвообразовательные процессы, физико-химический состав и морфологию почв при использовании их на землях сельскохозяйственного назначения. Препарат на основе природного цеолита и гуминовой кислоты использовали как почвоулучшитель и оценивали его влияние на всхожесть семян овощных культур. **Материалы и методы.** В ходе исследований авторы руководствовались современными методиками и актуальными требованиями проведения экспериментов, обобщения результатов, расчетов необходимых показателей. Были изучены материалы научных работ других авторов, исследующих вопросы применения природных сорбентов-мелиорантов в процессе рекультивации нарушенных земель, данный опыт использовался при написании статьи. **Результаты и выводы.** В результате проведенных нами исследований разработан гумино-кремниевый мелиорант. Установлено, что при внесении препарата в почву он положительно влияет на ее агрофизические и морфологические свойства. Стимулирование почвообразовательных процессов влияет на качество почвы, что положительно сказывается на всхожести семян овощных культур. Полученные в ходе исследований результаты были обработаны математико-статистическими методами и представлены в статье. В заключении сделаны выводы о целесообразности применения гумино-кремниевого препарата как почвоулучшителя, катализатора почвообразовательных процессов.

Ключевые слова: природные сорбенты, цеолит, мелиоранты, сельскохозяйственные земли, поллютанты, гуминовая кислота.

Цитирование: Мещерякова Е. Г., Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В. Эффективность применения гумино-кремниевого мелиоранта в технологиях рекультивации деградированных земель на объектах АПК. *Известия НВ АУК*. 2023. 1(69). 587-594. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-64.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Понятие «загрязнение почвы» можно трактовать как нахождение и накопление в ней веществ органического и неорганического происхождения, не связанных с процессами почвообразования и препятствующих им. Такими поллютантами могут выступать тяжелые металлы, нефтяные углеводороды, радионуклиды, соли, пестициды и т.д. Превышение этими загрязнителями предельно допустимых значений, установленных нормативно-правовыми документами, не только нарушает и изменяет морфологический, физико-химический состав и свойства почв, снижает их качество, сокращая плодородие, угнетая развитие полезной почвенной микрофлоры, но и может привести к полной деградации земель, превратить их в губительную для произрастания растений массу. Конечно, наибольшее значение с точки зрения предотвращения таких последствий имеет рациональное природопользование и мероприятия, связанные с предотвращением загрязнения сельскохозяйственных земель, продуктивное использование которых обеспечивает продовольственную безопасность нашей страны, влияет на стабильное производство качественной сельскохозяйственной продукции. Но в условиях развития и постоянного наращивания производственных мощностей в различных сферах количество техногенных опасностей, приводящих к нарушению почвенного покрова, заражению земель, возрастает. Эта ситуация требует разработки и быстрого применения контрмер, которые позволят в кратчайшие сроки стабилизировать и ликвидировать то или иное загрязнение и восстановить, а в каких-то случаях и улучшить нативные свойства нарушенной почвы, в том числе и за счет ускорения процессов ее самовосстановления [4, 5, 8].

Почти 25 % территории нашей страны составляют земли сельскохозяйственного назначения, а более половины из них находятся в Южном Федеральном округе Российской Федерации [1, 2, 6].

В большинстве случаев основными причинами загрязнения почв становится антропогенная деятельность: возникновение несанкционированных мест складирования производственных и бытовых твердых отходов и сброс жидких; применение опасных химических веществ в процессе выращивания сельскохозяйственной продукции, аварийные разливы нефти и нефтепродуктов и др. [4, 7].

В последнем случае основную угрозу землям сельскохозяйственного назначения представляют такие источники, как нефтетрубопроводы, часто проходящие по территории сельхозугодий, автотранспортный сектор, и здесь имеются в виду не только аварийные разливы, но и выделяемые при его эксплуатации токсичные загрязняющие вещества, около 21 % из которых являются углеводородосодержащими; железнодорожный транспорт [1-3].

Необходимо отметить, что почвы после их загрязнения способны без вмешательства человека восстанавливать свои нативные свойства, при этом длительность этого процесса определяется многими факторами: влажность, температурный режим, состояние почвенной микробиоты, воздухопроницаемость, кислотность, вид и степень загрязнения (рисунок 1) [9].



Рисунок 1 – Процесс самовосстановления почвы, загрязненной нефтяными углеводородами

Figure 1 – The process of self-healing of soil contaminated with petroleum hydrocarbons

Нефтяные поллютанты в процессе разложения преобразуются в:

- кислородосодержащие органические соединения (кетоны, спирты, альдегиды, карбоновые кислоты);
- твердые высокомолекулярные органические соединения.

Разложение высокомолекулярных и циклических фракций может затянуться на 15-25 лет, нарушая почвенные процессы восстанавливаемых земельных участков [4, 7, 9]. Для сокращения времени рекультивации нарушенных в результате техногенной деятельности человека земель проводятся мероприятия, в результате которых применяют препараты – сорбирующие мелиоранты, выступающие одновременно катализаторами процессов восстановления.

Природные цеолиты и гуминовые кислоты являются результатом естественного преобразования органической материи, содержат более 50-ти важнейших макро- и микро-элементов, которые полезны не только растениям, но и любым другим живым организмам и экологически безопасны. Они катализируют почвенно-восстановительные процессы, сорбируя и нейтрализуя различные виды химических загрязнителей, стимулируют развитие полезной почвенной микрофлоры. Природные цеолиты улучшают морфологические свойства почвы, структурируя ее, улучшая ее воздухопроницаемость и влагоемкость, а присутствие гуминовой кислоты в питательном растворе приводит к увеличению скорости и повышению процента прорастания семян [5, 6].

Применение препарата на основе природного цеолита и гуминовой кислоты способно значительно сократить период восстановления нефтезагрязненных почв (таблица 1) [10].

Приведенные в таблице результаты предыдущего эксперимента наглядно демонстрируют период восстановления почв с различной степенью нефтезагрязнения до предельно допустимых концентраций, не более 5 месяцев, при внесении препарата на ос-

нове природного цеолита и гуминовой кислоты. Логично предположить, что данные препараты не только сами выступают почвоочистителями, но и являются катализаторами почвообразовательных процессов, стимулируя процессы самовосстановления нарушенных земель.

Таблица 1 – Показатели содержания нефтезагрязнений в почве после внесения препарата на основе природного цеолита и гуминовой кислоты

Table 1 – Indicators of oil pollution content in the soil after application of a preparation based on natural zeolite and humic acid

Исходное нефтезагрязнение почвы, (г/кг)/ Initial oil contamination of the soil, (g/kg)	Остаточное загрязнение после внесения катализирующего состава на основе природного цеолита и гуминовой кислоты, (г/кг) / Residual contamination after the introduction of a catalytic composition based on natural zeolite and humic acid, (g/kg)				
	Через 1 мес./ After 1 month	Через 2 мес./ After 2 month	Через 3 мес./ After 3 month	Через 4 мес./ After 4 month	Через 5 мес./ After 5 month
До 20	12,1	7,8	3,59	0,9	-
От 20 до 40	23,1	10,8	5,1	0,9	-
От 40 до 70	35,6	23,7	11,2	4,6	1

Целью настоящей работы стало изучение влияния почвенного мелиоранта на основе природного цеолита и гуминовой кислоты на агрофизические и морфологические свойства почв сельскохозяйственного назначения. Рассмотрено их каталитическое воздействие на восстановительные процессы в ходе рекультивации сельскохозяйственных земель.

Для достижения поставленной цели были проведены полевые исследования.

Материалы и методы. Определяли влияние почвенного кондиционера-катализатора на агрофизические свойства почвы в полевых условиях. Для этого опытный земельный участок со светло-каштановой, среднесуглинистой почвой размерами 6 м × 1,0 м разделяли на три равные делянки. 1-я делянка служила контролем. На 2-й делянке в почву добавляли вермикулит из расчета 5 кг на 1 м² и перемешивали с почвой на глубину 30 см. На 3-й делянке в почву добавляли катализатор-почвоулучшитель из расчета 5 кг на 1 м² и перемешивали с почвой на глубину 30 см. Отбор проб на определение агрофизических характеристик производился со следующей периодичностью: в первый день, через 20 суток, через 40 суток, через 60 суток. Во время проведения испытаний опытные участки подвергались одинаковому атмосферному воздействию.

Плотность сложения почвы (ρ_c) определена по стандартной методике (буровым методом), принятой в почвоведении.

Плотность твердой фазы почвы ($\rho_{тф}$) определяли пикнометрическим методом.

Предельную полевую влагоемкость (ППВ) определяли термостатно-весовым методом. Общую порозность почвы ($P_{общ}$) определяли по формуле 1:

$$P_{общ} = (1 - \rho_c / \rho_{тф}) * 100, \quad (1)$$

где ρ_c – плотность сложения почвы; $\rho_{тф}$ – плотность твердой фазы почвы.

Порозность аэрации (ПА) рассчитывали по формуле 2:

$$ПА = P_{общ} - ППВ * \rho_c, \quad (2)$$

где ППВ – предельная полевая влагоемкость; $P_{общ}$ – общая порозность почвы.

Результаты и обсуждение. Результаты определения влияния почвенного кондиционера на агрофизические свойства почвы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение агрофизических свойств почвы при внесении природных мелиорантов

Table 2 - Changes in the agrophysical properties of the soil when applying natural ameliorants

Изменение агрофизических свойств почвы / Changes in the agrophysical properties of the soil							
№ п/п	Вариант / Option	Время отбора проб, день / Sampling time, day	Плотность сложения, (г/см ³) / Addition density, (g/cm ³)	Плотность твердой фазы, (г/см ³) / Density of the solid phase, (g/cm ³)	Предельная полевая влагоемкость, % мас / Maximum field moisture capacity, % by weight	Порозность общая, % / Overall porosity, %	Порозность аэрации, % / Porosity of aeration, %
1	Контроль / Control	1-й	1,4	2,55	26,4	45	8,04
		20-й	1,45	2,55	24,8	43	7,04
		40-й	1,5	2,55	23,6	41	5,6
		60-й	1,55	2,55	22,0	39	4,9
2	С добавлением вермикулита / With the addition of vermiculite	1-й	1,35	2,5	32,1	46	2,7
		20-й	1,38	2,5	31,9	45	0,99
		40-й	1,43	2,5	31,2	43	1,6
		60-й	1,5	2,5	30,8	40	6,2
3	С добавлением состава I* / With the addition of composition I*	1-й	1,02	2,3	39,7	56	15,5
		20-й	1,03	2,3	39,5	55	14,3
		40-й	1,04	2,3	39,0	55	14,4
		60-й	1,05	2,3	38,6	54	13,5
	С добавлением состава II* / With the addition of composition II*	1-й	1,0	2,25	39,9	56	16,1
		20-й	1,01	2,25	39,7	55	14,9
		40-й	1,02	2,25	38,9	55	15,3
		60-й	1,03	2,25	38,2	54	14,7

Анализ данных, приведенных в таблице 2, показывает, что препарат на основе природного цеолита и гуминовой кислоты оказывает значительно большее воздействие на агрофизические характеристики почвы, чем вермикулит. Внесение почвенного кондиционера заметно улучшило агрофизические свойства почвы, а именно уменьшилась на 29 % плотность сложения – почва стала рыхлой и неслеживаемой, на 24,4 % увеличилась порозность общая и в 2 раза возросла порозность аэрации, следовательно значительно улучшился водно-воздушный режим почвы.

Изучалось влияние катализатора-почвоулучшителя на качество почвы, для этого анализировалась всхожесть семян различных овощных культур в полевых условиях. С этой целью описанные ранее три выделенные опытные делянки размером 2 м × 1,0 м были разделены на четыре равные части каждая. Первая часть оставлялась незасеянной и предназначалась для исследований агрофизических характеристик почвы, на трех последующих проводились вегетационные опыты со следующими овощными культурами: перец сладкий сорт «Белозерка», томаты сорта «Волгоградский розовый», морковь гибрид «Тангерина F1».

Внешние условия для прорастания семян овощных культур на всех опытных делянках были одинаковыми. Эксперимент проводился в трёхкратной повторности при высеве по 100 семян анализируемой овощной культуры, процент всхожести определяли арифметически путем как отношение числа проросших семян к числу посеянных.

Таблица 3 – Изменение всхожести семян овощных культур после внесения природных мелиорантов
Table 3 – Change in germination of vegetable seeds after the introduction of natural ameliorants

Изменение всхожести семян овощных культур, % / Change in germination of vegetable seeds, %				
№ п/п	Вариант / Option	Перец сладкий сорт «Белозерка» / Sweet pepper variety "Belozerka"	Томаты сорт «Волгоградский розовый» / Tomatoes of the "Volgo-grad pink" variety	Морковь гибрид «Тангерина F1» / Carrot hybrid "Tangerine F1"
1	Контроль / control	76	78	72
2	С добавлением вермикулита / With the addition of vermiculite	82	86	88
3	С добавлением состава I* / With the addition of composition I*	96	98	95
	С добавлением состава II* / With the addition of composition II*	98	98	94

* состав I – природный цеолит фракцией 5 мм, с содержанием клиноптилолита 50 %, замоченный в 30 % растворе гуминовой кислоты на 40 мин. в соотношении компонентов, масс. %: природный цеолит – 80, гуминовая кислота – 20.

* состава II – природный цеолит фракцией 3 мм, с содержанием клиноптилолита 75 %, замоченный в 35 % растворе гуминовой кислоты на 25 мин. в соотношении компонентов, масс. %: природный цеолит – 92, гуминовая кислота – 8.

Анализ результатов опытов, приведенных в таблице 3, показывает, что на делянках с применением катализатора-почвоулучшителя всхожесть семян овощных культур в сравнении с контрольной делянкой увеличилась: по перцу сладкому – на 20-22 %, по томатам – на 20 %, по моркови – на 22-23 %. Следовательно, предлагаемое решение обеспечивает улучшение агрофизических свойств почвы при внесении катализатора-почвоулучшителя на основе природного цеолита и гуминовой кислоты в почву в процессе рекультивации и способствует увеличению всхожести семян не менее чем на 20 %.

Выводы. В результате проведенных нами исследований:

1. Разработан гумино-кремниевый мелиорант.
2. Установлено, что при внесении препарата в почву он положительно влияет на ее агрофизические и морфологические свойства:

- снизились показатели: плотности сложения - на 29 %; плотности твердой фазы - на 12 %;
- увеличились показатели: предельной полевой влагоемкости – на 5 %; общей порозности – на 24 %; порозности аэрации – в 2 раза.

3. Стимулирование почвообразовательных процессов влияет на качество почвы, что положительно сказывается на всхожести семян овощных культур, наблюдалось увеличение данного показателя не менее чем на 20 %.

Природные сорбирующие мелиоранты на основе цеолита и гуминовой кислоты способны не только выступать как почвоочистители, но и улучшать агрофизические и морфологические свойства почвы. Они становятся катализаторами восстановительных процессов в ходе рекультивации нарушенных сельскохозяйственных земель, значительно сокращая сроки их восстановления, являются почвоулучшителями, стимулируя почвообразовательные процессы, положительно влияя на рост и развитие выращиваемых на этих площадях сельскохозяйственных культур, увеличивая их урожайность.

Библиографический список

1. Бурлака С. Д., Бруйка М. Р. Использование природных и искусственных сорбентов для очистки нефтесодержащих сточных вод // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2017. № 7. С. 71-77.

2. Исследование поглотительных свойств природных мелиорантов на техногенно нарушенных землях / Е. Г. Мещерякова, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 239-248.
3. Ким В. Применение искусственных и природных сорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов // Водоочистка. 2020. № 4. С. 28-31.
4. Морозкина Е. В. Природные сорбенты. Структура и свойства: монография. Саарбрюккен: LAP LAMBERT, 2013. 124 с.
5. Оценка результатов ремедиационных исследований техногенно нарушенных земель / Е. Г. Мещерякова, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков, О. В. Бочарникова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 410-420.
6. Поконова Ю. В. Органоминеральные адсорбенты, полученные на основе цеолитов с использованием крекинг-остатков // Химия и технология топлив и масел. 2009. № 2 (552). С. 54-56.
7. Сорбент-ориентированный метод детоксикации почв от тяжелых металлов / В. В. Юрак, Р. А. Апакашев, Н. Г. Валиев, М. С. Лебзин // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т. 13. № 1 (47). С. 135-150.
8. Сорбционный метод очистки воды от примесей нефтепродуктов с помощью цеолита / Ю. А. Козило, О. В. Скопинцева, С. Д. Ганова, В. П. Федотова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2020. № S1. С. 250-259.
9. Adsorption modification of the zeolite surface with chitosan / Zh. A. Tattibayeva, M. T. Tursynbetov, S. M. Tazhibayeva, W. Kujawski, K. B. Musabekov // Chemical Bulletin of Kazakh National University. 2019. V. 95. № 4. P. 20-26.
10. 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. V. 33. P. 85-91.
11. Socio-economic development of small and medium entrepreneurship: potential of resource-based approach / S. A. Korobov, V. O. Moseyko, E. G. Novoseltseva, V. S. Epinina, E. Y. Marusinina // Contributions to Economics. 2017. № 9783319552569. P. 453-459.
12. View Correspondence (jump link) Remediation of contaminated lands in the Niger Delta, Nigeria: Prospects and challenges(Review) / N. Zabbey, K. Sam, Email Author, A. T. Onyebuchi // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 586. P. 952-965.

Информация об авторах

Мещерякова Елена Геннадьевна, ассистент кафедры "Менеджмент и логистика в АПК" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: ale-sn@yandex.ru

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование", заместитель председателя Диссертационного совета 35.2.007.02 по техническим наукам; Ученый секретарь Ученого совета государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Мещеряков Максим Павлович, доктор технических наук, заведующий кафедрой "Физика" федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: maks-sln@yandex.ru

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры "Прикладная геодезия, природообустройство и водопользование", ученый секретарь Диссертационного совета 35.2.007.01 по сельскохозяйственным наукам федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), E-mail: o.bocharnikova@volgau.com

ПАТРИАРХИ АГРАРНОЙ НАУКИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Солдат! Ученый! Личность!



100-летию со дня рождения Листопада Георгия Ефремовича посвящается...

Первого мая 2023 года исполняется 100 лет со дня рождения Листопада Георгия Ефремовича. В славном ряду руководителей (Сталинградского) Волгоградского сельскохозяйственного института, а ныне аграрного университета, он единственный ректор-фронтовик, участник Великой отечественной войны. Его биография начиналась, как и у большинства мальчишек того тяжелого, голодного, трагического для всей страны периода лихих 20-х годов, прошед-

ших горнило самой кровавой войны, а после неё, поднимавших из руин разрушенное государство (СССР).

Он выходец из крестьянской семьи Черниговской области Украинской ССР. Тяжелый крестьянский труд Георгий Ефремович познал с детства. Учась в сельской школе, работал с 15 лет разнорабочим и штурвальным на комбайне. Но уже через два года сельский паренек становится студентом первого курса Азово-Черноморского института механизации с.-х. (г. Зерноград, Ростовская обл.).

Великая Отечественная война прервала обучение в ВУЗе. Отказавшись от брони, Георгий Ефремович добровольцем уходит в ряды Красной Армии. Наспех, по сокращенной программе, им окончено Харьковское военное училище, а весной 1942 года он назначается командиром взвода противотанковых ружей на Юго-Западном фронте, под Харьковом. Здесь получил первое боевое крещение и первое осколочное ранение. Затем, в конце лета 1942 года, были тяжелые бои в предгорьях Кавказа, где он был заместителем командира роты. Далее война забросила его в Новороссийск командиром отдельной роты противотанковых ружей в стрелковой дивизии 18-й десантной армии.

Г.Е. Листопад участвовал в освобождении Донбасса, Мелитополя и других городов Украины, Бессарабии, Польши, Чехословакии.

В начале мая 1945 г., когда фактически война окончилась, Георгий Ефремович все ещё воевал в Чехословакии, освобождая ее столицу от фашистов.

Боевой путь Г.Е. Листопада – это подвиг молодого человека с сильным характером и твердой волей, прошедшего долгую военную дорогу от курсанта-ускоренника до гвардии капитана и подполковника в отставке.

Судьба к Георгию Ефремовичу была благосклонна: при четырех ранениях и контузии он остался практически здоровым человеком. Это дало ему возможность после войны продолжить обучение в Азово-Черноморском институте механизации с. х., окончить его с отличием и получить специальность инженера-механика, а затем полностью переключиться на науку и образование.

С 1950 по 1982 г. Георгий Ефремович Листопад связал свою судьбу со Сталинградским с.-х. институтом, ныне Волгоградский ГАУ. Человек необыкновенной целеустремленности, большой работоспособности и недюжинного ума, он довольно быстро прошел научный и педагогический путь: аспирант, кандидат наук, доцент, декан факультета механизации сельского хозяйства, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Сельскохозяйственные машины», ректор Волгоградского сельскохозяйственного института, член-корреспондент ВАСХНИЛ, действительный член ВАСХНИЛ, академик Российской сельскохозяйственной академии.

Г.Е. Листопадом были разработаны и проведены фундаментальные исследования по улучшению конструкций зерноуборочных машин и дождевальной техники; разработан и внедрен в производство комплекс машин и механизмов для возделывания, уборки и переработки бахчевых культур; выполнены капитальные исследования по эффективности применения мобильных машин в сельскохозяйственном производстве.

Георгий Ефремович был не только крупным ученым аграрной инженерной науки, но и прекрасным, талантливым организатором. Именно под его руководством был создан коллектив, объединивший агрономов, биологов, инженеров, гидротехников, который работал над созданием целого комплекса мероприятий (комплексной технологии) Программированного получения урожаев сельскохозяйственных культур.

Эти исследования коренным образом изменили представление о земледельческой механике. Они легли в основу практических рекомендаций получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур в острозасушливых зонах, на почвах с малым гумусным горизонтом и низким содержанием питательных элементов.

Уже тогда в Волгоградском СХИ была открыта первая в Союзе «Станция программированного получения урожаев». Многолетние результаты исследований были внедрены на площади около 1 млн. га. орошаемых земель в СССР и более 2,5 тыс. га в странах социалистического содружества.

За время научной деятельности Георгий Ефремович опубликовал 237 научных трудов, в том числе 14 книг и учебников, им получено 40 авторских свидетельств и патентов на изобретения. Основные его работы известны и за рубежом.

Учебник «Сельскохозяйственные и мелиоративные машины» под его редакцией, рекомендованный для студентов инженерных факультетов аграрных вузов СССР и инженеров сельскохозяйственного производства, издавался дважды (1978, 1986 гг.) и по нему обучались студенты зарубежных стран (ГДР, Чехословакия, Венгрия и т.д.).

За выдающиеся достижения в науке доктор технических наук, профессор Листопад Георгий Ефремович был избран в академию ВАСХНИЛ (РАСХН), действительным ее членом. Ему было присвоено звание: «Заслуженный деятель науки и техники РФ». Он один из восьми награжденных «Золотой медалью имени академика В.П. Горячки-

на». В представлении к награде отмечается: «За развитие фундаментальных основ земледельческой механики». Следует отметить, что указанная медаль по статусу присуждается один раз в четыре года и за всю историю от ее учреждения (1938г.) Георгий Ефремович был восьмым.

Георгий Ефремович являлся крупным организатором высшего образования. Возглавляемый им с 1961 года в течение 21 года Волгоградский СХИ стал подлинной кузницей с.-х. кадров в Поволжье. Только им было подготовлено шесть докторов наук и 28 кандидатов наук.

За боевые подвиги и трудовые достижения Георгий Ефремович был награжден семнадцатью государственными наградами, в том числе 6-ю орденами.

Г. Е. Листопад неоднократно избирался депутатом областного и городского Советов народных депутатов, являлся председателем областного правления общества «Знание», членом областного комитета защиты мира, председателем экспертного совета ВАК СССР, участвовал в работе XXIV съезда КПСС, постоянно работал с молодежью, являлся большим любителем шахматной игры. Несколько его шахматных задач приводится в классической литературе по шахматам.

Главные черты характера Георгия Ефремовича как человека - большая доброта, честность, требовательность к себе и подчиненным, исключительная порядочность и обостренное чувство творчества.

Со стороны академика Георгия Ефремовича Листопада молодежь всегда находила поддержку в решении не только учебных, научных вопросов, но и бытовых проблем.

Именно этому ЧЕЛОВЕКУ во многом обязан наш университет, признанный ведущим научным центром аграрного образования РФ.

**Цепляев А.Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
ученик Листопада Г.Е.**

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

**АГРОНОМИЯ, ЛЕСНОЕ И ВОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО /
AGRONOMY, FORESTRY AND WATER MANAGEMENT**

Мелихов В. В., Медведева Л. Н., Московец М. В.

Экосистемы водозаборных зон Цимлянского водохранилища: состояние
и биоремедиация

Melikhov V. V., Medvedeva L. N., Moskovets M. V.

Ecosystems of water intake zones of the Tsimlyansk reservoir: state and bioremediation 13

Алиев И. Н., Воронина В. П., Хамарова З. Х.

Вторичная сукцессия в карьерах Северного Кавказа

Aliev I. N., Voronina V. P., Khamarova Z. K.

Secondary succession in the quarries of the North Caucasus 21

Барабанов А. Т.

Обоснование роли и места стокорегулирующих мероприятий в борьбе
с деградацией почв и опустыниванием земель.

Barabanov A. T.

Substantiation of the role and place of flow-regulating measures in the fight against
soil degradation and land desertification 36

Бесалиев И. Н., Панфилов А. Л., Ререр Н. С.

Сортовая специфика влияния солевого и осмотического стресса на
морфологические признаки проростков яровой пшеницы

Besaliev I. N., Panfilov A. L., Reger N. S.

Varietal specificity of the effect of salt and osmotic stress on the morphological
characteristics of spring wheat seedlings 46

Бондаренко А. Н.

Усовершенствованные способы возделывания сортов среднеспелого картофеля
в условиях Северо-Западного Прикаспия

Bondarenko A. N.

improved methods of cultivating varieties of medium-ripened potatoes in the conditions
of the North-Western Caspian sea 53

Воронина В.П., Долмонега М.А., Габунщина А. А.

Адаптационные возможности кленовых насаждений в малолесистых
урбанизированных ландшафтах

Voronina V. P., Dolmonega M. A., Gabunshina A. A.

Adaptive capabilities of maple plantations in sparsely wooded urbanized landscapes 65

Мартынюк А. А., Турчин Т. Я., Чеплянский И. Я., Кулик А. К.

Современное состояние государственных защитных лесных полос степной
и полупустынной зон, основные направления их сохранения и реабилитации

Martynyuk A. A., Turchin T. Ya., Cheplyanskij I. Ya., Kulik A. K.

The current condition of the State protective forest belts in the steppe and semi-desert
zones, the main directions of their conservation and rehabilitation 78

Москвичев А. Ю., Агапова С. А.

Инокуляция семян и предуборочная десикация – важный элемент увеличения продуктивности сои при разных режимах орошения на светло-каштановой почве Нижней Волги

Moskvichev A. Yu., Agapova S. A.

Seed inoculation and pre-harvest desiccation are an important element of increasing soybean productivity under different irrigation regimes on the light chestnut soil of the Lower Volga

91

Оконов М. М., Петров Н. Ю., Батыров В. А., Оросов С. А., Саад А. А. О.

Агроэкологические и агротехнические особенности выращивания кунжута в степной зоне Республики Калмыкия

Okonov M. M., Petrov N. Yu., Batyrov V. A., Orosov S. A., Saad A. A. O.

Agroecological and agrotechnical features of sesame cultivation in the steppe zone of the Republic of Kalmykia

100

Рулева О. В., Казиева З. М.

Методологический подход при исследовании биопродуктивности картофеля в зоне влияния лесных полос Нижнего Поволжья

Ruleva O. V., Kazieva Z. M.

Methodological approach to the study of potato bioproductivity in the zone of influence of forest belts of the Lower Volga region

106

Семененко С. Я., Новиков А. Е.

Показатели мелиоративного состояния орошаемых земель Волгоградской области

Semenenko S. Y., Novikov A. E.

Indicators of the reclamation condition of irrigated lands of the Volgograd region

114

Фомин С. Д., Климов С. В.

Размножение подвоев косточковых культур методом зеленого черенкования с использованием различных стимуляторов корнеобразования в аридных условиях Северного Прикаспия

Fomin S. D., Klimov S. V.

Propagation of rootstocks of stone fruit crops by green cuttings using various root formation stimulators in arid conditions of the northern Caspian Sea

123

Ходяков Е. А., Милованов С. Г., Бондаренко К. В.

Водосберегающие технологии при выращивании хлопчатника в Нижнем Поволжье

Khodiakov E. A., Milovanov S. G., Bondarenko K. V.

Water-saving technologies for cotton cultivation in the Lower Volga region

129

Айтпаева А. А., Тютюма Н. В., Кадралиев Д. С.

Минеральное питание культур кормового севооборота в Наримановском районе Астраханской области

Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V., Kadraliev D. S.

Mineral nutrition of forage crops in the Narimanov district of the Astrakhan region

137

- Булахтина Г. К., Тютюма Н. А.**
Оценка аридных кормовых растений в качестве фитомелиорантов опустыненных пастбищных экосистем
Bulakhtina G. K., Tyutyuma N. A.
Assessment of arid forage plants as phytomeliorants of deserted pasture ecosystems 148
- Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Кузнецова Н.В., Лаптина У.А.**
Адаптационные показатели сортов картофеля разных групп спелости в условиях Волгоградской области
Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Kuznetsova N. V., Laptina U. A.
Adaptation indicators of potato varieties of different maturity groups in the conditions of the Volgograd region 157
- Гулин А. В., Кигашпаева О. П., Мачулкина В. А., Лаврова Л. П., Джабраилова В. Ю.**
Новый сорт хлопчатника астраханских селекционеров для Юга России
Gulin A. V., Kigashpaeva O. P., Machulkina V. A., Lavrova L. P., Dzhabrailova V. Yu.
A new variety of cotton from astrakhan breeders for the South of Russia 167
- Ефремова Е. Н., Тютюма Н. В., Петров Н. Ю.**
Воздействие агротехнических приемов на качественный и количественный состав микроорганизмов в почве после сахарного сорго в условиях Нижнего Поволжья
Efremova E. N., Tyutyuma N. V., Petrov N. Y.
The impact of agrotechnical techniques on the qualitative and quantitative composition of microorganisms in the soil after sugar sorghum in the conditions of the Lower Volga region 174
- Жолобова О. О.**
Эффективность предпосевной обработки стимуляторами роста семян двух видов рода *Caragana* Fabr., перспективных в защитном лесоразведении
Zholobova O. O.
Efficiency of presowing seed treatment with growth stimulants of two species of the genus *Caragana* Fabr., promising in protective afforestation 182
- Зверева Г. Н., Гребнева Д. А.**
Влияние проектного управления на развитие агропромышленного комплекса Российской Федерации
Zvereva G. N., Grebneva D. A.
Impact of project management on the development of the Russian agro-industrial complex 191
- Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Каракаджиев А. С.**
Результаты селекции баклажана в условиях Нижнего Поволжья
Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Karakadzhiev A. S.
Results of eggplant breeding in the conditions of the lower Volga region 201

Кудряшова Н. И., Кудряшов А. В. Влияние различных агроприемов возделывания на химический состав бобово-мятликовых травосмесей Kudryashova N. I., Kudryashov A. V. Influence of various agricultural methods of cultivation on the chemical composition of legume-poa grass mixtures	208
Митрофанов Д. В., Ткачёва Т. А. Влияние лимитирующих факторов на продуктивность проса в севооборотах на южных чернозёмах Оренбургского Предуралья Mitrofanov D.V., Tkacheva T.A. Influence of limiting factors on millet productivity in crop rotations in the southern chernozems of the Orenburg Urals	217
Неверов А. А. Телесвязи глобальных климатических факторов с урожайностью полевых культур в степной зоне Оренбуржья Neverov A. A. Telecommunications of global climatic factors with the yield of field crops in the steppe zone of Orenburg region	228
Пимохова Л. И., Яговенко Г. Л., Мисникова Н. В., Царапнева Ж. В., Хараборкина Н. И. Инновационные фунгициды для защиты посевов люпина белого от комплекса грибных заболеваний Pimokhova L. I., Yagovenko G. L., Misnikova N. V., Tsarapneva Zh. V., Kharaborkina N. I. Innovation fungicides for white lupin crops' protection against fungi diseases' complex	238
Родин К. А., Воронцова Е. С., Воронин Г. А. Сравнительная оценка гибридов кукурузы при дождевании в условиях Нижнего Поволжья Rodin K. A., Vorontsova E. S., Voronin G. A. Comparative evaluation of corn hybrids during sprinkling in the conditions of the Lower Volga region	248
Бондаренко К. В., Ходяков Е. А., Кузнецова Н. В., Милованов С. Г. Структура урожая хлопчатника при поливе дождеванием в Нижнем Поволжье Bondarenko K. V., Khodiakov E. A., Kuznetsova N. V., Milovanov S. G. Cotton yield structure with sprinkling irrigation in the Lower Volga region	255
Выприцкий А. А. Анализ влияния геоморфологических характеристик территорий на сохранность государственных защитных лесных полос Vypritskiy A. A. Analysis of the influence of geomorphological characteristics of the territories on the preservation of state protected forest strips	261

Рябчикова Н. Б., Корнилова М. С., Фомин С. Д.

Эффективность применения в технологии выращивания арбуза столового регулятора роста Вигор Форте в сочетании с водорастворимым удобрением Агровин

Ryabchikova N. B., Kornilova M. S., Fomin S. D.

The effectiveness of the use of table growth regulator Vigor Forte in combination with water-soluble fertilizer Agrovin in watermelon cultivation technology 272

Фещенко Е. М.

Перспективы использования дикорастущих видов и форм яблони в селекции на декоративные качества

Feshchenko E. M.

Prospects for the use of wild species and forms of apple trees in breeding for decorative qualities 281

Гузенко А. Ю.

Исследование и математическое моделирование влияния биопрепаратов на урожайность ярового ячменя в засушливых условиях Волгоградской области.

Guzenko A. Yu.

Research and mathematical modeling of the effect of biological products on the yield of spring crops in arid conditions of the Volgograd region 290

Казимов Г. А.

Научные основы влияния норм минеральных удобрений на стадию развития различных фазовых ароматных сортов табака типа Вирджиния.

Kazimov G. A.

Scientific foundations of the influence of mineral fertilizer norms on the stage of development of various phenophases of aromatic varieties of tobacco such as Virginia 303

Никонорова Ю. Ю., Косых Л. А., Столпивская Е. В., Шиповалова А. В., Ермилина Н. Н.

Изучение ценных признаков у нового сорта ярового ячменя Поволжский приз в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья

Nikonorova Yu. Yu., Kosykh L. A., Stolpivskaya E. V., Shipovalova A. V., Ermilina N. N.

Study of valuable traits in a new variety of spring barley Volga prize in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region 314

ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В., Мосолова Н. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Пузанкова В. А., Мороз Н. Н.

Эффективность использования новой кормовой добавки в поздний сухостойный период коров

Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Khoroshevskaya L. V., Mosolova N. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Puzankova V. A., Moroz N. N.

Effectiveness of a new feed additive in late drying period of cows 322

- Варакин А. Т., Ховатов Н. Э., Гайирбегов Д. Ш., Симонов Г. А.**
Влияние кормовой добавки «Крезацин» на обмен веществ у ремонтных свинок
Varakin A. T., Khovatov N. E., Gayirbegov D. Sh., Simonov G. A.
The effect of the feed additive «Krezacin» on metabolism in repair pigs 332
- Николаев С. И., Карапетян А. К., Каширина А. А., Колесникова Ю. М., Ставцев А. Э., Лебедев С. Ю.**
Применение высокобелковых нетрадиционных кормовых источников в рецептурах комбикормов для радужной форели
Nikolaev S.I., Karapetyan A.K., Kashirina A.A., Kolesnikova Yu.M., Stavtsev A.E., Lebedev S.Y.
The use of high-protein non-traditional feed sources in the formulations of compound feeds for rainbow trout 339
- Ранделин Д. А., Суторма О. А., Николаев С. И., Ранделин А. В., Колесникова Ю. М.**
Особенности формирования количественных и качественных показателей мясной продуктивности бычков отдельных генотипов (GG, GC и CC) по гену GH
Randelin D. A., Sutorma O. A., Nikolaev S. I., Randelin A.V., Kolesnikova Yu. M.
Features of the formation of quantitative and qualitative indicators of meat productivity of bulls of individual genotypes (GG, GC and CC) according to the GH gene 345
- Ряднов А. А., Саломатин В. В., Злепкин Д. А., Злепкин В. А., Воронцова Е. С., Конобле Т. В., Зинин Е. П., Волкова О. А.**
Морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров при введении в питьевую воду кормовой добавки
Ryadnov A. A., Salomatin V. V., Zlepkin D. A., Zlepkin V. A., Vorontsova E. S., Konoble T. V., Zinin E. P., Volkova O. A.
Morphological and biochemical blood parameters of broiler chickens when a feed additive is introduced into drinking water 353
- Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова Н. И., Ткаченкова Н. А., Воронцова Е. С.**
Физико-химические показатели молока, произведенного в условиях промышленной технологии
Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolova N. I., Tkachenkova N. A., Vorontsova E. S.
Physical and chemical parameters of milk produced in accordance with industrial production technology 360
- Александрова С. С., Логинов С. В., Садвокасова А. А.**
Гематологические показатели цыплят-бройлеров при использовании пробиотиков
Aleksandrova S. S., Loginov S. V., Sadvokasova A. A.
Hematological indicators of broiler chicks when using probiotics 368
- Ефимова Л. В.**
Связь антигенного состава крови с продуктивным долголетием коров красно-пёстрой породы
Efimova L. V.
Relationship of blood antigenic composition with productive longevity of red-motley cows 373

Баркова О. Ю. Анализ уровня экспрессии гена LCORL в печени у контрастных пород кур Barkova O. Yu. Analysis of LCORL gene expression in liver in contrast chicken breeds	383
Чучунов В. А., Радзиевский Е. Б., Конобле Т. В., Самойлова Т. С. Сравнительная оценка использования при пчеловодении ульев, изготовленных из пенополистирола и дерева Chuchunov V. A., Radzievsky E. B., Konopley T. V., Samoylova T. S. Evaluation of the use of a beehive made of expanded polystyrene in beekeeping	391
Полтева Е. А., Ларкина Т. А., Пегливанян Г. К., Баркова О. Ю. Путь становления системы CRISPR/Cas9 как инструмента совершенствования продуктивности животных Polteva E. A., Larkina T. A., Peglivanyan G. K., Barkova O. Yu. The way of formation of the CRISPR/Cas9 system as a tool for improving the productivity of animals	399
Хлебус Н. К., Петровский С. В. Изменения биохимического состава крови при токсических поражениях печени свиноматок Hlebus N. K., Piatrouski S. V. Changes in the biochemical composition of the blood in toxic damages of the liver of sows	415
Торопов А. Ю., Московец М. В., Филимонов М. И., Семененко С. Я. Влияние chlorella vulgaris ифр №с-111 на формирование эпизоотического благополучия в прудовом хозяйстве Toropov A. Yu., Moskovets M. V., Filimonov M. I., Semenenko S. Ya. The influence of chlorella vulgaris igf No.c-111 on the formation of epizootic well-being in pond farming	427
Гиро М. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Мосолов А. А., Черников Е. В. Использование йодсодержащих кормовых добавок при производстве говядины Giro M.V., Gorlov I.F., Slozhenkina M.I., Vorontsova E.S., Mosolov A.A., Chernikov E.V. The use of iodine-containing feed additives in the beef production	434
Ховатов Н. Э., Гайирбеков Д. Ш., Варакин А. Т., Симонов Г. А. Эффективная кормовая добавка в рационах ремонтных свинок Khovатов N. E., Gayirbegov D. Sh., Varakin A. T., Simonov G. A. Efficient feed additive in the rations of repair pigs	441

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

- Ряднов А. И., Седов А. В., Курахтенков А. К.**
Факторы, влияющие на показатели использования соргоуборочных машин
Ryadnov A. I., Sedov A. V., Kurakhtenkov A. K.
Factors affecting the use of sorghum harvesting machines 448
- Федянов Е. А., Санинский В. А., Грибенченко А. В., Ушаков Н. А.**
Дорн двухстороннего действия с использованием смазочно-охлаждающей технологической среды.
Fedyanov E. A., Saninsky V. A., Gribenchenko A. V., Ushakov N. A.
Double-acting mandrel using a lubricating and cooling process medium 456
- Федорова О. А., Ряднов А. И., Мурог И.А., Курахтенков А. К.**
Улучшение некоторых эксплуатационных показателей соргоуборочного комбайна при работе на склонах
Fedorova O.A., Ryadnov A.I., Murog I.A., Kurakhtenkov A.K.
Improvement of some operational indicators of the sorghum harvester when working on slopes 463
- Цепляев А. Н., Непокрытый Р. А.**
Энергоресурсосберегающие технологии посадки картофеля в орошаемом земледелии с использованием модернизированной картофелесажалки
Tseplyaev A. N., Nepokrytiy R. A.
Energy-saving technologies of potato planting in irrigated agriculture using modernized potato planter 472
- Юрченко И. Ф.**
Роль водосбережения в орошаемом земледелии Республики Крым
Yurchenko I. F.
Water saving measures in the farming of the Republic of Crimea 482
- Абдулмажидов Х. А.**
Восстановление осушительных каналов мелиоративных систем каналоочистителем с продольным по оси канала движением ковша на жестких направляющих
Abdumazhidov Kh. A.
Restoration of drainage channels of reclamation systems with a canal cleaner with a bucket moving along the axis of the channel on rigid guides 491
- Айтпаева А. А., Локтионова Е. Г., Пучков М. Ю., Фомин С. Д., Воронов С. И.**
Математическое моделирование как основа программирования урожайности арахиса в аридной зоне юга России
Aytpaeva A. A., Loktionova E. G., Puchkov M. Yu., Fomin S. D., Voronov S. I.
Mathematical modeling as a basis for programming the yield of peanuts in the arid zone of the South of Russia 499

Белоусов С. В., Камбулов С. И., Рыков В. Б., Туровский Б. В. Кинематика ротационных почвообрабатывающих машин Belousov S. V., Kambulov S. I., Rykov V. B., Turovsky B. V. Kinematics of rotary tillage machines	509
Кожанов А. Л., Воеводин О. В. Модульная осушительно-увлажнительная польдерная система двойного регулирования водного режима почв Kozhanov A. L., Voevodin O. V. Modular drying and humidifying polder system of dual regulation of soil water regime	519
Курченко Н. Ю., Даус Ю. В., Туфляк Е. В. Параметры применения беспилотных летательных аппаратов при обработке средствами защиты растений сельскохозяйственных культур Kurchenko N. Yu., Daus Yu. V., Truflyak E. V. Parameters of the use of unmanned aerial vehicles in the processing of crop protection products	527
Майер А. В., Выборнов В. В. Теоретические и практические аспекты создания технической системы для орошения сельскохозяйственных культур на комплексных солонцовых почвах Mayer A. V., Vybornov V. V. Theoretical and practical aspects of creating a technical system for irrigation of agricultural crops on complex saline soils	537
Мартынов И. С., Шапров М. Н., Седов А. В., Михайлёнок А. А. Теоретическое обоснование параметров распределяющего устройства пропашной сеялки Martynov I. S., Shaprov M. N., Sedov A. V., Mikhailenok A. A. Theoretical substantiation of the cell parameters of the roller of the distribution device of a row seeder	544
Пархоменко Г. Г., Камбулов С. И., Белоусов С. В. Методика определения критериев подобия для рабочих органов глубокорыхлителя Parkhomenko G. G., Kambulov S. I., Belousov S. V. Methodology for determining the similarity criteria for the working organs of a deep miner ...	556
Ракутько Е. Н., Ракутько С. А. О возможности биоиндикации окружающей среды по флуктуирующей асимметрии оптической плотности листьев растений Rakutko E. N., Rakutko S. A. Possibility of bioindication of environment by the fluctuating asymmetry of leaf optical density	563
Мясников А. С., Фомин С. Д. Численное моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных деталей и сборочных узлов экспериментального транспортного средства с комбинированным способом передвижения для АПК Myasnikov A. S., Fomin S. D. Numerical modeling and analysis of the stress-strain state of structural parts and subassemblies of an experimental vehicle with a combined mode of transportation for the agro-industrial complex	535

Мещерякова Е. Г., Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В. Эффективность применения гумино-кремниевого мелиоранта в технологиях рекультивации деградированных земель на объектах АПК Meshcheryakova E. G., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O. V. The effectiveness of the use of humic-silicon meliorant in technologies of recultivation of degraded lands at agricultural facilities	587

ПАТРИАРХИ АГРАРНОЙ НАУКИ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Солдат! Ученый! Личность!... 100-летию со дня рождения Листопада Георгия Ефремовича посвящается... Цепляев А.Н.....	595
Содержание	598

ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2023

**Редакция журнала в своей деятельности руководствуется принципами научности,
объективности и беспристрастности**

1. Содержание статьи должно соответствовать специальностям:
 - 4.1.1 Общее земледелие и растениеводство.
 - 4.1.2 Селекция, семеноводство биотехнология растений.
 - 4.1.3 Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений.
 - 4.1.4 Садоводство, овощеводство, виноградарство и лекарственные культуры.
 - 4.1.5 Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика.
 - 4.1.6 Лесоведение, лесоводство, лесные культуры, агролесомелиорация, озеленение, лесная пирология и таксация.
 - 4.2.1 Патология животных, морфология, физиология, фармакология и токсикология.
 - 4.2.2 Санитария, гигиена, экология, ветеринарно-санитарная экспертиза и биобезопасность.
 - 4.2.3 Инфекционные болезни и иммунология животных.
 - 4.2.4 Частная зоотехния, кормление, технологии приготовления кормов и производства продукции животноводства.
 - 4.2.5 Разведение, селекция, генетика и биотехнология животных.
 - 4.2.6 Рыбное хозяйство, аквакультура и промышленное рыболовство.
 - 4.3.1 Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса.
 - 4.3.2 Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.
 - 4.3.3 Пищевые системы.
2. 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).
3. 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.
4. 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 двустороннее слепое рецензирование (double-blind reviewing): рецензент и автор не знают имён друг друга.

5. 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.

6. 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.

7. 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.

8. 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 редакцию в электронной версии (в формате Word Windows). 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. Образец форматирования – на сайте журнала.

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 истолкован 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 2023**

1. The content of the article should correspond to the specialties:
 - 4.1.1 General agriculture and crop production
 - 4.1.2 Breeding, seed production, plant biotechnology
 - 4.1.3 Agrochemistry, agro-soil science, plant protection and quarantine
 - 4.1.4 Horticulture, vegetable growing, viticulture and medicinal crops
 - 4.1.5 Land reclamation, water management and agrophysics
 - 4.1.6 Forestry, forestry, forest crops, agroforestry, landscaping, forest ecology and taxation
 - 4.2.1 Animal pathology, morphology, physiology, pharmacology and toxicology
 - 4.2.2 Sanitation, hygiene, ecology, veterinary and sanitary expertise and biosafety
 - 4.2.3 Infectious diseases and animal immunology
 - 4.2.4 Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products
 - 4.2.5 Breeding, breeding, genetics and biotechnology of animals
 - 4.2.6 Fisheries, aquaculture and industrial fisheries
 - 4.3.1 Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex
 - 4.3.2 Electrical technologies, electrical equipment and power supply of agro-industrial complex
 - 4.3.3 Food systems
2. 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 (NAMSIS) (izvest-plag@mail.ru).
3. 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.
4. Submission for review is carried out by the deputy after three days of technical analysis and verification of the originality of the author's text. The publication reviews all incoming materials that correspond to its subject with the purpose of their expert evaluation. Reviewing the article is carried out by independent experts of the journal (at least 2) within no more than 30 days from the date of receipt of the manuscript. All reviewers are recognized experts on the subject of peer-reviewed materials and have published over the past 3 years on the subject of a peer-reviewed article. Reviews are kept in the publishing house and in the editorial office of the publication for 5 years. If there are significant comments, the manuscript is returned to the authors with a written list of comments requiring elimination. The journal uses double-blind reviewing: the reviewer and the author do not know each other's names.
5. Repeated reviewing is carried out after the submission of a variant of the article, with the comments removed, for no more than 30 days. If the manuscript is returned three times with the comments of the reviewer, the question of its acceptance or rejection is decided at a meeting of the editorial board.

6. The decision to publish is made in accordance with the Editorial Charter by the editor-in-chief on the basis of scientific reviews and opinions of members of the editorial board. When deciding on publication, the editor-in-chief is guided by the reliability of the data presentation and the scientific significance of the work under consideration.

7. If a decision is made to publish within three days, the manuscript of the article is submitted to a professional translator for proofreading and editing the English part of the article, which takes two days.

8. Reviews are provided to the authors of manuscripts and at the request of expert advice at the Higher Attestation Commission. In the event of a refusal to publish an article, the editorial office sends a motivated refusal to the author. Manuscripts are non-refundable.

ARTICLE REQUIREMENTS

The paper should comply with the Interstate and National Publishing Standards of the Russian Federation.

The article is submitted to the publishing and publishing center in printed form (on A4 sheets) in 2 copies with an electronic version attached (in Word Windows format) that completely matches the paper version. The article should have UDC (can be determined on the website <http://teacode.com/online/udc/>). The number of authors is not more than four.

The article is typed in a Microsoft Word word processor with the following settings: page margins above, below - 2.4 cm; left, right - 2.8 cm. The style is normal. Font - Times New Roman, font size 12. Line spacing for text - single, for tables - single, alignment mode - width, hyphenation - automatic. The indent should be the same in the text - 1.27 cm.

Drawings, diagrams, photographs are presented in PDF, JPEG, TIFF format with a resolution of at least 300 dpi (scanning tables, diagrams, drawings is not allowed).

The article contains UDC, title of the article, initials and surname of the author (s), academic degree, and title of the author (s), abstract, keywords.

The following components should be clearly distinguished in the article: 1 Introduction, 2 Materials and Methods, 3 Results, 4 Discussion, 5 Conclusions, 6 References

Particular attention should be paid to the completeness of the bibliographic list (at least 12-15 sources, including those reflecting foreign studies). At the same time, it is necessary to avoid unscrupulous quoting (unreasonable "winding up" of quotes, as well as self-quoting), incorrect quoting (unjustified by the content of cited articles).

Quoting should be maximum, but reasonable. Inadequate or excessive citation reduces the rating of the journal.

At the end of the work, the date and signature of the author (s) are put; information about the author (s) is given: place of work, faculty, department, (department, scientific unit), academic rank, ORCID, contact numbers, postal and electronic address.

Authors should disclose in their manuscript any financial or any other significant conflict of interest that could be construed as affecting the results of the evaluation of their manuscript. All sources of financial support should be disclosed.

The recommended volume of the article (together with the translation of the abstract and bibliography) 10-12 pp.

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographic references to the list of references should be made out with an indication in a line of text in square brackets of a digital serial number. In the case of a link to an exact quote - it is necessary to additionally indicate the numbers of the corresponding pages, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it should be made out in accordance with the National Standard for Bibliographic Description - GOST R 7.0.100–2018 “Bibliographic Record. Bibliographic description. General requirements and compilation rules”, GOST R 7.0.5. - 2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules for compilation" indicating mandatory information bibliographic description.

******* ИЗВЕСТИЯ *******

**НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:
НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ**

№ 1 (69), 2023

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 1 (69), 2023**

Ответственный редактор – *Т. В. Черкашина*

Технический редактор – *Т. А. Ситникова*

Компьютерная верстка – *А. В. Харлашин*

Перевод – *Е. А. Сидорова*

Реестровая запись: серия ПИ № ФС77-80865 выдано 23.04.2021

Федеральной службой по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций

Издается с 1997 г. Выходит 4 раза в год

Подписной индекс ПИ573

Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru

Дата выхода 19.04.2023.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 160.

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 № 1 (69), 2023**

Executive editor – *T. V. Tcherkashina*

Technical editor – *T. A. Sitnikova*

Desktop publishing – *A. V. Kharlashin*

Translation – *E. A. Sidorova*

Registry entry: PI series no. FS77-80865 issued on 23.04.2021

Federal Service for Supervision of Communications,

Information technology and mass communications

Published since 1997. Published 4 times a year.

Subscription Index ПИ573

Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26

Email izvestiya-volgau@mail.ru

Release Date 19.04.2023.

Edition 1000 (first factory 100). Order 160.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price