

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 2 (70), 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

№ 2 (70), 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**

№ 2 (70), 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**

№ 2 (70), 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

№ 2 (70), 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

№ 2 (70), 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
<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>

Лихацевич 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

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
<http://wp.czu.cz/cs/index.php/?r=1071&mp=person.info&idClovek=39>

Щедрин В.Н., академик РАН, доктор технических наук, профессор

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

Shchedrin V.N., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Technical Sciences, Professor

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, РГАУ-МСХА

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

ных наук, профессор, гл. науч. сотрудник, ences, Professor, Chief Researcher, VNIIOZ
ВНИИОЗ

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

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

4.1.5. 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 аг-

4.1.5. Land reclamation, water management

рофизика (технические науки)

and agrophysics (technical sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. Зоотехния и ветеринария

4.2. Animal science and veterinary medicine

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

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

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

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

Stekolnikov A.A., Doctor of Veterinary Sciences,

наук, профессор, академик РАН, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.3. Инфекционные болезни и иммунология животных (ветеринарные науки)

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

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

Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2.3. Infectious diseases and animal immunology (veterinary sciences)

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

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

Sashina 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

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

Коханов А.П., доктор сельскохозяйственных наук

Kohanov A.P., Doctor of Agricultural Sciences

наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Professor, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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)

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

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

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

Юдаев И.В., доктор технических наук,

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

Yudaev I.V., Doctor of technical sciences, pro-

профессор, проректор, Санкт-Петербургский ГАУ

fessor, Vice-rector, St. Petersburg State University

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

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

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

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

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

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

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

4.3.3. Food systems (biological sciences)

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

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

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

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

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

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

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

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



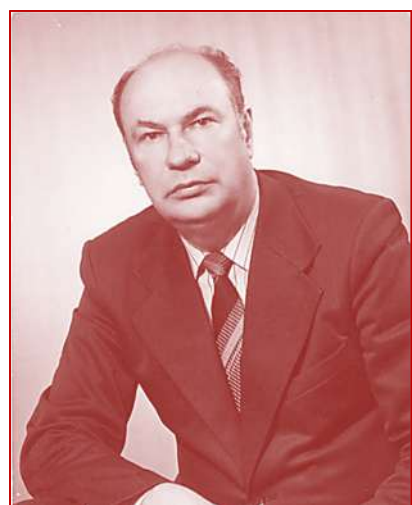
СЛОВО РЕКТОРА
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
аграрный университет»
Цепляева Виталия Алексеевича

ПАМЯТИ Г.Е. ЛИСТОПАДА

Находясь на посту ректора Волгоградского аграрного университета, не вольно задумываешься об истории его создания, развития, нынешних достижениях.

Еще во всю шла Великая Отечественная война, почти год оставался до ее окончания (тогда еще не известного для руководителей страны), а 17 июля 1944 года Совет Народных Комиссаров СССР Постановлением № 886 принял решение о создании Сталинградского СХИ.

В опалённом войной, практически полностью разрушенном Сталинграде, не нашлось уцелевшего здания для размещения первых студентов и преподавателей Сталинградского СХИ, и он около пяти лет размещался в г. Урюпинске. Весь ректорский корпус Сталинградского (Волгоградского) СХИ, а затем Волгоградской сельскохозяйственной академии и наконец, Волгоградского аграрного университета, заслуживает глубокого уважения и признания. Каждый из них внес в развитие этого учебного вуза, а ныне передового научно-образовательного аграрного центра РФ свою неоценимую лепту, свой особый вклад в сохранение и развитие вуза.



Ректорский хлеб во все времена не был легким, но здесь мне хотелось бы вспомнить об одном ректоре – Листопаде Георгии Ефремовиче, чье 100-летие отмечается в этом году. Он родился 1-го мая 1923 года в Черниговской области, Украинской ССР. На его долю выпала тяжелейшая война, участником которой он был с первого и до последнего дня. Его последующая деятельность – пример величайшего трудолюбия, целеустремленности, высочайшего таланта организатора. Именно эти качества определили последующую судьбу

Геorgia Ефремовича. Он возглавлял наш ВУЗ – 21 год с 1961 по 1982 годы. На это время приходится становление института, как одного из ведущих учебных заведений в Нижнем Поволжье. Он не только становится кузницей кадров для агропромышленного комплекса всей страны, но и научным центром по решению проблемы выращивания сельскохозяйственных культур в острозасушливых (степных и полупустынных зонах) всего огромного государства – СССР.

Георгий Ефремович, как ученый участвовал и лично возглавлял многие проекты по созданию зерноочистительных комплексов, внедренных в сельскохозяйственных предприятиях, в созданиях комплексов по механизации производства и переработки бахчевых культур и др. Но основная его заслуга – это разработка технологии программированного получения урожаев. Фундаментальные исследования этой работы легли в основу последующего успешного развития АПК страны, создали условия получения гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур, формирования продовольственной безопасности нашего государства.

Таким останется в нашей памяти доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники РФ, академик ВАСХНИЛ (РАСХН) – участник Великой Отечественной войны – **Листопад Георгий Ефремович.**

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

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

CONCEPTUAL APPROACHES TO ASSESSING THE EFFECTIVENESS AND OPTIMIZATION OF THE MANAGEMENT OF THE BALANCE OF BIOGENIC ELEMENTS

A. V. Shevchenko, M. N. Lytov

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova»*

Received 05.04.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

The article considers methodological aspects of assessing the effectiveness of regulating the flows and balance of biogenic elements on re-introduced, previously reclaimed, lands. The conditions are formulated, the fulfillment of which is absolutely necessary for the effective management of the balance of biogenic elements; the objective functions of optimizing the regulation of the flows of biogenic substances are proposed.

Abstract

Relevance. The relevance of the study is determined by the scale of the country's problem of re-development of previously decommissioned and unused agricultural lands for a long time, the need to preserve the fragile ecological balance of low-fertile lands and lands with unfavorable land reclamation, expanded reproduction of soil fertility, including through the development of effective technologies for managing the flows of nutrients. At this stage, the task of developing methodological approaches to assessing the effectiveness and optimizing the management of the balance of biogenic elements is being solved. **Object.** The object of research is the flow and balance of biogenic elements, as one of the key dynamic factors of the whole variety of processes in the soil and in the plant. **Materials and methods.** The working hypothesis of the research consists in the assumption that it is necessary to take into account the processes of soil formation and the production process of plant systems, including under the influence of flows and the balance of biogenic elements. At the same time, biogenic elements, their flows and balance are considered as the main factor, the scientifically-based regulation of which determines the vector of soil formation and production of plant mass. The optimization problem is solved on the basis of objective functions with the elaboration of the entire computational algorithm and the allocation of quantitative and qualitative optimization criteria. **Results and conclusions.** Conceptual approaches have been developed to assess the effectiveness and optimize the management of the balance of biogenic elements. Conditions are formulated in mathematical form, the fulfillment of which is absolutely necessary for the effective management of the balance of biogenic elements. The objective functions of optimizing the management of the balance of biogenic elements are proposed, which are based on the assumption that it is necessary to take into account the processes of soil formation and the production process of plant systems. Two variants of such functions have been developed. The first of them is based on the priority of maximizing the achievement of goals for the activation of soil-forming processes and expanded reproduction of soil fertility, as well as to increase the bio-productivity of agricultural land, regardless of the resources expended (subsidized functions of agricultural activities). The second approach makes it possible to find optimal solutions for regulating the balance of biogenic elements, taking into account the cost of resources for the implementation of regulatory functions, the discovery and maintenance of new (artificially created) balance items.

Key words: *biogenic elements, balance, reclaimed lands, re-development, optimal regulation, optimality conditions.*

Citation. Shevchenko A. V., Lytov M. N. Conceptual approaches to assessing the effectiveness and optimization of the management of the balance of biogenic elements. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 15-22 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-01.

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

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

УДК 631.6:631.81

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
И ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ БАЛАНСОМ
БИОГЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ****В. А. Шевченко**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук**М. Н. Лытов**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова*

Дата поступления в редакцию 05.04.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Актуальность исследования определяется масштабами стоящей в стране проблемы повторного освоения ранее выведенных из оборота и длительное время не используемых сельскохозяйственных земель, необходимостью сохранения хрупкого экологического равновесия малоплодородных земель и земель с неблагоприятным мелиоративным состоянием, расширенного воспроизводства плодородия почвы, в том числе за счет разработки эффективных технологий управления потоками биогенных элементов. На данном этапе решается задача разработки методологических подходов к оценке эффективности и оптимизации управления балансом биогенных элементов. **Объект.** Объектом исследований являются потоки и баланс биогенных элементов как одного из ключевых динамических факторов всего многообразия процессов в почве и в растении. **Материалы и методы.** Рабочая гипотеза исследований состоит в предположении о необходимости совокупного учета процессов почвообразования и продукционного процесса растительных систем, в том числе под влиянием потоков и баланса биогенных элементов. При этом биогенные элементы, их потоки и баланс рассматриваются в качестве основного фактора, научно-обоснованное регулирование которого определяет вектор почвообразования и продуцирования растительной массы. Решение оптимизационной задачи выполняется на основе целевых функций с проработкой всего вычислительного алгоритма и выделением количественных и качественных критериев оптимизации. **Результаты и выводы.** Разработаны концептуальные подходы к оценке эффективности и оптимизации управления балансом биогенных элементов. В математической форме сформулированы условия, выполнение которых абсолютно необходимо при эффективном управлении балансом биогенных элементов. Предложены целевые функции оптимизации управления балансом биогенных элементов, в основу которых положено предположение о необходимости совокупного учета процессов почвообразования и продукционного процесса растительных систем. Разработано два варианта таких функций. Первый из них опирается на приоритет максимального достижения целей по активизации почвообразовательных процессов и расширенному воспроизводству плодородия почвы, а также по повышению биопродуктивности сельскохозяйственных угодий вне зависимости от затрачиваемых ресурсов (дозируемые функции агропроизводственной деятельности). Второй подход позволяет найти оптимальные решения по регулированию баланса биогенных элементов с учетом затрат ресурсов на осуществление регуляторных функций, открытие и поддержание новых (искусственно созданных) статей баланса.

Ключевые слова: биогенные элементы, баланс биогенных элементов, мелиорированные земли, повторное освоение земель, условия оптимальности.

Цитирование. Шевченко В. А., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке эффективности и оптимизации управления балансом биогенных элементов. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 15-22. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-01.

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. Последовательная реализация государственных Программ и устойчивая благоприятная конъюнктура мирового рынка продовольствия активно стимулируют развитие сельского хозяйства и в последние годы обеспечивают достижение значимых результатов в России. Устойчивая тенденция, повышающая привлекательность агробизнеса, выражается в существенном увеличении инвестиций в основные средства производства [6, 8]. В том числе активно осваиваются и в настоящем уже повторно вводятся в производство длительное время неиспользуемые сельскохозяйственные земли [3].

Сегодня площадь неиспользуемых сельскохозяйственных земель неуклонно сокращается и вводятся прежде всего бесппроблемные угодья. Значительная часть до настоящего времени не освоенных угодий представлена малопродуктивными землями, часто с неблагоприятной мелиоративной обстановкой [1, 3, 5]. Освоение таких земель связано с риском нарушения хрупкого экологического равновесия и создания условий для их ускоренной деградации [12]. Развитие этих процессов может довольно быстро привести к тому, что хозяйственное использование земель будет вновь остановлено, а все те значительные траты ресурсов, которые были произведены, окажутся напрасными [13, 15]. Поэтому крайне важно при освоении длительное время не используемых земель, и особенно территорий с «неблагополучной родословной», применять такие технологии, которые, наряду с формированием высокопродуктивных производственных агроценозов, обеспечивали бы постепенное, но стабильное повышение плодородия почвы. Такие технологии должны обеспечивать возможность эффективного управления потоками биогенных элементов, где-то замедляя, в чем-то ускоряя интенсивность процессов, открывая новые статьи баланса, но таким образом, чтобы создавались максимально благоприятные условия для повышения плодородия почвы. И в этом плане важно иметь объективные и обоснованные оценки эффективности регулирования баланса биогенных элементов, которые могут быть получены только с использованием научно-обоснованных подходов к оценке и оптимизации этих процессов. Целью исследований является разработка научно-обоснованных методологических подходов к исследованию и получению оценок эффективности, а также оптимизации управления балансом биогенных элементов.

Материалы и методы. Рабочая гипотеза исследований состоит в предположении о необходимости совокупного учета процессов почвообразования и продукционного процесса растительных систем, в том числе под влиянием потоков и баланса биогенных элементов. При этом биогенные элементы, их потоки и баланс рассматриваются в качестве основного фактора, научно обоснованное регулирование которого определяет вектор почвообразования и продуцирования растительной массы [14, 16]. Для определения обобщающих показателей, критериев оптимальности управления балансом биогенных элементов используются как уже известные и в достаточной мере апробированные методики, в частности оценки комплексного агрохимического показателя, так и усовершенствованные методы в части определения комплексного показателя биопродуктивности [4, 7]. Решение оптимизационной задачи выполняется на основе целевых функций с проработкой всего вычислительного алгоритма и выделением количественных и качественных критериев оптимизации. В работе предлагается несколько вариантов целевых функций оптимизации управления балансом биогенных элементов. Такой подход кажется нам оправданным, так как каждый из вариантов целевых функций имеет свои приоритеты и в зависимости от них может быть выбран для решения оптимизационной задачи.

Результаты и обсуждение. Решение проблемы оптимального регулирования баланса биогенных элементов имеет две относительно самостоятельные, хотя, безусловно, и неразрывно связанные задачи [2, 9-11]. Это разработка способов воздействия, приемов,

оказывающих непосредственное влияние на баланс отдельных биогенных элементов или их группы. И другое – это оценка пределов управления, качественных и количественных уровней воздействия, определение четких, количественно обозначенных целей, выбор критериев, оценка областей допустимого и оптимального регулирования.

Каким же должен быть критерий, применяемый в отношении одного или нескольких биогенных элементов и обеспечивающий возможность объективной оценки эффективности регулирования его баланса? С одной стороны, этот показатель, безусловно, должен характеризовать эффективность комплексного действия биогенных элементов, баланс которых регулируется в рамках выполняемой агротехнической функции на производственный процесс растений в агрофитоценозах. Но также необходимо помнить об исключительной роли биогенных элементов в формировании плодородия почвы, и самой почвы. На любом, ограниченном отрезке времени эти процессы важны не менее, чем продуктивность агробиоценоза. Другими словами, необходимо, чтобы баланс биогенного элемента и построенных на его основе биологически активных соединений обеспечивал устойчивое развитие и продуктивность агробиоценоза, а с другой стороны, не ограничивал почвообразовательных процессов. В этом взаимодействии, вероятно, и следует искать критерии оценки эффективности регуляторного действия в отношении баланса биогенных элементов (рисунок 1). При этом критерий как минимум должен четко характеризовать направленность процессов при актуальном балансе биогенного элемента, различного уровня выраженности деструкции и деградации или устойчивого, органичного развития.

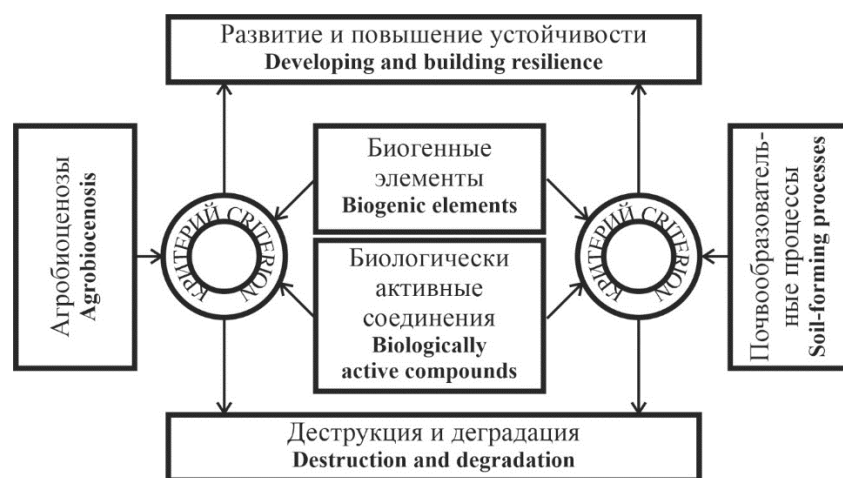


Рисунок 1 – Критерий оценки эффективности регулирования баланса биогенного элемента в агрофитоценозах

Figure 1 – Criterion for evaluating the effectiveness of regulating the balance of a biogenic element in agrophytocenoses

Важнейшим целевым результатом регулирования баланса биогенных элементов в агрофитоценозах является активизация продукционного потенциала возделываемых сельскохозяйственных культур.

Обобщающим показателем, который позволяет оценить влияние регулятора на биопродуктивность агрофитоценозов, является сформированная посевами биомасса.

Необходимым условием эффективного регулирования баланса биогенного элемента (элементов) в отношении продуктивности возделываемых культур при этом является положительный тренд роста биомассы. Обобщенная формулировка данного условия может быть выражена следующим выражением:

$$\Delta K_{Бп} = f(\Delta C; \Delta N; \Delta P; \Delta K; \Delta Ca; \dots \Delta e_i) > 0, \quad (1)$$

где $\Delta C; \Delta N; \Delta P; \Delta K; \Delta Ca; \dots \Delta e_i$ – изменение результирующего баланса всей совокупности биогенных элементов; Δe_i – изменение результирующего баланса i -того биогенного элемента e ; $K_{Бп}$ – коэффициент биопродуктивности сельскохозяйственных угодий, характеризующийся комплексной оценкой сформированной растительным сообществом сухой биомассы и уровнем структурной оптимальности агрофитоценоза.

В соответствии с предложенным определением коэффициент биопродуктивности может быть получен из выражения:

$$K_{Бп} = M_{сб} \cdot K_{структ.}^{опт},$$

где $M_{сб}$ – показатель продуктивности агрофитоценоза, оцененный по сухой биомассе, % от максимального, теоретически обоснованного уровня; $K_{структ.}^{опт}$ – коэффициент структурной оптимальности агрофитоценоза, который может определен из следующего выражения:

$$K_{структ.}^{опт} = \frac{K_{структ.}^i}{K_{структ.}^{max}}, K_{структ.} = \frac{M_Y}{M_{орг}}.$$

где $K_{структ.}$ – коэффициент структуры урожая; M_Y – масса сухого вещества хозяйственно-ценной части урожая, т/га; $M_{орг}$ – суммарная сухая биомасса агрофитоценоза, т/га; $K_{структ.}^{max}$ – максимальное возможное значение коэффициента структуры урожая для оцениваемого растительного сообщества, в долях единицы; $K_{структ.}^i$ – значение коэффициента структуры урожая для оцениваемого растительного сообщества при текущем уровне обеспеченности биогенными элементами, в долях единицы.

Другим необходимым целевым результатом регулирования баланса биогенных элементов в агрофитоценозах следует считать активизацию почвообразовательных процессов и расширенное воспроизводство плодородия почвы. Формально это условие имеет следующую запись:

$$\Delta K_{пп} = f(\Delta C; \Delta N; \Delta P; \Delta K; \Delta Ca; \dots \Delta e_i) > 0 \quad (2)$$

где $\Delta K_{пп}$ комплексный показатель, характеризующий плодородие почвы.

В качестве показателя, характеризующего плодородие почвы, целесообразно использовать расчетные значения, так называемых индексов плодородия [4, 7]. Применительно к решению проблемы оптимального регулирования баланса биогенных элементов, на наш взгляд, заслуживает внимания методика Э. П. Синельникова и Ю. В. Слабко [7]. В основу этой методики положена известная формула С. Д. Черемушкина:

$$B = \frac{X_{факт.} - X_{min}}{X_{max} - X_{min}},$$

где $X_{факт.}, X_{max}, X_{min}$ – фактическое, минимальное и максимальное (оптимальное) значение оцениваемого показателя, B – относительный показатель плодородия почвы.

Здесь особое внимание нужно обратить на то, что автор отождествляет максимальное и оптимальное значения оцениваемого показателя. В практическом применении такое возможно, только если значения $X_{факт.}, X_{max}, X_{min}$ будут оцениваться в баллах, а балльная система будет обеспечивать присвоение максимального значения оптимальному уровню оцениваемого показателя. Только в этом случае можно учесть проблему переизбытка биогенного элемента, которая является таким же негативным фактором, как и дефицит содержания биогенных элементов в доступной растениям форме.

Обобщенный показатель плодородия почвы приравнивается к среднему значению относительного показателя плодородия почвы по всей совокупности оцениваемых биогенных элементов:

$$B_{\text{ср.}} = \frac{\sum B_i}{I},$$

где $B_{\text{ср.}}$ – обобщенный показатель плодородия почвы; B_i – относительный показатель плодородия почвы для i -того биогенного элемента; I – общее число биогенных элементов, совокупно оцениваемых при оценке плодородия почвы.

Однако такой подход в своей обобщающей, средней оценке не учитывает проблему лимитирующих факторов, которая в отношении баланса биогенных элементов проявляется особенно значимо. Для решения этой проблемы авторами было предложено ввести поправочный коэффициент, который они назвали коэффициентом оптимальности:

$$K_{\text{опт.}} = 1 - \frac{\sum (B_{\text{ср.}} - B_i)}{I \cdot B_{\text{ср.}}},$$

где $K_{\text{опт.}}$ – коэффициент оптимальности, учитывающий влияние неравномерной обеспеченности по всей совокупности биогенных элементов.

Комплексный показатель плодородия в этом случае определится произведением:

$$K_{\text{пп}} = B_{\text{ср.}} \cdot K_{\text{опт.}}$$

Таким образом, комплексный показатель плодородия почвы характеризуется степенью близости каждого из учитываемых показателей к оптимальному уровню и учитывает проблему лимитирующего фактора в отношении наиболее «выпадающих» показателей плодородия.

Условия, которые обозначены выражениями 1 и 2, регламентируют лишь самые общие требования, соблюдение которых абсолютно необходимо при разработке системы управления балансом биогенных элементов. Оптимальное управление балансом биогенных элементов связано с необходимостью определения целевой функции, в которой были бы формализованы принципиальные условия оптимизации. Здесь нам кажется важным рассмотреть два следующих подхода к оптимизации баланса биогенных элементов.

Первый подход заключается в формализации условий для получения абсолютного максимума по совокупному увеличению комплексного показателя, характеризующего повышение плодородия почвы, превалирование почвообразовательных процессов, и показателю биопродуктивности агрофитоценозов. Проблему, которая возникает на уровне сопоставления комплексных показателей плодородия почвы и биопродуктивности агрофитоценозов, предлагается решить приведением к одному знаменателю за счет использования цены эффектов, в которых выражается увеличение плодородия почвы и биопродуктивности агрофитоценозов:

$$F_1(\text{опт}) = \Delta K_{\text{пп}} \cdot C_{\text{Кпп}} + \Delta K_{\text{Бп}} \cdot C_{\text{КБп}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

где $F_1(\text{опт})$ – целевая функция оптимизации управления балансом биогенных элементов; $C_{\text{Кпп}}$ – цена (экономический, энергетический эквивалент) условной единицы комплексного показателя плодородия почвы; $C_{\text{КБп}}$ – цена (экономический, энергетический эквивалент) условной единицы комплексного показателя биопродуктивности сельскохозяйственных угодий.

Этот подход опирается на приоритет максимального достижения целей по активизации почвообразовательных процессов и расширенному воспроизводству плодородия почвы, а также по повышению биопродуктивности сельскохозяйственных угодий вне зависимости от затрачиваемых ресурсов (дотируемые функции агропроизводствен-

ной деятельности). Однако затраты ресурсов, связанные с реализацией функций по управлению балансом биогенных элементов, имеют решающее значение для формирования рационального, устойчивого, конкурентного производства. Общие затраты ресурсов на реализацию функций по управлению балансом биогенных элементов можно определить по зависимости:

$$R_{\text{общ}} = \Delta C \cdot C_{RC} + \Delta N \cdot C_{RN} + \Delta P \cdot C_{RP} + \Delta K \cdot C_{RK} + \\ + \Delta C_a \cdot C_{RCa} + \dots + \Delta e_i \cdot C_{Re_i} = \sum_{i=1}^I C_{Re_i}$$

где $R_{\text{общ}}$ – общие затраты ресурсов (в экономическом, энергетическом эквиваленте) на реализацию функций по управлению балансом биогенных элементов; C_{Re_i} – цена (экономический, энергетический или иной эквивалент) ресурсов, затрачиваемых на изменение баланса i -того биогенного элемента на одну условную единицу.

Тогда функция оптимизации управления балансом биогенных элементов с учетом затрат ресурсов, связанных с регулированием баланса, определится выражением вида:

$$F_2(\text{опт}) = \Delta K_{\text{пп}} \cdot C_{K_{\text{пп}}} + \Delta K_{\text{бп}} \cdot C_{K_{\text{бп}}} - R_{\text{общ}} \rightarrow \max \quad (4)$$

Использование второго подхода позволяет найти оптимальные решения по регулированию баланса биогенных элементов с учетом затрат ресурсов на осуществление регуляторных функций, открытие и поддержание новых (искусственно созданных) статей баланса.

Независимо от того, какой подход к оптимизации баланса биогенных элементов будет выбран, условия, регламентируемые выражением 1 и 2, обязательны и являются неотъемлемыми элементами оптимального управления.

Выводы. Таким образом, разработаны методологические подходы к оценке и оптимизации управления балансом биогенных элементов, в основу которых положено предположение о необходимости совокупного учета процессов почвообразования и продукционного процесса растительных систем, в том числе, под влиянием этого баланса. В математической форме сформулированы условия, выполнение которых абсолютно необходимо при эффективном управлении балансом биогенных элементов. Предложены целевые функции оптимизации управления балансом биогенных элементов, которые позволяют находить научно-обоснованные решения как при регулировании потоков отдельных биогенных элементов, так и при регулировании их совокупностей.

Библиографический список

1. Арзамасцева Н. В., Ковалева Е. В., Мухаметзянов Р. Р. Критический анализ подходов вовлечения неиспользуемых земель в сельскохозяйственный оборот // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2022. № 3. С. 77-89.
2. Жуйков Д. В. Сера и микроэлементы в агроценозах // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 32-42.
3. Ибрагимов А. Г., Платоновский Н. Г. Использование земельных ресурсов России: состояние и проблемы // Экономика и предпринимательство. 2021. № 9 (134). С. 165-168.
4. Карманов И. И., Булгаков Д. С., Шишконокова Е. А. Система оценки природно-антропогенных воздействий на изменение плодородия почв пахотных земель на основе почвенно-агроклиматического индекса // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2013. Вып. 72. С. 65-83.
5. Некоторые особенности выбора направлений освоения и вывода из сельскохозяйственного оборота неиспользуемых земель / Е. В. Черкашина, В. Н. Сёмочкин, П. В. Афанасьев, С. О. Некрылов // Московский экономический журнал. 2020. № 1. С. 2.

6. Попова И. Н., Сергеева Т. Л. Импортзамещение в современной России: проблемы и перспективы // *Beneficium*. 2022. № 2 (43). С. 73-84.
7. Синельников Э. П., Слабко Ю. И. К разработке и использованию комплексных показателей в оценке свойств и режимов антропогенно-преобразованных почв // *Известия Международной академии аграрного образования*. 2007. № 5. С. 80-84.
8. Холодова М. А., Мирошниченко Т. А., Святогоров Н. А. Финансово-экономическое состояние сельского хозяйства в условиях экспортно-ориентированной стратегии АПК // *Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Экономика и управление*. 2021. № 1 (44). С. 60-71.
9. Хрусталева М. А., Сулов С. В., Бойценюк Л. И. Влияние антропогенеза на формирование ландшафтов с оценкой их экологического состояния // *Проблемы региональной экологии*. 2020. № 6. С. 51-55.
10. Чуюн Н. А., Брескина Г. М. Оптимизация содержания и состава органического вещества в черноземе типичном // *Агрохимический вестник*. 2018. № 3. С. 35-39.
11. Якименко В. Н., Малюга А. А. Зависимость агроэкологического состояния почвы от баланса калия в агроценозе // *Вестник Томского государственного университета. Биология*. 2014. № 1 (25). С. 26-41.
12. Baude M., Meyer B. C., Schindewolf M. Land use change in an agricultural landscape causing degradation of soil based ecosystem services // *The Science of the Total Environment*. 2019. V. 659. P. 1526-1536.
13. Bhattacharyya R., Ghosh B. N., Mishra P. K. Soil degradation in India: challenges and potential solutions // *Sustainability*. 2015. V. 7. No 4. P. 3528-3570.
14. Kumar S., Sindhu S. S., Kumar R. Biofertilizers: an ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability // *Current Research in Microbial Sciences*. 2022. V. 3. P. 100094.
15. Land quality, sustainable development and environmental degradation in agricultural districts: a computational approach based on entropy indexes / I. Zambon, A. Colantoni, M. Carlucci, N. Morrow, A. Sateriano, L. Salvati // *Environmental Impact Assessment Review*. 2017. V. 64. P. 37-46.
16. Perminova I. V. From green chemistry and nature-like technologies towards ecoadaptive chemistry and technology // *Pure and Applied Chemistry*. 2019. V. 91. No 5. P. 851-864.

Информация об авторах:

Шевченко Виктор Александрович, академик РАН, директор ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (127434, Москва, ул. Большая Академическая, 44 корпус 2), доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5444-9693>, e-mail: contact@vniigim.ru

Лытов Михаил Николаевич, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

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

BIOSTATISTICAL ANALYSIS OF ECONOMIC INDICATORS OF CHICKPEA VARIETIES OF VOLGOGRAD SELECTION

A. V. Balashov¹, K. V. Naboychenko², A. A. Malakhova², V. A. Balashov²

¹*The Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences,
Astrakhan region, Chernoyarsky district, village of Saline Zaymishche*

²*Volgograd State Agrarian University*

Received 14.04.2023

Submitted 25.05.2023

Abstract

Introduction. Chickpeas are a culture of wide significance, which is one of the legumes where there is vegetable protein. To increase the production of a plentiful harvest for the region individually, it is necessary to develop a system for varieties that differ in the direction of use, morphology, and ripening time. **An**

object. The object of study was 5 varieties of chickpeas of Volgograd selection (Privo 1, Volzhnin, Volgogradsky 10, Donskoy, Volzhnin 50) for 2018-2022. **Materials and methods.** The research was carried out in the conditions of light chestnut soils of the Volgograd region on the experimental field of the Volgograd State Agrarian University. The bookmark of the experiment was carried out according to the methods of State agricultural testing. **Results and conclusions.** The study of certain varieties of this crop has expanded practical significance, as a result of which various agricultural producers analyze many recommendations when selecting varieties. The peculiarities of the influence of hydrothermal conditions on the overall the duration of the growing season and the duration of individual phenophases, the effect on the formation and yield of 1000 seed masses. Climatic conditions have varied greatly over the years of science. The difference in the time of occurrence of the phenological phases of the varieties varied no more than 2-3 days, with the exception of the Don variety. The average for three years was 80-123 days. The seed size of chickpea varieties averaged from 241 g to 304 g, the maximum value (317 g) was observed in the Volzhnin 50 variety in 2020, and the average value was 304 g for five years. The largest harvest was obtained from the absolute majority of varieties in 2021, when 25.6 mm of precipitation fell during the entire growing season, which is significantly lower than the average long-term. The highest yield among all varieties was obtained in 2019. In general, the yield changes on average over the years ranged from 1.18 t/ha to 2.07 t/ha. The highest yield of the Volzhnin 50 variety is 2.07 t/ha, which exceeds Graft 1 by 0.19 t/ha. Therefore, every the study of ecological variety testing of chickpea varieties for the Volgograd region is relevant in order to further introduce them into various farms.

Key words: chickpeas, variety, hydrothermal conditions, growing season, drought resistance, weight of 1000 seeds, yield.

Citation: Balashov A. V., Naboychenko K. V., Malakhova A. A., Balashov V. A. Biostatistical analysis of economic indicators of chickpea varieties of Volgograd selection. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 22-30 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-02.

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 631.559

БИОСТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СОРТОВ НУТА ВОЛГОГРАДСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

А. В. Балашов¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

К. В. Набойченко², кандидат сельскохозяйственных наук

А. А. Малахова², кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Балашов², магистр агротехнологического факультета

¹Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН,

Астраханская область, Чернышевский район, с. Солёное Займище

²Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 14.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. Нут – культура широкого значения, являющаяся одной из зернобобовых, где имеется растительный белок. Для увеличения получения обильного урожая для региона индивидуально необходимо разработать систему по сортам, различным по направлению использования, морфологии, и времени созревания. **Объект.** Объектом изучения являлись 5 сортов нута Волгоградской селекции (Приво 1, Волжнин, Волгоградский 10, Донской, Волжнин 50) за 2018-2022 годы. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях светло-каштановых почвах Волгоградской области на опытном поле Волгоградского государственного аграрного университета. Закладка опыта проведена согласно методикам Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Изучения определенных сортов этой культуры имеет расширенное практическое значение, вследствие чего различные сельхозпроизводители при отборе сортов анализи-

руют многие рекомендации. Были проанализированы особенности влияния гидротермальных условий на общую продолжительность вегетационного периода и продолжительность отдельных фаз, влияние на образование и урожайность 1000 масс семян. Климатические условия на протяжении многих лет науки сильно различались. Разница во времени возникновения фенологических фаз сортов варьировала не более 2-3 суток, за исключением Донского сорта. В среднем за три года было 80-123 суток. Размер семян сортов нута составлял в среднем от 241 г до 304 г, максимальное значение (317 г) наблюдалось у сорта Волжанин 50 в 2020 году, а среднее значение (304 г) в течение пяти лет. Наибольший урожай был получен от абсолютного большинства сортов в 2021 году, когда за весь вегетационный период выпало 25,6 мм осадков, что значительно ниже среднего многолетнего. Самый высокий урожай среди всех сортов был получен в 2019 году. В целом изменения урожайности в среднем по годам составили от 1,18 т/га до 2,07 т/га. Самая высокая урожайность у сорта Волжанин 50 – 2,07 т/га, что превосходит Приво 1 на 0,19 т/га. Поэтому ежегодное изучение экологического сортоиспытания сортов нута для Волгоградской области актуально с целью дальнейшего внедрения их в различные хозяйства.

Ключевые слова: нут, сорта нута, гидротермические условия возделывания нута, вегетационный период нута, засухоустойчивость нута, масса 1000 семян, урожайность нута.

Цитирование. Балашов А. В., Набойченко К. В., Малахова А. А., Балашов В. А. Биостатистический анализ хозяйственных показателей сортов нута Волгоградской селекции. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 22-30. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-02.

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. Благодаря большому разнообразию высокопродуктивных сортов возрастает важность селекции, особенно с учетом агроклиматических данных региона. Правильный выбор сорта позволяет максимально эффективно использовать его источники урожайности и, таким образом, увеличить фактическую себестоимость продукции без увеличения себестоимости продукции. Более актуальный и высокопродуктивный сорт не только создает повышенную урожайность, качество и устойчивость культуры к воздействиям окружающей среды, но и позволяет более точно использовать природный и антропогенный потенциалы, а также источники плодородия почвы, удобрения, защитные системы [7, 9].

Оценка, тестирование экологических сортов с учетом продуктивности и урожайности с учетом растений в различных погодных условиях помогает отличить исследовательские сорта для большей адаптации к условиям конкретной местности [5, 11].

Наиболее работающий способ при сортомене для различных сельхозкультур может повысить урожайность на 20-70 %, так как в определенной местности происходит адаптация к почве и климату у новых продуктивных сортов [6, 10].

Культивирование кормовых бобов при продвижении в сельскохозяйственную отрасль сортов российской селекции, приспособленных к выращиванию в почвенно-климатической среде региона, посевные участки для этой культуры гораздо увеличились. В то же время дальнейшее регулирование масштабов в производстве кормовых бобов и глубокое применение эффективных ресурсов невозможно без проведения защитных мероприятий от вредителей [4, 12].

В условиях большого ассортимента систем экспресс-оценки небольшой засухоустойчивости особенно успешно применяется установление всхожести семян в растворах с осмотически более активными веществами, чаще всего с сахарозой [1, 3].

Потенциал всхожести семян в условиях имитированной «физиологической засухи» определяет присутствие предельной сосущей силы и создает сильное формирование корневой системы и растения в целом [8, 10].

Материалы и методы. Исследования проводились в полевом опыте Волгоградского ГАУ в 2018-2022 гг. Материалом исследований были сорта нута волгоградской селекции; в качестве стандарта рассматривали сорт Приво 1. Сорта различались по крупности: масса 1000 семян 250 г – это Волгоградский 10, Приво 1; масса 1000 семян 350 г – сорта Волжанин, Волжанин 50. Предшественник для данной культуры – чёрный пар. Учётная площадь делянки – 56 кв. м, повторность – четырехкратная. Способ посева широкорядный с междурядьями 0,7 м. Количество семян 150 тыс. шт./га. Агротехника нута в опыте была общепринятая для Волгоградской области. В период вегетации проводили учеты, наблюдения по общепринятым методикам.

Результаты и обсуждение. Немаловажным фактором формирования суперурожая любой сельскохозяйственной культуры считается агрометеорологическое состояние, сложившееся на момент вегетации растения. Лимитные образцы – влагообеспеченность и режим тепла. Всхожесть семян есть главный критический и особенно чувствительный момент в жизненном цикле растений, вследствие чего способность семян всходить в растворах осмотиков является косвенным показателем условной засухоустойчивости.

Важным лимитирующим фактором в получении повышенной урожайности нута для Волгоградской области является влага (недостаточное и неустойчивое увлажнение). Следуя среднесуточным показателям, максимальные запасы продуктивной влаги в почве зафиксировали весной. Поэтому для условий богары время посева нута играет особенно важную роль как ключевой агроприем при обеспечении благоприятного роста и развития растений, где максимально и эффективно привлекают все нужные факторы при росте и развитии.

В Волгоградской области в зоне неустойчивой влажности продуктивный приток влаги в почву, наиболее востребованный для посевов в период развития, является важным фактором повышения урожайности в этих условиях. Согласно нашему опыту за все годы исследований, самые большие запасы плодородной влаги на пахотных землях и в почве метрического уровня были самыми большими на стадии прорастания. Их урожайность снижается и достигает минимума в фазе полного созревания (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационного периода (2018–2022 гг.)

Table 1 – Meteorological conditions of the growing season (2018-2022)

Показатель	Годы				
	2018	2019	2020	2021	2022
Температура, С°	23,7	22,6	22,2	22,4	23,1
Осадки, мм	14,3	25,6	8,09	20,8	9,9
Относительная влажность воздуха, %	44,7	48,7	52,8	48,6	54,1

За время опыта сложились противоположные погодные условия, что позволило вполне оценить изучаемые сорта. Погода 2021 года стала наиболее положительной для развития культуры нута: небольшие среднесуточные температуры, поток осадков оказали поддержку при увеличении вегетации нута, это действительно сказалось на развитии продуктивности. Отрицательные погодные условия установились в 2020 году: недобор влаги и самые большие среднесуточные температуры в промежуток времени цветения и образования бобов подвели к понижению фертильности пыльца и быстрому

прекращению вегетации, это отрицательно отразилось на продуктивности в общем. Вегетационный период таким же образом в 2018 году трактуется недостаточной влагообеспеченностью, между тем на период цветения замечено выпадение осадков, таким образом, по сравнению с 2020 г. получена более высокая урожайность.

В течение многих лет исследований были созданы сравнительные погодные условия, которые позволили всем оценить изученные виды со стороны. В 2018 году вегетационный период также характеризовался недостаточным проникновением влаги, но в период цветения было зафиксировано количество осадков, что привело к более высокому результату по урожайности, чем в 2019 году.

Для различных географических и экологических зон одним из необходимых результатов продуктивности растений является длительность вегетационного периода. Наследственные сортовые характеристики, факторы внешней среды, в первую очередь температура и количество осадков, – все это влияет на фенологические фазы, темп развития растений, в том числе длительность вегетационного периода и промежуток органогенеза.

Начало фенологических стадий роста растений и длительность промежуточной фазы обуславливаются абиотическими факторами либо погодными условиями, основу представляет подача тепла и влаги. Фон возделывания также оказывает значительное влияние.

Протяженность вегетационного периода тоже имеет большое значение для Нижнего Поволжья, если быстрее зреют сорта, то они больше используют запасы имеющейся влаги и не так хорошо переживают засуху.

В наших экспериментах по годам вся длительность вегетации нута плотно объединяется с метеорологическим положением года на этапах появления всходов до самого созревания.

В ситуации благоприятной влажности небольших температур стремительность роста растений задерживается и увеличивается мощность процесса биопроизводства. В подверженные засухе годы с повышенными температурами и отсутствием осадков полная потребность тепла у культуры «нут» внезапно снижается. В текущих условиях темп роста растений повышается, в обменных действиях превышает непродуктивная потеря энергии на воздействие физиологической адаптации к отрицательным факторам внешней среды. Полная продолжительность растительности заканчивается по мере приостановления роста растений и биомассы, что вызывает недобор урожая сельскохозяйственных культур.

В случае большой доступности влаги негативное влияние других абиотических факторов на растение уменьшается. Напротив, при низкой доступности влаги, наблюдаемой в засушливые годы, влияние этих факторов усиливается. Наши исследования показали, что время начала и темпы прохождения стадий развития строго зависят от условий гидротермального режима, который развивается в данный год.

Длина вегетационного периода в среднем по годам изменялась от 80 суток у сорта Приво 1 до 123 суток у сорта Донской, в 2020 году – от 78 и 122 суток соответственно, был наиболее коротким. По годам различия были незначительные в пределах нормы. В благоприятные по метеорологическим условиям они снижались, а при более суровых увеличивались (таблица 2).

По годам особых различий у сортов не наблюдалось в пределах сортового показателя.

Продуктивность нута устанавливается из основы структуры растения, она варьируется во взаимосвязи с климатическими условиями и генетическими свойствами сорта. Потенциал сорта давать хороший и стабильный урожай формируется устойчивостью при отрицательных факторах.

Таблица 2 – Продолжительность вегетационного периода у сортов нута, суток

Table 2 – Duration of the growing season for chickpea varieties, days

Сорт	Год					
	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Приво 1	80	82	78	80	80	80
Волгоградский 10	81	83	80	83	81	82
Волжанин	84	85	82	85	83	84
Донской	123	120	122	125	124	123
Волжанин 50	-	80	78	82	81	80

Вариации связаны с тем, что его показатели урожая очень разные. В связи с этим основной задачей является проявление условий, влияющих на каждую составляющую часть структуры урожая, и создание взаимосвязи между ними. Необходимо учитывать основные элементы структуры растения: ветвление, количество бобов и зерен в растении, количество зерен в бобе, вес зерна в растении и вес 1000 зерен.

Рассмотрение структуры урожая считается хорошим методом, чтобы оценить развитие растений, что помогает им осуществлять естественность формирования растений и проследивать их корреляцию от различных факторов окружающей атмосферы, действий химических веществ и чрезвычайных погодных условий. Главными факторами, порождающими структуру урожая, определяющими звено процесса агрофитоценоза бобовых культур, считаются густота растений перед уборкой, количество бобов на одном растении, число семян у боба и масса 1000 семян.

Крупносемянность для сорта – главная биологическая характеристика, которая на сегодняшний момент решает курс зерна нута. Мировой рынок по большей части нуждается в крупных семенах сорта. В результате прогресса в производстве современных крупноплодных сортов повысится экономическая эффективность выхода нута [2].

От климатических условий зависит многое, и важным показателем является масса 1000 зерен. Максимальное значение достигается при обильных осадках в момент налива зерен, при хорошем запасе необходимых веществ, с соблюдением агротехники. Все это способствует увеличению урожая.

От генетических свойств сорта масса 1000 зерен зависит в большей степени, чем от погодных условий. Вся эта корреляция была обоснована в нашей практике (таблица 3).

Таблица 3 – Масса 1000 зерен, г / Table 3 – Weight of 1000 grains, g

Сорт	Год					
	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Приво 1	228	239	246	240	252	241
Волгоградский 10	243	252	248	254	258	251
Волжанин	283	287	285	280	287	284
Донской	266	270	264	270	278	270
Волжанин 50	-	317	315	300	290	304

За годы эксперимента у сорта Волжанин 50 образовалось более крупное зерно. В 2021 году масса 1000 зерен получилась 300 грамм, что на 80 граммов больше, чем у стандарта Приво 1, и на 20 г крупнее, чем у крупносеменного сорта Волжанин.

В среднем за пять лет масса 1000 семян у сорта Волжанин 50 составила 304 грамма. Перспективный сорт Волжанин 50 по этому показателю превосходит сорта Приво 1, Волгоградский 10 на 20-30 %. Волжанин и Волжанин 50 считаются крупносеменными сортами волгоградской селекции. Нашими опытами это подтвердилось, не-

смотря на различные погодные условия по годам. Новый сорт Донской уступил по мас-се 1000 зерен сорту Волжанин на 14 г и на 34 г Волжанину 50, но был крупнее сортов Волгоградский 10 и Приво 1.

Урожайность нута в условиях Волгоградской области во многом определяется погодными условиями. Практически каждое лето отличается обильными засухами на период вегетационного периода нута, что приводит к значительным потерям урожая.

По собранным данным в годы эксперимента установлены следующие закономерности. Урожайность нута была на уровне 1,18-2,07 т/га. Наблюдается прирост урожайности нута.

В среднем за проанализированный период самая высокая урожайность была у сорта Волжанин 50 и составила 2,07 т/га. В экстремальных погодных условиях в 2022 г. урожай нута был минимальным и составил по сортам всего лишь 0,84 до 1,75 т/га.

На период «всходы – созревание» негативное воздействие на урожайность в 2022 г. в большей степени оказали низкий уровень осадков и повышенные температуры.

Высокая урожайность всех сортов (от 1,47 т/га до 2,42 т/га) была получена в хороших климатических условиях 2019 года. Благоприятное развитие и формирование исследуемой культуры, получение достойного урожая достигнуто за счет большого количества осадков в период вегетации и суммы активных температур, которые были ниже среднего за год (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность нута, т/га / Table 4 – Chickpea yield, t/ha

Сорт	Год					
	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее
Приво 1	1,92	2,12	1,72	2,10	1,54	1,88
Волгоградский 10	1,97	2,10	1,77	2,30	1,30	1,91
Волжанин	1,62	1,88	1,52	1,81	1,52	1,67
Донской	0,94	1,47	0,9	1,44	0,84	1,18
Волжанин 50	-	2,42	1,98	2,13	1,75	2,07
НСР 05	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	

По годам и сортам изменение в урожайности было различным, это подтвердили выполненные эксперименты, повышенную урожайность для условий 2018 года дал районированный сорт Волгоградский 10 – 1,97 т/га, а очень низкую – не более чем 0,94 т/га – новый сорт Донской. Расхождение в урожайности между ними было 1,03 т/га. По продуктивности районированному сорту Приво 1 на 0,3 т/га уступил сорт Волжанин.

Волжанин 50 – районированный новый сорт – не уступил по продуктивности в условиях 2020 года сорту Приво 1 и превзошел его на 0,26 т/га. Самая низкая была у нового сорта Донской, всего 0,9 т/га.

Для условий 2021 года высокие показатели урожайности показал крупносеменной сорт Волжанин 50 – 2,13 т/га, а самые низкие были у нового сорта Донской, всего 1,44 т/га. Расхождение в урожайности между ними составил 0,69 т/га. Сорт Приво 1 в текущем году на 0,03 т/га понизил урожайность по сравнению с новым сортом, а Волжанин – на 0,32 т/га.

Выводы. В условиях Волгоградской области по результатам данного эксперимента по сортам нута сделаны выводы по перспективности возделывания данной культуры. Раскрыть генетические особенности сорта в период роста и развития помогли годы исследований, которые были благоприятными на период вегетации, что позволило проследить продолжительность вегетационного периода.

В результате выполненного эксперимента в разнообразные по метеорологической обстановке годы выдвинуты сорта, обладающие высокими качествами по урожайности зерна. Определены сорта с высокими величинами элементов продуктивности. Предельное

количество масса 1000 семян получено у сортов Волжанин 50 – 304 г, и Волжанин – 284 г. В результате многолетней селекционной работы был достигнут значительный прогресс у нового сорта нута Волжанин 50 по продуктивности, технологичности, устойчивости к неблагоприятным факторам среды. Потенциальная урожайность этого сорта волгоградской селекции в наших опытах составляет 2,07 т/га. Анализируя проведенные эксперименты, выяснили, что подбор сортов с ценными технологическими свойствами представляет большую ценность для выведения новых сортов, которые могут быть использованы сельхозпроизводителями для расширения площадей.

Библиографический список

1. Васильченко С. А., Ионова Е. В., Марченко Д. М. Влияние инокуляции семян штаммами ризоторфина на урожайность нута в Южной зоне Ростовской области // *Зерновое хозяйство России*. 2018. № 4. С. 35-38.
2. Германцева Н. И., Селезнева Т. В. Селекция нута на крупность семян // *Аграрный вестник Юго-Востока*. 2018. № 2. С. 6-8.
3. Задорин А. М., Зеленов А. А., Мордвина М. В. Достижения селекции ФНЦ зернобобовых и крупяных культур в аспекте роста соевого производства в России // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2019. №. 30 (2). С. 53-56.
4. Защита кормовых бобов от вредных организмов в республике Беларусь / А. А. Запрудский, А. М. Яковенко, Д. Ф. Привалов, Е. С. Белова, Е. В. Пенязь // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2021. № 1 (37). С. 37-46.
5. Зотиков В. И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 3 (35). С. 12–20.
6. Зотиков В. И., Сидоренко В. С., Грядунова Н. В. Развитие производства зернобобовых культур в Российской Федерации // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 2 (26). С. 4–9.
7. Особенности роста и развития сортов нута Волгоградской селекции / В. В. Балашов, А. В. Балашов, А. А. Малахова, В. А. Балашов // *Известия НВ АУК*. 2021. № 1 (61). С. 36-45.
8. Оценка устойчивости к фузариозу коллекционного и селекционного материала нута / В. И. Сичкар, И. В. Бабаянц, С. М. Пасичник, А. И. Кривенко, М. А. Бушулян // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018. № 1. С. 67-76.
9. Пташкин О. П. Результаты экологического изучения сортов гороха посевного зернового направления в условиях степного Крыма // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 1 (33). С. 10-15.
10. Соболева Г. В., Беляева Р. В. Оценка образцов гороха из коллекции вир имени Н. И. Вавилова на относительную засухоустойчивость // *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2020. № 3 (35). С. 26-31.
11. Plant biology and biotechnology / B. Bahadur, M. V. Rajam, S. Leela, K. V. Krishnamurthy // *I. Plant diversity, organization, function and improvement*. New Delhi; Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer, 2015. 832 p.
12. Rebetzke G. J., Richards R. A., Holland J. B. Population extremes for assessing trait value and correlated response of genetically complex traits // *Field Crops Research*. 2017. Vol. 201. Pp. 122-132.
13. Response of different yield components as selection criteria for yield components in early generations of lentil (*Lens culinaris* L.) / Y. S. Reddy [et al.] // *Legume Research*. 2017. Vol. 40. Iss. 1. Pp. 160-164.

Информация об авторах

Балашов Андрей Васильевич, старший научный сотрудник Прикаспийского аграрного федерального научного центра РАН (РФ, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище) доктор сельскохозяйственных наук, доцент, balashov34@yandex.ru

Набойченко Константин Викторович, руководитель «Центра селекции и семеноводства» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, naboychenko2014@yandex.ru

Малахова Алла Александровна, научный сотрудник «Центр селекции и семеноводства» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский д. 26), кандидат сельскохозяйственных наук, malachovaavilov@mail.ru

Балашов Василий Андреевич, магистр агротехнологического факультета, ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-03

ANALYSIS OF THE PRESENCE OF THE GENOMES OF WOOD AND SHRUBS PLANTS USED IN AGRO-FOREST-MELIORATION IN THE SOUTHERN REGIONS OF RUSSIA

A. I. Belyaev, P. A. Krylov, A. M. Pugacheva, L. V. Derevshikova

*Federal Scientific Centre of Agroecology Complex Meliorations and Protective Afforestation,
Russian Academy of Sciences, Volgograd*

Received 17.01.2023

Submitted 11.05.2023

The research was carried out within the framework of the state task Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation No. FNFE-2022-0022 "Search and management of patterns of expression of forest and cultural plant genes responsible for adaptation to environmental hazards and productivity".

Summary

The article presents the results of estimation of presence of annotated genomes of woody and shrub plants used in agroforestry of dry zone of Russia. The study showed that about 30% of the genomes of tree and shrub plants used in agroforestry were annotated. Due the absence of annotated genomes, it is difficult to study plant adaptation unfavorable factors to environmental, such as drought and high soil salinity.

Abstract

Introduction. Molecular genetic mechanisms play a key role in ensuring the formation of useful and adaptive features of woody and shrub plants used in agroforestry of the territories of the South of Russia. A thorough study of the mechanisms of adaptation at the molecular and genetic level will allow in the future to identify or obtain arboreal plants with characteristics of economically valuable traits. The complete or partial lack of information on genome structure makes it difficult to find new DNA markers for tree shrubs and for genes and their expression in response to various adverse factors such as drought and high soil salinity. **Object.** Research is underway on tree -shrubs used in agroforestry where there is a partial or missing annotated genome. **Materials and methods.** An order to determine the presence of an annotated genome of woody and shrubby, a search was conducted in open-access database Genome (NCBI, USA), Phytome13 (Department of Energy's Joint Genome Institute, USA) и KEGG (Kanehisa Laboratories, Japan). Open source data were used to estimate the conditional resistance to drought and high salt concentrations in the soil. **Results and conclusion.** As a result, the presence of an annotated genome was revealed only in 30% of woody and shrubs used in agroforestry with a conditionally high degree of resistance to drought and a high concentration of salts in the soil. The meta-analysis indicated a complete or partial lack of information on the genome structure of tree shrubs used in agroforestry in southern Russia. This slows the development of molecular selection to create new genotypes with economically valuable characteristics, as well as to study the mechanisms of adaptation to environmental constraints.

Key words: *genome, tree and shrub plants, drought resistance, salt resistance, agroforestry.*

Citation. Belyaev A.I., Krylov P.A., Pugacheva A.M., Derevshikova L.V. Analysis of the presence of the genomes of wood and shrubs plants used in agro-forest-melioration in the southern regions of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 30-42 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-03.

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

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

УДК 575.113

**АНАЛИЗ НАЛИЧИЯ ГЕНОМОВ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ
ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ РОССИИ****А. И. Беляев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**П. А. Крылов**, кандидат биологических наук**А. М. Пугачева**, кандидат сельскохозяйственных наук**Л. В. Деревщикова**, лаборант-исследователь*ФГБУН «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Исследования проведены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № FNFE-2022-0022 «Поиск и управление паттернами экспрессии генов лесных и культурных растений, отвечающих за адаптацию к неблагоприятным факторам внешней среды и продуктивность».

Дата поступления в редакцию 17.01.2023

Дата принятия к печати 11.05.2023

Актуальность. Молекулярно-генетические механизмы играют ключевую роль в обеспечении формирования хозяйственно-ценных и адаптационных признаков древесно-кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации территорий Юга России. Углубленное изучение адаптационных механизмов на молекулярно-генетическом уровне в перспективе позволит выявить или получить древесно-кустарниковые растения, обладающие хозяйственно-ценными признаками. Полное или частичное отсутствие информации о структуре генома затрудняет поиск новых ДНК-маркеров древесно-кустарниковых растений, а также генов и их экспрессию в ответ на различные неблагоприятные факторы, такие как засуха и высокая засоленность почв. **Объект.** Объектом исследований являются древесно-кустарниковые растения, используемые в агролесомелиорации, у которых частично или полностью отсутствует аннотированный геном. **Материалы и методы.** Для определения наличия аннотированного генома древесно-кустарниковых растений был произведен поиск в базах данных открытого доступа Genome (NCBI, США), Phytozome13 (Department of Energy's Joint Genome Institute, США) и KEGG (Kanehisa Laboratories, Япония). Данные из открытых источников были использованы для оценки условной степени устойчивости к засухе и высоким концентрациям солей в почве. **Результаты и выводы.** В результате было выявлено наличие аннотированного генома только у 30 % древесно-кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации, имеющих условно высокую степень устойчивости к засухе и высокой концентрации солей в почве. Проведенный мета-анализ показал полное или частичное отсутствие информации о структуре геномов древесно-кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации Юга России. Это замедляет развитие молекулярной селекции по созданию новых генотипов, обладающих хозяйственно-ценными признаками, а также для изучения механизмов адаптации к стрессовым факторам внешней среды.

Ключевые слова: *геномы растений, древесно-кустарниковые растения, засухоустойчивость кустарников, солеустойчивость растений, агролесомелиорация.*

Цитирование. Беляев А. И., Крылов П. А., Пугачева А. М., Деревщикова Л. В. Анализ наличия геномов древесно-кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации южных регионов России. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 30-42. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-03.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Новый технологический рывок в области изучения молекулярно-генетических механизмов, участвующих в формировании фенотипических признаков живых организмов, был осуществлен в XXI веке и был вызван появлением технологий высокопроизводительного секвенирования второго поколения (NGS) [30, 47], которое по сравнению с первым поколением позволяло секвенировать более длинные участки с большей точностью [20]. В основе первого поколения был заложен метод Сенгера [50]. Первой технологией NGS стало массово-параллельное сигнатурное секвенирование (MMPS) [46], технологии второго поколения позволили получить высокую точность, а в настоящее время идет разработка технологий третьего поколения, позволяющих получать длинные фрагменты генома и существенно снизить себестоимость анализа образцов [60]. Еще одним преимуществом секвенаторов третьего поколения является то, что за счет длинных фрагментов проще собирать полный геном растений, нежели с использованием технологий NGS [56]. Развитие этих технологий позволяет быстрее секвенировать полные геномы растений и выявлять одиночные или группы генов, связанных с хозяйственно-ценными признаками или отвечающих за фенотипические признаки (форма кроны, листа и т. д.), являющиеся значимыми для классической селекции и получения гибридов, применяемых в агролесомелиорации [5, 42].

Первый геном был секвенирован на представителе травянистых растений – *Arabidopsis thaliana* [31] в период с 1996 по 2000 год. Секвенирование первой сельскохозяйственной культуры – риса (*Oryza sativa* L.) – заняло 6 лет [55]. Первый геном древесного растения был получен у тополя *Populus trichocarpa* в 2006 году, но с развитием технологий секвенирования последняя версия полного генома была получена только в 2015 году [54]. Сложность секвенирования геномов древесно-кустарниковых растений может быть вызвана вариацией длин самого генома, а также полиплоидией [36].

Согласно открытым базам данных Genome (NCBI) и Phytozome13 (Department of Energy's Joint Genome Institute), где представлены полные последовательности секвенированных геномов, практически отсутствуют геномы древесно-кустарниковых растений, в то время как сельскохозяйственные растения широко представлены в базах данных. Стоит отметить, что древесно-кустарниковые растения являются основой лесомелиорации и обеспечивают защиту культурных растений от неблагоприятных факторов, также эти растения являются основным средством в борьбе с опустыниванием [11, 13, 15].

Изучение геномов древесно-кустарниковых растений имеет важное фундаментальное значение, так как без информации о структуре и эволюционных изменениях в их геномах не представляется возможным управление молекулярно-генетическими механизмами для получения новых хозяйственно-ценных признаков. В частности, механизмов адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды – засухе и высокой засоленности почв.

Целью наших исследований стало проведение анализа изученности геномов древесно-кустарниковых растений, обладающих засухо- и солеустойчивостью, используемых в агролесомелиорации на территории аридных зон России.

Материалы и методы. Объектом исследований являются виды древесно-кустарниковых растений, применяемых в агролесомелиорации, имеющих или нет, частично или полностью аннотированный геном (хромосомный или митохондриальный/пластидный).

Виды древесно-кустарниковых растений были взяты из программы организации лесосеменной базы для защитного лесоразведения на территории Юга России [11]: Республики Адыгее, Астраханской области, Волгоградской области, Республики Кал-

мыкии, Краснодарского края и Ростовской области. Для определения наличия аннотированного генома древесно-кустарниковых растений был произведен поиск в базах данных открытого доступа Genome (NCBI, США) [48], Phytozome13 (Department of Energy's Joint Genome Institute, США) [51] и KEGG (Kanehisa Laboratories, Япония) [44]. Отбор производился по следующим критериям: жизненной форме – древесные или кустарниковое растение, наличие или отсутствие аннотированного хромосомного или пластидного геномов. Для оценки условной степени устойчивости к засухе и высоким концентрациям солей в почве брались данные из справочников и рекомендаций Российской академии сельскохозяйственных наук, разработанных коллективами ученых из ФНИЦ агроэкологии РАН, открытых источников и статей, доступных в базе данных PubMedCentral (NCBI, США) [49]. Поиск статей осуществлялся с использованием синонимических конструкторов [("plants" OR "organism") AND "salt"[All Fields]) AND resistant [All Fields] OR "droughts"[All Fields] AND resistance [All Fields] AND arid [All Fields] AND zone [All Fields]]. В пункте "organism" указывалось исследуемое растение на английском/латинском языке.

Анализ динамики получения аннотированных геномов растений, разделенных по их жизненной форме: древесные, кустарниковые и травянистые, производился на основе даты записей в открытых базах данных Genome (NCBI, США) и Phytozome13, (Department of Energy's Joint Genome Institute, США) с 2006 по 2022 год. Для построения графика была использована программа Statistica 12.0 (StatSoft Inc., США).

Результаты и обсуждение. В результате анализа базы данных Genome (NCBI) и Phytozome13, (Department of Energy's Joint Genome Institute) было обнаружено 829 аннотированных геномов растений. Аннотированные геномы были описаны у сельскохозяйственных растений – 638 вида и древесно-кустарниковых растений – 191 вида. Это свидетельствует о том, что секвенирование сельскохозяйственных растений является приоритетным направлением, так как напрямую связано с продовольственной безопасностью.

Нами были проанализированы древесно-кустарниковые растения, которые уже используются в агролесомелиорации на территориях Юга России аридной зоны, включающие степи, сухие степи и полупустыни. Было определено, какие виды древесно-кустарниковых растений имеют аннотированный хромосомный или пластидный геномы, после чего была оценена примерная устойчивость к засухе и засоленности почвы (таблица 1).

Было выявлено, что у десяти из 17 видов древесных растений, используемых в агролесомелиоративных целях, секвенирован хромосомный геном, при этом пластидный только у девяти из 17 видов. Геномы исследуемых растений были секвенированы и аннотированы в период с 2006 (Тополь) по 2022 (дуб черешчатый). Стоит отметить, что среди главных или основных древесных растений Юга России, применяемых в защитных полосах секвенировано больше половины (6 из 11), как и сопутствующих (4 из 6). Это демонстрирует то, что ряд главных древесных растений до сих пор не секвенирован, но они являются перспективными, так как являются быстрорастущими и обладают высокой распространённостью и высокой устойчивостью к неблагоприятным факторам и могут произрастать в степях, сухих степях и полупустынях, например Робиния псевдоакация, Вязы и их гибриды и Гледичия. Среди сопутствующих древесных растений большая часть секвенирована, так как их представители в большинстве случаев являются плодово-ягодными или уже давно изученными, например, Клен остролистный. Согласно данным из открытых источников, высокой устойчивостью к засухе обладают шесть видов древесных растений, при этом хромосомный геном секвенирован только у трех из них.

Таблица 1 – Состояние изученности геномов и условной устойчивости к абиотическим факторам внешней среды древесных растений, используемых в агролесомелиорации по [11]

Table 1 – State of knowledge of genomes and conditional resistance to abiotic environmental factors of woods plants, used in agroforestry for [11]

Виды дерева/кустарника	Зона	Геном (хромосомный)	Геном (пла- стидный)	Устойчивость	
				Засуха	Соли
Главные (основные)					
Дуб черешчатый	Степь, сухая степь	есть	есть	++	++
Робиния псевдоакация	Степь, сухая степь, полупустыня	нет	есть	++	+
Орех грецкий	Степь	есть	есть	++	+
Тополь волосистоплод- ный	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	есть	+++	++
Ива	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	есть	+	++
Сосна крымская	Степь, сухая степь	нет	нет	+++	-
Сосна обыкновенная	Степь, сухая степь	нет	нет	++	+
Гледичия трехколючковая	Степь, сухая степь, полупустыня	нет	нет	+++	+
Ясень обыкновенный	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	есть	++	-
Ясень ланцетный	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	нет	++	+
Вяз и его гибриды	Сухая степь, полупу- стыня	нет	нет	+++	+
Сопутствующие					
Груша	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	нет	++	++
Яблоня лесная	Степь, сухая степь	есть	есть	+	+
Липа мелколистная	Степь	нет	есть	++	+
Клен остролистный	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	есть	+++	++
Абрикос	Степь, сухая степь, полупустыня	нет	нет	++	++
Шелковица	Степь, сухая степь, полупустыня	есть	нет	+++	++

Наименьшей устойчивостью к засухе обладают Ива, Яблоня лесная и Липа мелколистная, но при этом геном Ивы (2016 г.) и Яблони лесной (2010 г.) был секвенирован. Все виды древесных растений, представленных в таблице, не обладают высокой степенью устойчивости к засоленным почвам, а преимущественно умеренную – 41 % видов, 47 % – низкую и у 12 % устойчивость отсутствует.

Дуб черешчатый, Робиния псевдоакация, Гледичия трехколючковая в 2022-2023 годах являются перспективными растениями, используемыми в агролесомелиорации в южных регионах РФ [24]. При отборе растений учитывались характерные признаки: засухоустойчивость и солеустойчивость. Полностью секвенированный геном Дуба черешчатого позволяет лучше понять механизмы адаптации к засушливым условиям и засоленным почвам, также сохранить и передать свои ценные признаки новым поколениям. [12, 37, 57] Робиния псевдоакация является засухо- и солеустойчивым деревом, ее используют для формирования агролесомелиоративных полос и для озеленения местности, так как данное дерево является неприхотливым и хорошо растущим растением

[32]. Секвенирование ее генома имеет большое значение для изучения механизмов адаптации к неблагоприятным факторам. Первым шагом было секвенирование хлоропластного генома [27, 34]. Засухоустойчивые с оригинальной ажурной кроной представители рода *Gleditsia* – привлекательные древесные виды для задач защитного лесоразведения и озеленения населенных пунктов, включая районы с солонцеватыми почвами. Рациональное применение интродукта в технологиях обогащения возможно при учете его эколого-биологических особенностей в возрастных этапах [16, 17, 58].

В связи с этим у ряда древесных растений отсутствие секвенированного генома не позволит полностью проводить исследования, направленные на изучение молекулярно-генетических механизмов адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды. Немаловажным является то, что без секвенированного генома значительно затрудняется поиск специфических ДНК-маркеров, связанных с хозяйственно-ценными признаками для защитного лесоразведения.

После анализа кустарниковых растений (таблица 2), используемых в агролесомелиорации Юга России, было обнаружено, что хромосомный геном секвенирован только у трех видов Лещины, Вишни степной и Шиповника, при этом у первых двух растений отсутствует аннотированный пластидный геном. Кустарники Карагана древовидная и Аморфа, согласно проанализированным базам данных о геномах растений, имели только аннотированный пластидный геном. Стоит отметить, что интерес к изучению геномов кустарников, не являющихся сельскохозяйственными растениями незначителен, так как в сравнении с древесными число аннотированных хромосомных геномов у них в три раза меньше.

Таблица 2 – Состояние изученности геномов и условной устойчивости к абиотическим факторам внешней среды кустарников, используемых в агролесомелиорации по [11]

Table 2 – State of knowledge of genomes and conditional resistance to abiotic environmental factors of shrub plants, used in agroforestry for [11]

Виды дерева/кустарника	Зона	Геном (хромосомный)	Геном (пластидный)	Устойчивость	
				Засуха	Соли
Ирга	Степь, сухая степь	нет	нет	+++	++
Лещина	Степь	есть	нет	+++	++
Облепиха	Степь, сухая степь	нет	нет	+++	++
Смородина золотистая	Степь, сухая степь, полупустыня	нет	нет	+++	+++
Скумпия	Степь, сухая степь, полупустыня	нет	нет	+++	++
		нет	нет	++	++
Ивы кустарниковые	Степь, сухая степь	нет	нет	++	++
Алыча	Степь	нет	нет	+++	++
Вишня степная	Степь	есть	нет	+++	++
Карагана древовидная	Сухая степь, полупустыня	нет	есть	+++	++
Аморфа	Сухая степь, полупустыня	нет	нет	+++	++
Жимолость	Степь, сухая степь	нет	нет	+++	++
Джугун	Пустыня, полупустыня	нет	нет	+++	++
Лох	Сухая степь, полупустыня	нет	нет	+++	++
Тамарикс	Сухая степь, полупустыня, пустыня	нет	нет	++	++
Шиповник	Степь	есть	есть	++	++
Боярышник	Степь, сухая степь, полупустыня	нет	есть	++	++

Примечание - +++ - высокая, ++ - умеренная, + - слабая устойчивость, – отсутствие устойчивости.

Высокой устойчивостью к засухе обладают 13 видов кустарниковых растений из 16, но только у Лещины и Степной вишни аннотирован геном. В сравнении с древесными у кустарниковых растений в 1.5 раза больше видов с высокой степенью устойчивости к засухе, в то время как низкая устойчивость у кустарниковых растений вообще отсутствует. Было обнаружено, что высокой солеустойчивостью, как и высокой засухоустойчивостью обладает Смородина золотистая, но хромосомный и пластидный геномы у данного вида не секвенированы. Девяносто процентов кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации, имеют умеренную устойчивость к засоленности почв. Среди кустарников перспективными видами для агролесомелиорации, которые необходимо секвенировать, можно выделить Смородину Золотистую [6], Карагану древовидную. Кустарники Тамарикс и Джугун. Они хорошо растут в пустынях и полупустынях, обеспечивая задержку подвижных песков, и являются одними из основных пород кустарников, используемых для борьбы с опустыниванием [2, 3, 4, 19, 41]. Карагана древовидная используется в рекультивации для предотвращения ветровой эрозии почв и восстановлении геологически пострадавших земель [8].

Анализ баз данных геномов позволил нам выявить еще ряд видов древесных растений, у которых есть аннотированный хромосомный и пластидный геном, и они обладают устойчивостью к засухе и высокой концентрации солей, но они почти не используются в агролесомелиорации территорий Юга России (таблица 3).

В результате у четырех видов древесных растений была выявлена устойчивость к засухе и засоленности почв. Среди древесных растений высокой устойчивостью к засухе обладал Зизифус [14], остальные растения обладали умеренной устойчивостью [10, 28], с низкой выявлено не было. Растений, обладающих высокой устойчивостью к высокой концентрации солей в почве, обнаружено не было, в то время как отмечается умеренная устойчивость. Данные виды древесных растений могут быть использованы в защитном лесоразведении и производстве продовольствия только Южных регионов Российской Федерации, потому что они обладают низкой или умеренной морозостойкостью: пекан [18], Яблоня домашняя [21, 25, 28], Персик [1, 10], Зизифус [14].

Таблица 3 – Древесные растения, имеющие аннотированный геном и обладающие устойчивостью к абиотическим факторам внешней среды, но редко используемые в агролесомелиорации

Table 3 – Woody with an annotated genome and resistant to abiotic environmental factors but not used in agroforestry

Виды дерева/кустарника	Устойчивость	
	Засуха	Соли
Древесные		
Яблоня домашняя	++	++
Персик	++	++
Пекан	++	++
Зизифус	+++	++

Примечание - +++ - высокая, ++ - умеренная, + - слабая устойчивость, – отсутствие устойчивости.

Большая часть древесно-кустарниковых растений, обладающих высокими показателями засухоустойчивости или солеустойчивости, используемых в агролесомелиорации территорий субгумидной, субаридной и аридной зон, не имеет аннотированных геномов, например древесные: Вяз, Гледичия, Крымская сосна, Робиния [23, 39], кустарниковые: Джугун, Скумпия, Смородина золотистая, различные виды Жимолости и Лоха [7, 9, 22, 33, 45]. Среди древесных растений, выявленных по базам данных устойчивых к засухе, Пекан может быть потенциальным объектом для защитного лесоразведения [26]. Это, в свою очередь, вызывает вопрос, с чем связано отсутствие аннотированных геномов растений, которые являются условно лучшими для агролесомелиора-

ции территорий Юга России? Мы предполагаем, что это может быть связано с тем, что они имеют либо длинный геном или обладают полиплоидией [59, 61], либо находятся в процессе получения [38], как, например, Робиния, которая имеет тетраплоидный набор хромосом, что усложняет секвенирование генома [35]. Обозначения устойчивости к засухе и высоким концентрациям солей были нами поставлены условно, исходя из того, что в литературных источниках имеются противоречивые данные. Например, в лабораторных условиях растения показывают высокие показатели устойчивости [52, 53], а в полевых условиях умеренные или низкие в зависимости от вида или климатических условий конкретной территории [39, 40].

В связи с этим нами была проведена оценка динамики общего количества полногеномных секвенирований растений за 16 лет (рисунок 1.) В результате было выявлено, что основной подъем произошел с 2019 по 2021 годы, когда в год секвенировалось более 50 хромосомных геномов растений, что может быть связано с тем, что технологии NGS начали активно использоваться научным сообществом для получения геномов растений. И что в конечном итоге послужило изучению молекулярно-генетических механизмов растений, отвечающих за хозяйственно-ценные признаки [29, 43].

После этого мы проанализировали, сколько геномов было аннотировано для разных жизненных форм растений древесных, кустарниковых и травянистых (рисунок 2). В период с 2006 по 2011 годы было получено и аннотировано низкое число геномов растений, так как технологии секвенирования только внедрялись и в первую очередь изучали травянистые растения, так как большинство из них являются сельскохозяйственными растениями, используются в пищевой промышленности и играют роль в продовольственной безопасности.

Начиная с 2012 по 2014 наблюдается значительный подъем в секвенировании и аннотировании геномов растений, который почти в 2 раза выше, чем в предшествующий период. У древесных и кустарниковых растений геном изучался у одного-двух видов в год. Начиная с 2015 года вплоть до 2021 число аннотированных геномов травянистых растений увеличивалось почти каждый год по сравнению с предыдущими периодами. Получение и аннотирование генома древесных активно началось с 2017, а кустарниковых – с 2018 по 2021 годы. На рисунке 2 хорошо видно, что в 2022 произошел спад, который мог быть вызван политико-экономической ситуацией в мире.

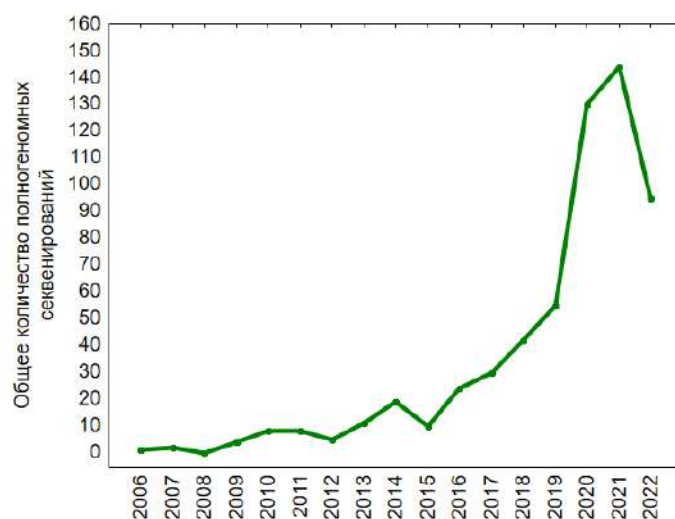


Рисунок 1 – Общее количество полногеномных секвенирований растений за период с 2006 по 2022 годы

Figure 1 – Total number of genome-wide plant sequences from 2006 to 2022

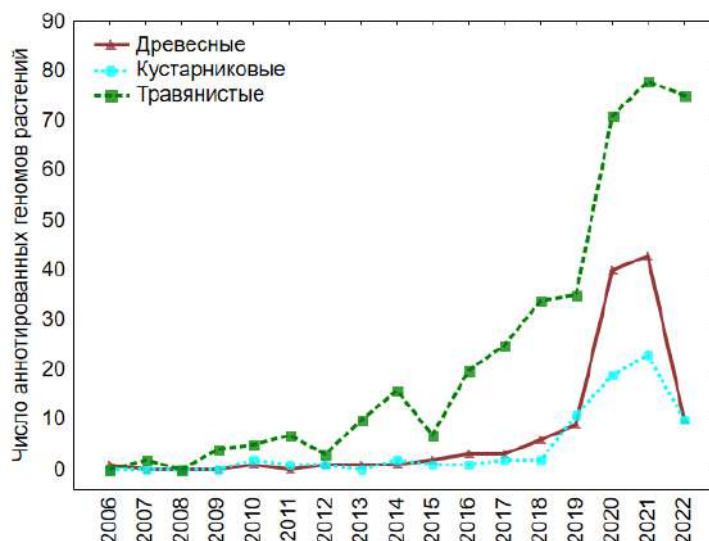


Рисунок 2 – Число аннотированных геномов древесных, кустарниковых и травянистых растений в период с 2006 по 2022 годы

Figure 2 – Number of annotated genomes of woody, shrub and herbaceous plants from 2006 to 2022

Результаты, полученные ранее (таблицы 1, 2), согласуются с графиком (рисунок 2), показывающим, что древесные растения представляют больший интерес, чем кустарниковые растения. Это может быть связано с тем, что среди древесных растений большое количество плодово-ягодных, которые используются в сельском хозяйстве. Стоит отметить, что среди всех аннотированных хромосомных и пластидных геномов большинство получено для сельскохозяйственных культур.

Выводы. Результаты проведенных исследований показали, что в настоящее время делается акцент на получение геномов сельскохозяйственных растений для выявления молекулярно-генетических механизмов формирования хозяйственно-полезных признаков. С помощью анализа баз данных было выявлено наличие аннотированных хромосомных геномов у ряда основных древесных растений, таких как Дуб черешчатый, Ясень обыкновенный и пластидный геном Робинии псевдоакалии. У кустарниковых растений хромосомный геном секвенирован у трех видов, которые редко применяются в защитном лесоразведении. Карагана древовидная, Смородина золотистая, Тамарикс и Джугун являются перспективными объектами для агролесомелиорации, так как они обладают высокой засухоустойчивостью и могут быть использованы для борьбы с опустыниванием. В целом аннотированный хромосомный геном есть у 40 % древесно-кустарниковых растений, используемых в защитном лесоразведении и имеющих устойчивость к засухе и засоленности почв.

Проведенный нами мета-анализ показал, что существует реальная необходимость в секвенировании геномов древесно-кустарниковых растений, используемых в агролесомелиорации территорий Юга России для изучения механизмов адаптации к засухе и засоленности почв на молекулярно-генетическом уровне. Исследования будут направлены на секвенирование главных (основных) древесных растений, используемых в защитном лесоразведении и перспективных кустарников, у которых отсутствует геном, например, Вяз, Робиния, Гледичия и Сосна крымская, а у кустарников – Смородина Золотистая, Карагана, Джугун и Тамарикс. Выбор способа секвенирования будет зависеть от финансовых возможностей организации, например, среди секвенаторов второго поколения можно рассмотреть платформы иллюмина или MGI, а третьего поколения – нанопор.

Полученные данные помогут в дальнейшем выбрать те или иные перспективные виды древесно-кустарниковых растений для решения задач широкого спектра, начиная от озеленения, фиторемедиации и заканчивая борьбой с опустыниванием южных регионов Юга России. Секвенирование и последующее аннотирование геномов древесно-кустарниковых растений позволят расширить набор инструментов и методов по изучению молекулярно-генетических механизмов адаптации к неблагоприятным факторам внешней среды, а также молекулярной селекции.

Библиографический список

1. Адаптация культуры персика к условиям выращивания на юге России / И. А. Драгавцева [и др.] // Садоводство и виноградарство. 2014. № 6. С. 35-40.
2. Булахтина Г. К., Кудряшова Н. И., Подопригоров Ю. Н. Влияние кустарниковых защитных полос с использованием Тамарикса многоветвистого (*Tamarix Ramosissima* Led.) на полупустынную пастбищную экосистему // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 105-113.
3. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Вайчулис Г. В. Экологическое опустынивание земель Юга России // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 3 (82). С. 75-81.
4. Гамидов И. Р., Умаханов М. А., Теймуров С. А. Фитомелиорация Кизлярских пастбищ с использованием джужгуна безлистного (*Calligonum aphyllum*) // Горное сельское хозяйство. 2018. № 2. С. 29-32.
5. Дмитриев А. А., Пушкова Е. Н., Мельникова Н. В. Секвенирование геномов растений: современные технологии и новые возможности для селекции // Молекулярная биология. 2022. № 56(4). С. 531-545.
6. Иванова Е. А., Мурсалимова Г. Р. Перспективный сорт золотистой смородины // Современное садоводство. 2017. № 4 (24). С. 31-37.
7. Иванова Е. А., Джураева Ф. К., Стародубцева Е. П. Перспективные формы *RIBES aurum* PURSH в условиях Южного Урала // БОНЦ УрО РАН. 2016. № 3. С. 5.
8. Карагана древовидная (*Caragana arborescens* Lam.) Как кустарниковая порода при биологической рекультивации техногенных ландшафтов / Э. И. Трещевская [и др.] // Лесотехнический журнал. 2021. № 3 (43). С. 31-44.
9. Кирпо Н. И., Вдовенко А. В., Лепеско В. В. Эколого-мелиоративная оценка состояния кормовых угодий, закустаренных лохом узколистным в районе Волго-Ахтубинской поймы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 3 (27). С. 22-26.
10. Крамаренко Л. А. Интродукция *persica vulgaris* и *P. vulgaris* subsp. *Nectarina* в Москве, Московской и Владимирской областях // Труды по интродукции и акклиматизации растений. 2021. С. 107-112.
11. Крючков С. Н., Матисс Г. Я. Лесоразведение в засушливых условиях. Волгоград, 2014. 300 с.
12. Кулакова Н. Ю. Почвенные условия на границе ареала дуба черешчатого в южной лесостепи Европейской части России // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2018. № 3 (39). С. 16-29.
13. Кулик К. Н. Современное состояние защитных лесонасаждений в Российской Федерации и их роль в смягчении последствий засух и опустынивания земель // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 08-13.
14. Лепеско В. В., Рыбошлыкова Л. П. Интродукция, особенности роста и развития зизифуса (*Ziziphus jujuba* Mill.) в условиях Астраханского Заволжья и Волго-Ахтубинской поймы // Лесной вестник. Forestry Bulletin. 2022. № 26 (5). С. 23-30.
15. Манаенков А. С. Развитие основ степного и защитного лесоразведения: теоретические, прикладные аспекты и задачи в современных условиях // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 5-23.

16. Мельник К. А., Хужахметова А. Ш. Особенности плодоношения интродуцированных представителей родового комплекса *Gleditsia* в возрастном аспекте // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 184-193.
17. Мобилизация дендрологических ресурсов и пути сохранения их биоразнообразия в малолесных регионах / А. В. Семенютина, и др. 2021. 288 с.
18. Морозов Д. Е. Адаптационные возможности ореха грецкого к низким температурным условиям на территории России // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. № 7 (1-2). С. 108-111.
19. Подопрigorov Ю. Н., Хюпинин А. А. Выращивание посадочного материала джугзуга на безлистного в Астраханской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 32-36.
20. Поколения методов секвенирования ДНК (Обзор) / А. Г. Бородин [и др.] // Научное приборостроение. 2020. № 30 (4). С. 3-20.
21. Раченко М. А., Раченко А. М. Яблоня домашняя в Южном Предбайкалье: формирование дерева как способ повышения зимостойкости // СССК. 2018. № 5 (1). С. 104-107.
22. Савушкина И. Г., Леонов В. В. Перспективные представители семейства *Caprifoliaceae* A.L. Jussien для озеленения в условиях Предгорного Крыма // Ученые записки Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: Биология, химия. 2009. Т. 22 (61). № 3. С. 130-139.
23. Семенютина А. В., Мельник К. А. Генеративные и репродуктивные качества у таксонов рода *Gleditsia* в засушливых условиях // Наука. Мысль: электронный периодический журнал. 2021. № 11 (1). С. 88–102.
24. Соломенцева А. С. Состояние древесных растений на объектах защитного лесоразведения и озеленения Калачевского района Волгоградской области // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2022. № 5 (389). С. 58-72.
25. Токарева О. И. Новые сорта яблони, выведенные в ДВ НИИСХ // СССК. 2020. № 7 (1-2). С. 157-160.
26. Хорошев А. В. Мировой опыт применения ландшафтно-географического подхода к планированию устойчивого лесопользования // Устойчивое лесопользование. 2021. № 1 (65). С. 13-20.
27. Эколого-биологические особенности *Robinia pseudoacacia*, влияющие на приживаемость и рост насаждений в степной зоне / Р. Г. Седой [и др.] // World science: problems and innovations: сборник статей XXXVII Международной научно-практической конференции. 2019. С. 81-83.
28. Юлдашева И. А., Хазраткулов И. А. Морфо-биологические свойства яблока // Интернаука. 2021. № 23-1 (199). С. 101-103.
29. A chromosome-level *Amaranthus cruentus* genome assembly highlights gene family evolution and biosynthetic gene clusters that may underpin the nutritional value of this traditional crop / X. Ma [et al.] // Plant J. 2021. № 107 (2). P. 613–628.
30. ACMG laboratory quality assurance committee. Next-generation sequencing for constitutional variants in the clinical laboratory 2021 revision: a technical standard of the American College of Medical Genetics and Genomics (ACMG) / C. Rehder [et al.] // Genet Med. 2021. № 23 (8). P. 1399–1415.
31. Analysis of the genome sequence of the flowering plant *Arabidopsis thaliana* / The Arabidopsis Genome Initiative // Nature. 2000. № 408. P. 796–815.
32. Black locust (*Robinia pseudoacacia*) beloved and despised: a story of an invasive tree in Central Europe / M. Vítková [et al.] // For Ecol Manage. 2017. № 384. P. 287-302.
33. Bozena S. Salt-tolerant trees usable for Central European cities – a review // Hort. Sci. (Prague). 2017. № 44 (1). P. 43–48.
34. Comparative analysis of chloroplast genomes of five *Robinia* species: Genome comparative and evolution analysis / X. Yu [et al.] // Gene. 2019. № 689. P. 141-151.
35. Comparative mitochondrial proteomic, physiological, biochemical and ultrastructural profiling reveal factors underpinning salt tolerance in tetraploid black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) / Q. Luo [et al.] // BMC Genomics. 2017. № 18. e648.

36. Current strategies of polyploid plant genome sequence assembly / M. Kyriakidou [et al.] // Front. Plant Sci. 2018. № 9. e1660.
37. Decoding the oak genome: public release of sequence data, assembly, annotation and publication strategies / Plomion C [et al.] // Mol Ecol Resour. 2016. № 16 (1). P. 254-265.
38. Development of genomic microsatellites in *Gleditsia triacanthos* (Fabaceae) using Illumina sequencing / S. A. Owusu [et al.] // Appl Plant Sci. 2013. № 1 (12). e1300050.
39. Effects of salt stress on physiological characters and salt-tolerance of *Ulmus pumila* in different habitats / B. X. Liu [et al.] // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. 2012. № 23 (6). P. 1481-1489.
40. Effects of salt stress on eco-physiological characteristics in *Robinia pseudoacacia* based on salt-soil rhizosphere / P. Mao [et al.] // Science of The Total Environment. 2016. № 568. P. 118-123.
41. Establishment of *Tamarix ramosissima* under different conditions of salinity and water availability: Implications for its management as an invasive species / E. Natale [et al.] // Journal of Arid Environments. 2010. № 74 (11). P. 1399-1407.
42. Gudynaitė-Franckevičienė V., Pliūra A. Performance and genetic parameters of poplar hybrids and clones in a field trial are modified by contrasting environmental conditions during the vegetative propagation phase // Plants (Basel). 2022. № 11 (18). e2401.
43. High-quality genome and methylomes illustrate features underlying evolutionary success of oaks / V. L. Sork [et al.] // Nat Commun. 2022. № 13 (1). 2047.
44. KEGG Genome. <https://www.kegg.jp/kegg/genome/>.
45. Landscape genomics reveal that ecological character determines adaptation: a case study in smoke tree (*Cotinus coggygria* Scop.) / C. Y. Miao [et al.] // BMC Evol Biol. 2017. № 17 (1). P. 202.
46. Massively parallel signature sequencing (MPSS) as a tool for in-depth quantitative gene expression profiling in all organisms / J. Reinartz [et al.] // Brief Funct Genomic Proteomic. 2002. № 1 (1). P. 95-104.
47. Mining and development of novel SSR markers using next generation sequencing (NGS) data in plants / S. Taheri [et al.] // Molecules. 2018. № 23 (2). e399.
48. NCBI Genome. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome>.
49. NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/>.
50. Nucleotide sequence of bacteriophage ϕ X174 DNA / F. Sanger [et al.] // Nature. 1977. V. 265 (5596). P. 687-695.
51. Phytozome13. <https://phytozome-next.jgi.doe.gov>.
52. Physiological and biochemical behaviour of *Gleditsia triacanthos* L. young seedlings under drought stress conditions / S. Kebbas [et al.] // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 2018. № 46(2). P. 585-592.
53. Physiological and proteomic responses to salt stress in chloroplasts of diploid and tetraploid black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) / F. Meng [et al.] // Sci Rep. 2016. № 6. e23098.
54. *Populus* endo- β -1,4-glucanases gene family: genomic organization, phylogenetic analysis, expression profiles and association mapping / Q. Du [et al.] // Planta. 2015. № 241 (6). P. 1417-1434.
55. Rice genomics: over the past two decades and into the future. genomics proteomics / S. Song [et al.] // Bioinformatics. 2018. № 16 (6). P. 397-404.
56. Schatz M. C., Witkowski J., McCombie W. R. Current challenges in de novo plant genome sequencing and assembly // Genome Biol. 2012. № 13. P. 243.
57. Selig M., Bohne H. Drought stress reactions of different populations of *Quercus robur* L. and *Tilia cordata* Mill.1 // Journal of Environmental Horticulture. 2017. № 35 (1). P. 6-12.
58. Semenyutina A. V., Melnik K. A. Semenyutina V. A. Assessment of Growth and Development of Representatives under the Conditions of Chestnut Soils // Ecological Engineering & Environmental Technology. 2022. № 23 (1). P. 19-24.
59. Twenty years of plant genome sequencing: achievements and challenges / Y. Sun [et al.] // Trends Plant Sci. 2022. № 27 (4). P. 391-401.
60. Xiao T., Zhou W. The third-generation sequencing: the advanced approach to genetic diseases // Transl Pediatr. 2020. № 9 (2). P. 163-173.
61. Why assembling plant genome sequences is so challenging / M. G. Claros [et al.] // Biology (Basel). 2012. № 1 (2). P. 439-459.

Информация об авторах

Беляев Александр Иванович, директор ФНЦ Агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-кт Университетский, д. 97), доктор сельскохозяйственных наук, профессор e-mail: director@vfanc.ru ORCID: 0000-0001-8077-7052

Крылов Павел Андреевич, ведущий научный сотрудник-и.о. заведующего лабораторией геномных и постгеномных технологий, ФНЦ Агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-кт Университетский, д. 97), кандидат биологических наук, тел. 8 (917) 333-29-21, e-mail: krylov-p@vfanc.ru ORCID: 0000-0001-9587-5886

Пугачева Анна Михайловна, ученый секретарь, и.о. заместителя директора по научной работе ФНЦ Агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-кт Университетский, д. 97), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: pugachevaa@vfanc.ru ORCID: 0000-0003-0852-8056

Деревщикова Людмила Владимировна, инженер-исследователь лаборатории геномных и постгеномных технологий, ФНЦ Агроэкологии РАН (400062, Волгоград, пр-кт Университетский, д. 97), e-mail: derevshikova-l@vfanc.ru ORCID: 0000-0002-9348-7617

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-04

EFFECT OF MULTI-COMPONENT FERTILIZERS ON THE YIELD OF TABLE BEET

A.N. Bondarenko, O.V. Kostyrenko

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

Received 01.03.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

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

Abstract

Introduction. Currently, the reduction of general production costs per unit of production is a priority direction in the modern development of the agro-industrial complex. At the same time, there is a priority task aimed at increasing the yield and quality of crops. In solving this direction, macro- and microutilization belongs to an important place. **Object.** Table beet hybrids: Kestrel F1, Major F1 and Bona F1. **Materials and methods.** The field experiment was carried out in the period from 2020 to 2022 at the fields the Federal State Budget Scientific Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» located at a distance of 1.5 km northwest of the village Solenoe Zaimische. Experience included studying the influence of multicomponent fertilizers on the yield of table beets, with a systematic method of split plots. During this research work, a significant difference was found both in the yield and in the cost-effectiveness of complex mineral products. The material of the field experiment was the complex mineral fertilizers Bor, Zinc, Magnesium, Aminovit. **Results and conclusions.** In general, the main results of the work 2020... 2022 gave reason to isolate the Kestrel F1 hybrid on the option when applying mineral fertilizers in the background in a dose of $N_{120}P_{60}K_{60}$ during joint non-root treatment with the complex preparation Boron. The commercial yield in this case was 57.0 t/ha. At the same time, the increase in control was + 19.4 t/ha with an average root crop weight of 221.0 g and marketability of 78.1%. Thus, in the course of the economic analysis, it was proved that the Kestrel F1 hybrid had all the options for experience against the background of the application of mineral fertilizers $N_{120}P_{60}K_{60}$ in combination with non-root (leaf) treatments turned out to be highly profitable.

Key words: beets, hybrid, multicomponent fertilizers, yield, cost-effectiveness analysis.

Citation. Bondarenko A.N., Kostyrenko O.V. Effect of multi-component fertilizers on the yield of table beet. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 42-48 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-04.

Author's contribution. All authors of this manuscript directly participated in the bookmarking and in the implementation of the scientific experiment, as well as participated in the development of the field experience scheme, in the creation and implementation of experimental work, data collection and analysis.

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

УДК 633.412:631.8

ВЛИЯНИЕ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ СВЕКЛЫ СТОЛОВОЙ

А. Н. Бондаренко, доктор сельскохозяйственных наук

О. В. Костыренко, научный сотрудник

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
Астраханская область, Чернышевский район, с. Соленое Займище*

Дата поступления в редакцию 01.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. В настоящее время снижение общепроизводственных затрат на единицу продукции является приоритетным направлением в современном развитии агропромышленного комплекса. При этом стоит первоочередная задача, направленная на увеличение урожайности и качество сельскохозяйственных культур. В решении этого направления важное место принадлежит макро- и микроудобрениям. Объект. Гибриды свеклы столовой: Кестрел F1, Мажор F1 и Бона F1. Материалы и методы. Полевой эксперимент был проведен в период с 2020 по 2022 гг. на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», расположенном на расстоянии 1,5 км северо-западнее с. Соленое Займище. Опыт предусматривал изучение влияния многокомпонентных удобрений на урожайность свеклы столовой с систематическим методом расщепленных делянок. В ходе данной исследовательской работы было установлено существенное различие как в урожайности, так и в экономической эффективности, обусловленное действием комплексных минеральных препаратов. Материалом полевого эксперимента послужили комплексные минеральные удобрения Бор, Цинк, Магний, Аминовит. **Результаты и выводы.** В целом основные результаты по итогам работы 2020... 2022 гг. дали основание выделить гибрид Кестрел F1 на варианте при фоновом внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{60}K_{60}$ при совместной некорневой обработке комплексным препаратом Бор. Товарная урожайность на данном варианте составила 57,0 т/га. При этом прибавка к контролю была равна +19,4 т/га при средней массе корнеплода 221,0 г. и товарности – 78,1 %. Таким образом, в ходе проведенного экономического анализа было доказано, что у гибрида Кестрел F1 все варианты опыта на фоне внесения минеральных удобрений $N_{120}P_{60}K_{60}$ в комплексе с некорневыми (листовыми) обработками оказались высоко rentабельными.

Ключевые слова: свекла столовая, гибриды свеклы столовой, многокомпонентные удобрения, урожайность свеклы столовой.

Цитирование. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Влияние многокомпонентных удобрений на урожайность свеклы столовой. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 42-48. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-04.

Авторский вклад. Авторы представленной рукописи были задействованы в закладке и в выполнении научного эксперимента, а также принимали участие в постановке полевого опыта, в выполнении научно-исследовательской работы и непосредственно в сборе и анализе полученных данных.

Конфликт интересов. Авторы статьи заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Урожайность является одним из главных показателей эффективности возделывания сельскохозяйственных культур [4, 13].

Известно, что овощные культуры и картофель отзывчивы на использование различных минеральных удобрений и их композиций, результативность которых зависит от влагообеспеченности растений, агроклиматических условий, а также совокупности тех-

нологических приемов, сроков и способов внесения [5]. В ряде регионов РФ проводится изучение по выращиванию свеклы столовой с применением различных уровней минерального питания и использованием многокомпонентных удобрений [1-3, 5, 6, 8, 9, 11, 12].

Огромное влияние на производительность свеклы столовой оказывают микроэлементы [7]. Свекла столовая очень требовательна к уровню содержания их в почве. Некорневое внесение микроэлементов благоприятно сказывается на оптимизации дополнительной минеральной подкормки растений свеклы столовой, что приводит к активизации фотосинтетической активности и существенно усиливает эффективность устойчивости к болезням, улучшая при этом качество получаемой продукции и урожайность данной культуры [5, 6].

Исследования, проводимые в Горьком районе Могилевской области М. В. Раком и др. в 2018 и 2019 гг., показали высокую эффективность влияния некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим. Наибольшая урожайность корнеплодов свеклы столовой – 52,7...54,8 т/га и 105...108 т/га – была на вариантах с применением микроудобрения МикроСтим Бор и МикроСтим Медь на фоне $N_{90}P_{80}K_{130}$ и $N_{100}P_{90}K_{140}$ [10].

Цель исследования была направлена на усовершенствование основных агротехнологических приемов возделывания гибридов свеклы столовой.

Материалы и методы. Согласно общепринятой методике Б. А. Доспехова, двухфакторный полевой опыт был заложен в трехкратной повторности методом расщепленных делянок. Фактор А – Кестрел F₁, Бона F₁, Мажор F₁. Фактор В – комплексные минеральные удобрения для листовой подкормки: Бор, Цинк, Магний, Аминовит.

Общая площадь в опыте – 1200,0 м², под сортом – 400,0 м². Площадь делянки под вариантом – 100,0 м². Площадь учётной делянки – 25,0 м². Посев был осуществлен сеялкой точного высева EarthWay 1001-B.

Варианты опыта:

1. $N_{120}P_{60}K_{60}$ – Фон (контроль) – опрыскивание водой,
2. $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Бор. Расход препарата – 0,5-1,5 л/га.
3. $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Цинк. Расход препарата – 1-2 л/га.
4. $N_{120}P_{60}K_{60}$ + Магний. Расход препарата – 1-2 л/га.

Все препараты были внесены согласно нормам и расходу рабочей жидкости от товаропроизводителя.

Полевой эксперимент основывался на использовании методик Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2015 г.), Методического руководства по проведению регистрационных испытаний агрохимикатов в сельском хозяйстве (2018 г.).

В период вегетации изучаемой культуры осуществлялись химические обработки от вредителей (свекловичных блошек; свекловичной тли) препаратами Кораген, КС, Брейк в фазу «4..5 настоящий лист». Препаратом Энлиль работали от проволочника и подгрызающей совки через 2 недели после посева семян и в фазу образования корнеплода. От болезней: фомоз – Метаксил, СП, Раек, КЭ; церкоспороз – Скоростень, РП.

Уборку урожая корнеплодов свеклы столовой проводили вручную в конце сентября сплошным поделяночным методом (ГОСТ 32285-2013).

Результаты и обсуждение. В ходе проведенных исследований из всех гибридов, находящихся в изучении, был выделен гибрид Кестрел F₁ с максимальным уровнем урожайности.

Наиболее продуктивным данный гибрид оказался на варианте при фоновом внесении минеральных удобрений в дозе $N_{120}P_{60}K_{60}$ при совместной некорневой обработке комплексным препаратом Бор.

Таблица 1 – Показатели урожайности свеклы столовой, среднее за 2020... 2022 гг.

Table 1 – Table beet yield indicators, average for 2020... 2022

Гибрид/ Hybrid	Вариант/ Option	Средняя масса корнеплода, г/ medium root mass, g	Биологическая урожайность, т/га/ Biological yield, t/ha	± к контролю, т/га/ ± to control, t/ha	Товарная урожайность, т/га/ Commodity yield, t/ha	Товарность, %/ Productness, %
Кестрел F1 / Kestrel F1	Контроль (без обработки)/ Control (without processing)	177,0	50,4	-	37,6	74,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	215,0	65,0	14,6	48,2	74,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	221,0	73,0	22,6	57,0	78,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	211,0	73,4	23,0	52,8	71,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	202,0	63,4	13,0	47,6	75,1
Бона F1 / Bona F1	Контроль (без обработки)/ Control (without processing)	185,0	47,0	-	33,0	70,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	208,0	59,2	12,2	40,0	67,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	217,0	72,6	25,6	47,4	65,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	212,0	67,4	20,4	44,0	65,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	198,0	55,8	8,8	36,4	65,2
Мажор F1 / Major F1	Контроль (без обработки)/ Control (without processing)	168,0	37,8	-	24,6	65,1
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	204,0	59,2	21,4	42,4	71,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	209,0	64,0	26,2	45,6	71,3
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	198,0	57,8	20,0	42,4	73,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	191,0	51,6	13,8	37,4	72,5
НСР ₀₅ (A)			0,8			
НСР ₀₅ (B)			0,8			
НСР ₀₅ (AB)			0,7			

Товарная урожайность на данном варианте составила 57,0 т/га, прибавка к контролю была равна +19,4 т/га при средней массе корнеплода – 221,0 г. и товарности – 78,1 %. Гибрид Бона F₁ был на уровне среднего и немного уступил предыдущему гибриду по показателям урожайности. Максимальная товарная урожайность – 47,4 т/га – была получена на варианте с некорневой обработкой комплексным препаратом Бор при товарности 65,3 %. Средняя масса корнеплода – 217,0 г. Прибавка к контрольному варианту – 14,4 т/га.

Таблица 2 – Результаты экономической эффективности столовой свеклы,
среднее за 2020...2022 гг.

Table 2 - Results of the economic efficiency of table beets, average for 2020...2022

Гибрид/ Hybrid	Вариант/ Option	Урожай- ность, т/га/ Yield, t/ha	Общие затраты, тыс.р./ Total costs, thousand rubles.	Себестои- мость, тыс. р./т/ Cost price, thousand rubles/ton	Чистый доход, тыс. р./га/ Net income, thousand rubles/ha	Рентабель- ность, %/ Profitability, %
Кестрел F ₁ / Kestrel F ₁	Контроль (без обработки)/ Control (without processing)	37,6	417,3	11,1	146,7	35,2
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	48,2	424,3	8,8	298,7	70,4
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	57,0	421,9	7,4	433,1	102,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	52,8	428,7	8,1	363,3	84,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	47,6	420,2	8,8	293,8	69,9
Бона F ₁ /Bona F ₁	Контроль(без обработки)/ Control (without processing)	33,0	394,1	11,9	100,9	25,6
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	40,0	417,6	10,4	182,4	43,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	47,4	407,1	8,6	303,9	74,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	44,0	415,2	9,4	244,8	59,0
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	36,4	403	11,1	143	35,5
Мажор F ₁ / Major F ₁	Контроль(без обработки)/ Control (without processing)	24,6	382,4	15,5	-13,4	-3,5
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +АМИНОВИТ/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Aminovit	42,4	416	9,8	220	52,9
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Бор/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Bor	45,6	415,3	9,1	268,7	64,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Цинк/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Zinc	42,4	419,3	9,9	216,7	51,7
	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ +Магний/ N ₁₂₀ P ₆₀ K ₆₀ + Magnesium	37,4	405,1	10,8	155,9	38,5

Гибрид Мажор F₁ не показал положительных результатов ни на одном из представленных вариантов и продемонстрировал самые низкие показатели урожайности.

Так, на контрольном варианте при средней массе 168,0 г процент товарности составил 65,1 %. При таких показателях товарная урожайность – 24,6 т/га (таблица 1).

По результатам полученных данных экономической эффективности, представленной в таблице 2, по возделыванию свеклы столовой было выделено следующее: у гибрида Кестрел F₁ все варианты опыта на фоне внесения минеральных удобрений N₁₂₀P₆₀K₆₀ в комплексе с некорневыми (листовыми) обработками оказались высокорентабельными.

Общие затраты у данного гибрида по вариантам обработок изменялись от 420,2 до 428,7 тыс. р. Себестоимость 1 тонны продукции от 7,4 до 8,8 тыс. р., чистый доход – от 293,8 до 433,1 тыс. р., рентабельность – от 69,9 до 102,7 %.

Максимальные показатели экономической эффективности у данного гибрида были получены на варианте с некорневой обработкой комплексным минеральным удобрением Бор. Так, общие затраты на данном варианте составили 421,9 тыс. р. при товарной урожайности 57,0, себестоимость 1 тонны продукции – 7,4 тыс. р. Чистый доход составил 433,1 тыс. р. на 1 га, рентабельность – 102,7 % (таблица 2).

Выводы:

1. В ходе полученных экспериментальных данных было выявлено, что использование некорневой подкормки препаратом Бор оказывало существенное влияние на формирование максимальных уровней урожайности свеклы столовой.

2. Анализируя представленные данные, авторы доказали преимущество варианта с обработкой препаратом Бор у гибрида свеклы столовой Кестрел F1 с максимальным уровнем урожайности 57,0 т/га.

3. По итогам полученных данных экономической эффективности по возделыванию свеклы столовой был выделен гибрид Кестрел F₁ по всем вариантам опыта на фоне внесения минеральных удобрений N₁₂₀P₆₀K₆₀ в комплексе с некорневыми (листовыми) обработками, которые оказались высокорентабельными.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Продуктивность овощных культур при капельном поливе в условиях Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 161-167.
2. Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Эффективность использования ростостимулирующих препаратов нового поколения при возделывании столовой свеклы в Нижнем Поволжье // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 3 (67). С. 48-52.
3. Влияние удобрений и регуляторов роста на урожайность и качество свёклы столовой в условиях нечерноземной зоны / А. А. Коломиец, В. А. Борисов, И. Ю. Васючков, О. Н. Успенская // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. С. 66-69.
4. Влияние хлористого калия на урожай и качество продукции в овощных севооборотах на окультуренных почвах юга Приморья / Н. А. Сакара, В. Г. Колодкин, Т. С. Тарасова, В. И. Ознобихин, Н. В. Кольев // Вестник ДВО РАН. 2018. № 3. С. 27-34.
5. 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.
6. Малхасян А. Б. Урожайность и качество продукции сортов свеклы столовой в условиях Псковской области // Известия Великолукской ГСХА. 2018. № 2. С. 8-13.
7. Устойчивость современных сортов и гибридов свеклы столовой к болезням при длительном хранении / В. А. Борисов, Л. М. Соколова, Н. А. Фильрозе, С. А. Масловский, М. Е. Замятина // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 140 (06). С. 1-8.
8. Хизанейшвили Н. Э. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность корнеплодов столовой свеклы, их качество и вынос элементов питания // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. С. 94-98.
9. Хизанейшвили Н. Э., Полховская И. В. Экономическая эффективность возделывания столовой свеклы и моркови при применении макро-, микроудобрений и регулятора роста экосил на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 4. С. 69-72.
10. Эффективность некорневых подкормок жидкими микроудобрениями МикроСтим при возделывании сельскохозяйственных культур на дерново-подзолистых почвах / М. В. Рак [и др.] // Почвоведение и агрохимия. 2018. № 1 (60). С. 180-192.

11. Factor Thiago Yield and quality of table beet in function of plant establishment method and production system // Acta Horticulturae. 2019. P. 37-42.

12. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries 2018. Vol. 13. No 3. P. 232-240.

13. Pushkarev V., Korabukhin Yu. Table beet productivity depending on herbicides // Norwegian Journal of development of the International Science. 2021. № 64. Pp. 3-5.

Информация об авторах

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-05

TESTING OF BIOLOGICAL PRODUCTS ON CROPS VARIOUS TYPES OF LEGUMES DURING IRRIGATION

**T. N. Dronova, N. I. Burtseva, E. I. Molokantseva,
S. V. Zemlyanitsyna, I. P. Ivina**

Federal State Budget Scientific Institution

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

Received 19.04.2023

Submitted 10.05.2023

The research was carried out within the framework of the research topic 2022-2024. "To develop a system of field forage production on irrigated lands when realizing the biological potential of feed agrophytocenoses in order to provide livestock with high-quality balanced feed for the reproduction of soil fertility." Topic No. FNFR-2022-0004.

Abstract

Introduction. Perennial legumes solve the most important problem of modern agriculture: providing plant protein to animals and maintaining soil fertility. Due to symbiosis with nodule bacteria, up to 270 kg/ha of biological nitrogen is accumulated annually in the rhizosphere of the studied perennial legumes, which is used for the growth and development of plants, as well as replenishment of soil reserves. In this regard, the strengthening of symbiotic nitrogen fixation through the use of modern microbiological preparations has acquired particular relevance and importance for agricultural production. The purpose of the research conducted by VNIIOZ is to determine the effect of modern biological preparations on the symbiotic activity of perennial legumes and their productivity in irrigation conditions. **Object.** The object of the research is leguminous herbs: alfalfa, clover, sainfoin, birdsfoot, goat's rue. **Materials and methods.** Seed treatment with biological preparations was carried out immediately before sowing. The background of nutrition is natural, without fertilization. Soil moisture was maintained by irrigation with a decrease in pre-watering humidity to 70% HB. Observations of the growth, development of plants and the symbiotic activity of legumes were carried out in accordance with generally accepted methods. **Results and conclusions.** It has been established that pre-sowing treatment of legume seeds with biological preparations increases their nitrogen-fixing ability and productivity. The use of rhizotorphin, humariz, agrica with the addition of azotobacter and trace elements contributed to an increase in the number of nodules on the roots to 56-77 pcs./ rast. (on control without treatment - 35-46 pcs.). The yield of green mass on average for 2 and 3 years of life was 30.8-44.9 t / ha, the increase in control ranged from 6.8 to 29.3%. Chemical analysis of plant samples confirmed the positive effect of biological preparations on the content of nutrients: compared with the control, protein indicators were higher by 1.9-6.5%, fat – 0.14-0.58%. The fiber content in plants decreased by 1.5-4.5% when using drugs. The treatment of seeds with rhizotorphin contributed to the maximum productivity of grasses: 8.2-11.0 t/ha of dry matter, 6.5-7.4 – fodder units, 1.3-2.1 t/ha of crude protein and 84-111 GJ/ha of exchange energy.

Key words: *alfalfa, clover, sainfoin, birdsfoot, goat's rue, symbiosis, microbiological preparations, productivity.*

Citation: [Dronova T. N.], Burtseva N. I. Molokantseva E. I., Zemlyanitsyna S. V. Ivina I. P. Testing of biological products on crops various types of legumes during irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 48-56 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-05.

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

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

УДК 633.31/.37:579.64

ТЕСТИРОВАНИЕ БИОПРЕПАРАТОВ НА ПОСЕВАХ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ БОБОВЫХ ТРАВ ПРИ ОРОШЕНИИ

Т. Н. Дронова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. И. Бурцева, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. И. Молоканцева, кандидат сельскохозяйственных наук

С. В. Земляницына, младший научный сотрудник

И. П. Ивина, младший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 19.04.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022-2024 гг. «Разработать систему полевого кормопроизводства на орошаемых землях при реализации биологического потенциала кормовых агрофитоценозов в целях обеспечения животноводства высококачественными сбалансированными кормами при воспроизводстве почвенного плодородия». Тема № FNFR-2022-0004.

Актуальность. Многолетние бобовые культуры решают самую важную проблему современного сельского хозяйства – обеспечение растительным белком животных и поддержание плодородия почвы. Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями в ризосфере исследуемых многолетних бобовых культур ежегодно накапливается до 270 кг/га биологического азота, который используется для роста и развития растений, а также пополнения запасов почвы. В связи с этим усиление симбиотической азотфиксации путем использования современных микробиологических препаратов приобрело особую актуальность и важность для сельскохозяйственного производства. Целью исследований, проводимых ФГБНУ ВНИИОЗ, является определение влияния современных биологических препаратов на симбиотическую активность многолетних бобовых трав и их продуктивность в условиях орошения. **Объект** исследований – бобовые травы: люцерна, клевер, эспарцет, лядвенец и козлятник. **Материалы и методы.** Обработка семян биопрепаратами проводилась непосредственно перед посевом. Фон питания естественный, без внесения удобрений. Влажность почвы поддерживалась поливами при снижении предполивной влажности до 70 % НВ. Наблюдения за ростом, развитием растений и симбиотической деятельностью бобовых трав проводились в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты и выводы.** Установлено, что предпосевная обработка семян бобовых культур биопрепаратами повышает их азотфиксирующую способность и продуктивность. Использование ризоторфина, гумариза, агрики с добавлением азотобактера и микроэлементов способствовало увеличению количества клубеньков на корнях до 56-77 шт./раст. (на контроле без обработки – 35-46 шт.). Урожайность зеленой массы в среднем за 2 и 3 годы жизни составила 30,8-44,9 т/га, прибавка к контролю колебалась в пределах от 6,8 до 29,3%. Химический анализ растительных образцов подтвердил положительное влияние биопрепаратов на содержание элементов питания: по сравнению с контролем показатели протеина были выше на 1,9-6,5%, жира –

0,14-0,58 %. Содержание клетчатки в растениях при использовании препаратов снижалось на 1,5-4,5 %. Обработка семян ризоторфином способствовала получению максимальной продуктивности трав: 8,2-11,0 т/га сухого вещества, 6,5-7,4 – кормовых единиц, 1,3-2,1 т/га сырого протеина и 84-111 ГДж/га обменной энергии.

Ключевые слова: бобовые травы, посевы бобовых трав, технологии возделывания бобовых трав, агротехника бобовых трав.

Цитирование: Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земляницына С. В., Ивина И. П. Тестирование биопрепаратов на посевах различных видов бобовых трав при орошении. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 48-56. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-05.

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. Многолетние бобовые культуры активно участвуют в сельскохозяйственном производстве и способны обеспечить высокую и стабильную продуктивность, ресурсосбережение, сохранение и улучшение плодородия почвы [4, 9]. Корни бобовых содержат значительное количество азота, фосфора, калия, кальция и других элементов, которые высвобождаются в почву при разложении и служат носителем питательных веществ для последующих культур. Бобовые ускоряют разложение органических веществ в почве, активизируя микробиологические процессы. В ризосфере многолетних бобовых трав сосредоточены полезные микроорганизмы, которые увеличивают период использования трав и поддерживают высокую продуктивность [6, 10, 11].

Обитающие в почве бактерии могут терять свои полезные свойства из-за негативного воздействия засухи, очень высоких или очень низких температур, пестицидов и т.д. Поэтому использование инокулянтов является важным технологическим фактором при выращивании бобовых трав. Основная их ценность заключается в способности усиливать фиксацию азота, тем самым стимулировать рост и развитие растений. Образуя симбиозы с бобовыми культурами, микроорганизмы помогают растениям накапливать и поглощать биологический азот. Они также производят биологически активные вещества, которые способствуют развитию растений, повышают их жизнеспособность и способность противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды. В свою очередь, бобовые обеспечивают эти бактерии необходимыми продуктами для их роста и развития [1, 2, 5].

Многие ученые считают, что наиболее эффективным способом увеличения и усиления симбиотических процессов у бобовых трав является использование микробиологических препаратов для предпосевной обработки семян [3, 8, 12]. В связи с этим актуальны вопросы применения современных биопрепаратов при посеве бобовых культур.

Цель исследований – изучение влияния микробиологических препаратов производства ООО «Биофабрика» на формирование симбиотического потенциала бобовых трав, возделываемых на орошаемых землях.

Материалы и методы. Работу выполняли в 2020-2022 гг. на опытном поле ФГБНУ ВНИИОЗ. Почва участка низко гумусирована (1,73 %) с содержанием азота в пахотном слое 21-23 мг/кг, подвижного фосфора – 22-25 мг и обменного калия – 230-270 мг/кг.

Объектом исследований служили пять бобовых культур: люцерна синегибридная, эспарцет песчаный, клевер луговой, козлятник восточный и лядвенец рогатый. Семена трав перед посевом обрабатывали жидкими биопрепаратами производства ООО «Биофабрика» (г. Кузнецк): Ризоторфин Б, Гумариз, Агрика, Агрика с азотобактером и микроэлементами, Агрика с микроэлементами и псевдомонадами, Агрика с микроэлементами. Контролем служили варианты без обработки семян перед посевом. Возделывали

вание трав происходило на естественном фоне питания без внесения удобрений. При снижении влажности почвы до 70 % НВ проводились вегетационные поливы нормой 450 м³/га. Наблюдения за ростом и развитием бобовых растений и их симбиотической деятельностью, учет урожая проводились по общепринятым методикам: «Методика полевого опыта в условиях орошения» (Волгоград: ВНИИОЗ, 1983) и «Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» (М., 1997). Статистическую обработку данных проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение. Зимний период 2021-2022 гг. был благоприятным для перезимовки бобовых культур. Отрастание трав второго и третьего года жизни (люцерны, эспарцета) наблюдалось 2-4 апреля, а клевера, лядвенца и козлятника – 7-9 апреля. Во всех вариантах опыта бобовые растения быстро развивались, активно шло нарастание травостоя.

На способность бобовых культур фиксировать атмосферный азот влияют биологические особенности видов и сортов трав. Их активная симбиотическая деятельность наблюдается при создании благоприятных условий: поддержании влажности почвы не ниже 80 % НВ и температуре пахотного слоя в пределах 20-26 °С. Отклонение в сторону увеличения или снижения этих показателей негативно сказывается на развитии симбиотического аппарата [7, 9, 13]. При благоприятных условиях бобовые травы за счет симбиоза способны усвоить за вегетационный период до 310-390 кг/га азота воздуха. В Средней Азии, Казахстане в условиях орошения посевы люцерны усваивают до 570, а в Западной Европе – до 600 кг/га азота [2].

Наши исследования показали, что максимальное количество клубеньков образовывалось на корнях растений второго года жизни в вариантах с применением биопрепаратов: от 61 до 77 клуб./раст. – на корнях люцерны, от 58 до 75 – эспарцета, 55-70 – лядвенца, 53-67 – клевера и 57-77 шт./раст. – на корнях козлятника. На контрольном варианте количество клубеньков в расчете на 1 растение составило соответственно 46, 42, 35, 38 и 44 штуки (рисунок).

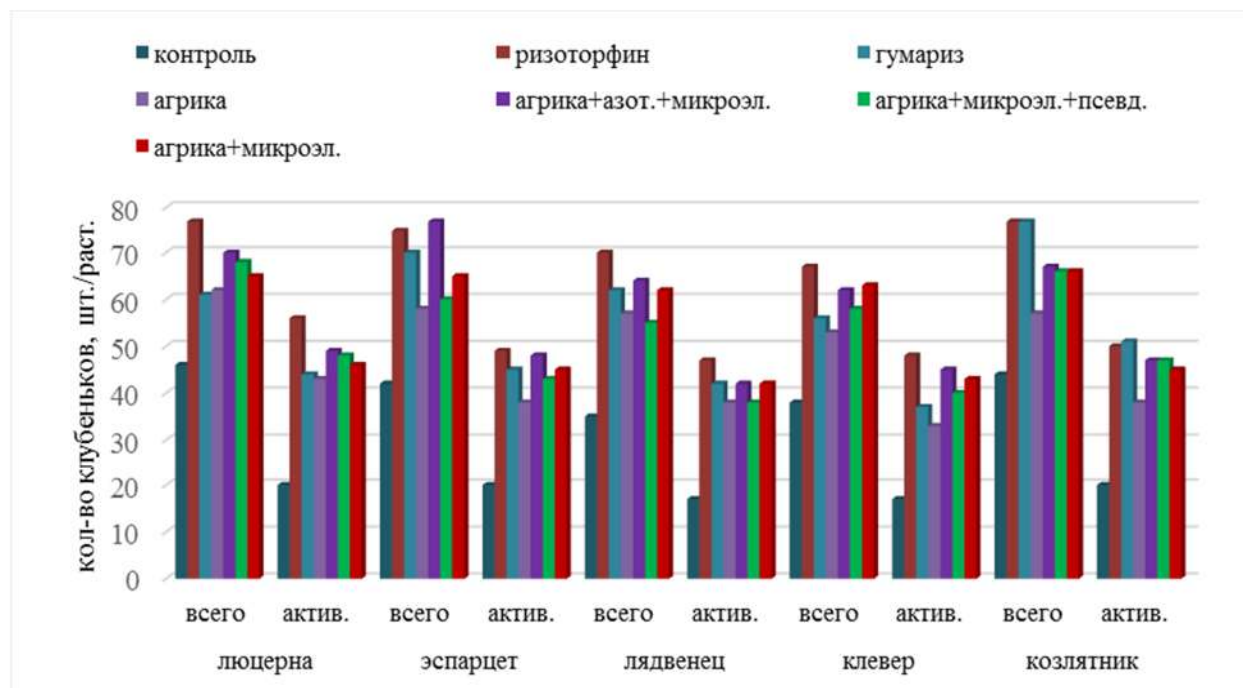


Рисунок – Симбиотический потенциал многолетних бобовых трав второго года жизни, 2022 г.

Figure – Symbiotic potential of perennial legumes of the second year of life, 2022

Максимальное количество активных клубеньков в вариантах применения био-препаратов было отмечено у люцерны и клевера: в среднем 68,2-70,8 % от общего их числа, у эспарцета, лядвенца и козлятника – 66,2, 67,2 и 68,2 % соответственно. На контроле доля активных клубеньков равнялась 43-48 %.

В третий год жизни общий симбиотический потенциал в контрольном варианте на люцерне составил 45, а в вариантах с использованием препаратов – 58-65, клевера, соответственно, 36 и 48-60, козлятника – 39 и 50-62, эспарцета – 42 и 59-72, лядвенца – 31 и 44-52. Активный симбиотический потенциал составил от общего 55-67 % – у люцерны и козлятника, 65-72 – эспарцета и клевера и 48-52 % – лядвенца. На контрольных вариантах эти показатели были ниже – 44-51 %.

Следует отметить, что максимальное количество клубеньков фиксировалось на корнях растений разных видов на вариантах с обработкой семян ризоторфином, гумаризом, агрикой с азотобактером и микроэлементами, агрикой с микроэлементами: 52-72, 48-65, 48-64 и 45-65 шт./раст., в том числе количество активных изменялось от 26 до 49, 23-47, 24-44 и 23-45 штук.

Бобовые травы второго и третьего года жизни сформировали за вегетацию 3 укоса. Анализируя влияние применяемых в опыте биопрепаратов на продуктивность бобовых культур, отмечаем, что их использование положительно сказывалось на увеличении урожая: по вариантам обработки семян урожайность зеленой массы люцерны изменялась от 37,0 до 41,9 т/га, эспарцета – 37,7-44,9, лядвенца – 33,7-38,7, клевера – 33,7-39,9, козлятника – 28,8-33,7 т/га. На контрольных вариантах урожайность люцерны составила 32,4, эспарцета – 36,8, лядвенца – 32,3, клевера – 30,0, козлятника – 26,6 т/га зеленой массы (таблица 1).

Таблица 1 – Биологическая урожайность многолетних бобовых трав
прошлых лет жизни, т/га зеленой массы, 2022 г.

Table 1 – Biological yield of perennial legumes of past years of life, t/ha of green mass, 2022

Препарат (фактор В)	2 г. ж.	3 г. ж.	среднее	прибавка к контролю, %
1	2	3	4	5
Люцерна (фактор А)				
Контроль	31,9	32,9	32,4	-
Ризоторфин Б	43,2	40,6	41,9	29,3
Гумариз	41,7	38,0	39,8	22,8
Агрика	39,2	34,9	37,0	14,2
Агрика + азотобактер + микроэлементы	39,4	37,8	38,6	19,1
Агрика + микроэлементы + псевдомонады	40,3	37,7	39,0	20,3
Агрика + микроэлементы	40,4	38,6	39,8	22,8
Эспарцет (фактор А)				
Контроль	37,1	36,6	36,8	-
Ризоторфин Б	45,9	44,0	44,9	22,0
Гумариз	43,1	42,8	42,9	16,6
Агрика	38,1	37,4	37,7	2,4
Агрика + азотобактер + микроэлементы	39,8	38,8	39,3	6,8
Агрика + микроэлементы + псевдомонады	39,0	39,0	39,0	6,0
Агрика + микроэлементы	39,7	38,8	39,2	6,5
Лядвенец (фактор А)				
Контроль	33,6	31,1	32,3	-
Ризоторфин Б	38,6	38,9	38,7	19,8

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
Гумариз	37,0	34,8	35,9	11,1
Агрика	35,4	32,0	33,7	4,3
Агрика + азотобактер + микроэлементы	36,6	36,6	36,6	13,3
Агрика + микроэлементы + псевдомонады	34,2	33,9	34,0	5,3
Агрика + микроэлементы	36,7	37,9	37,3	15,4
Клевер (фактор А)				
Контроль	28,6	31,4	30,0	-
Ризоторфин Б	39,3	40,5	39,9	33,0
Гумариз	37,6	38,2	37,9	26,3
Агрика	35,2	32,2	33,7	12,3
Агрика + азотобактер + микроэлементы	36,6	35,4	36,0	20,0
Агрика + микроэлементы + псевдомонады	37,2	33,6	35,4	18,0
Агрика + микроэлементы	33,8	37,4	35,6	18,7
Козлятник (фактор А)				
Контроль	26,7	26,6	26,6	-
Ризоторфин Б	34,8	32,7	33,7	26,6
Гумариз	33,0	30,4	31,7	19,1
Агрика	29,6	28,0	28,8	8,2
Агрика + азотобактер + микроэлементы	32,3	29,4	30,8	15,7
Агрика + микроэлементы + псевдомонады	30,6	30,0	30,3	13,9
Агрика + микроэлементы	31,2	30,8	31,0	16,5
НСР ₀₅	А – 1,4 В – 2,5	2,6 3,2		

При анализе химического состава растительной массы бобовых трав наблюдались изменения в содержании элементов питания в образцах в зависимости от применяемых препаратов. Содержание протеина в биомассе изучаемых бобовых культур по сравнению с контролем было выше на 1,1-2,8 % у люцерны, клевера и эспарцета, на 1,9-6,5 % – у лядвенца и козлятника. Содержание в образцах жира, главного энергетического элемента питания, было выше по сравнению с контролем на 0,14-0,58 %. Предпосевная обработка семян биопрепаратами способствовала снижению количества клетчатки в растениях на 1,5-4,5 % (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние биопрепаратов на химический состав трав третьего года жизни, 2022 г.

Table 2 – The effect of biological products on the chemical composition of herbs of the third year of life, 2022

Культура	Препарат	Содержание в сухой массе, %		
		протеин	жир	клетчатка
1	2	3	4	5
Люцерна	Контроль	18,6	2,09	24,8
	Ризоторфин Б	20,5	2,28	21,6
	Гумариз	20,5	2,27	21,6
	Агрика + азотобактер + микроэлементы	21,4	2,29	21,8
Эспарцет	Контроль	15,2	2,50	24,1
	Ризоторфин Б	16,4	2,60	21,6
	Гумариз	16,8	3,08	21,6
	Агрика + азотобактер + микроэлементы	16,1	2,64	21,6
Лядвенец	Контроль	15,5	3,53	21,5
	Ризоторфин Б	17,4	3,58	20,0
	Гумариз	20,9	3,55	18,8
	Агрика + азотобактер + микроэлементы	18,8	3,43	19,1

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
Клевер	Контроль	19,7	2,90	22,7
	Ризоторфин Б	21,1	3,02	19,4
	Гумариз	20,8	3,09	20,3
	Агрика + азотобактер + микроэлементы	20,9	2,93	20,3
Козлятник	Контроль	13,1	2,57	24,7
	Ризоторфин Б	15,8	2,92	20,8
	Гумариз	19,3	2,84	22,4
	Агрика + азотобактер + микроэлементы	19,6	2,77	20,2

Повышенный сбор сухой массы, кормовых единиц, протеина и обменной энергии отмечался в вариантах с использованием биопрепаратов для предпосевной обработки семян бобовых культур. Максимальные показатели продуктивности трав зафиксированы в варианте с использованием ризоторфина Б: сбор сухой массы превышал контроль на 1,6-2,0 т/га, кормовых единиц – 1,4-2,0, сырого протеина – 0,4-0,6 т/га, обменной энергии – 20,0-27,5 ГДж/га (таблица 3).

Таблица 3 – Продуктивность бобовых культур третьего года жизни в зависимости от используемых биопрепаратов, 2022 г.

Table 3 – Productivity of legumes of the third year of life, depending on the biological products used, 2022

Препарат	Культура				
	люцерна	эспарцет	лядвенец	клевер	козлятник
Сухое вещество, т/га					
Контроль	8,2	9,1	7,8	7,8	6,6
Ризоторфин Б	10,2	11,0	9,7	10,1	8,2
Гумариз	9,5	10,7	8,7	9,5	7,6
Агрика + азотобактер + микроэлементы	9,4	9,7	9,2	8,9	7,4
Кормовые единицы, т/га					
Контроль	4,8	5,3	5,8	5,5	5,0
Ризоторфин Б	6,4	6,7	7,4	7,5	6,5
Гумариз	6,0	6,6	6,7	6,9	5,8
Агрика + азотобактер + микроэлементы	5,8	5,9	7,1	6,5	5,9
Сырой протеин, т/га					
Контроль	1,5	1,4	1,2	1,5	0,9
Ризоторфин Б	2,1	1,8	1,7	2,1	1,3
Гумариз	1,9	1,8	1,8	2,0	1,5
Агрика + азотобактер + микроэлементы	2,0	1,6	1,7	1,9	1,5
Обменная энергия, ГДж/га					
Контроль	79,4	89,0	79,1	77,8	64,0
Ризоторфин Б	103,3	111,4	100,4	105,3	84,0
Гумариз	96,2	108,4	91,5	97,9	76,1
Агрика + азотобактер + микроэлементы	94,9	98,0	96,3	91,6	76,4

Выводы. При возделывании бобовых трав эффективна предпосевная обработка семян биопрепаратами, повышающими азотфиксирующую способность и продуктивность бобовых культур. В условиях Нижнего Поволжья на орошаемых землях наибольший эффект от обработки семян был получен в вариантах применения ризоторфина, гумариза, агрики с азотобактером и микроэлементами: количество клубеньков на корнях изучаемых культур составило 56-77 шт./раст., на контрольных вариантах –

35-46, урожайность зеленой массы – 30,8-44,9 т/га против 26,6-36,8 – на контроле. При обработке семян ризоторфином была получена максимальная продуктивность трав: 8,2-11,0 т/га сухого вещества, 6,5-7,4 – кормовых единиц, 1,3-2,1 т/га сырого протеина и 84,0-111,4 ГДж/га обменной энергии.

Библиографический список

1. Высокоэффективные штаммы клубеньковых бактерий люцерны (*Medicago varia* L.): молекулярно-генетическая характеристика и использование в сопряженной селекции / М. Л. Румянцева, М. Е. Владимирова, В. С. Мунтян [и др.] // Сельскохозяйственная биология. 2019. Т. 54. № 6. С. 1306-1323.
2. Козырева М. Ю., Басиева Л. Ж. Влияние препаратов клубеньковых бактерий на урожайность и белковую продуктивность посевов люцерны в условиях предгорной зоны РСО-Алания // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 32-42.
3. Лазарев Н. Н., Стародубцева А. М. Влияние инокуляции на продуктивность различных сортов люцерны изменчивой и клевера лугового // Кормопроизводство. 2018. № 1. С. 25-28.
4. Оценка эффективности факторов биологизации в земледелии Уральского региона / Н. Н. Зенин, М. А. Намятов, П. А. Постников, Ю. Н. Зубарев // Пермский аграрный вестник. 2019. № 1 (25). С. 34-41.
5. Применение биопрепаратов, регуляторов роста и комплексных удобрений в технологии возделывания кормовых и лекарственных культур / А. Н. Кшникаткина, А. А. Галиуллин, С. А. Кшникаткин, П. Г. Аленин, И. А. Воронова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2018. Т. 20. № 5-2 (85). С. 234-240.
6. Степанов А. Ф., Храмов С. Ю. Использование биопрепаратов для повышения азотфиксирующей способности и продуктивности люцерны на серой лесной почве в Западной Сибири // Вестник Омского ГАУ. 2022. № 1 (45). С. 36-44.
7. Тимошкина О. Ю., Тимошкин О. А. Симбиотическая азотфиксация у донника двулетнего при разных приемах возделывания // Достижение науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 11. С. 49-52.
8. Шкодина Е. П., Дегунова Н. Б. Применение биопрепаратов на люцерне изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в условиях северо-запада Российской Федерации // Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017. Вып. 4 (172). С. 90-95.
9. Эффективность использования биопрепаратов при возделывании многолетних бобовых трав / Т. Н. Дронова, Н. И. Бурцева, О. И. Двойникова, И. П. Земцова, С. В. Земляничина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 41-50.
10. Development of Liquid Rhizobial Inoculants and Pre-Inoculation of Alfalfa Seeds / A. V. Buntic, O. S. Stajkovic-Srbimovic, M. M. Knezevic, D. Z. Kuzmanovic, N. V. Rasulic, D. I. Delic // Archives of Biological Sciences. 2019. V. 71 (2). P. 379-387.
11. Effect of the cultivation technology elements on the activation of plant microbe symbiosis and the nitrogen transformation processes in alfalfa agrocoenoses / I. M. Didur [et al.] // Modern Phytomorphology. 2019. № 13. P. 30-34.
12. Improvement of Alfalfa Growth under Water Stress By Inoculation With Sinorhizobium Meliloti Strains From the Algerian Sahara / A. Salim, H. Cheloufi, S. Attab, N. Bouras // International Journal of Sciences and Research. 2019. V. 75 (7/1). P. 35-40.
13. Transcriptomic changes in *Medicago truncatula* and *Lotus japonicus* root nodules during drought stress / I. Sanko-Sawczenko [et al.] // International journal of molecular sciences. 2019. V. 20 (5). P. 1204

Информация об авторах:

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

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

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

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

Ивина Ирина Павловна, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8349-1084>, e-mail: ivinai@bk.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-06

CONDITION AND STRUCTURE OF AGRICULTURAL LAND AT THE JULUB LANDFILL IN MAYSAN PROVINCE (IRAQ)

E.A. Ivantsova¹, M.R.A. Al-Chaabawi^{1,2}, D.A. Solodovnikov¹

¹*Volgograd State University, Volgograd, Russia*

²*University of Misan College of Agriculture, Iraq*

Received 27.03.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

Based on the interpretation of ultra-high resolution satellite images, an assessment of the current state and structure of agricultural land at the Julub landfill in Maysan province (Iraq) is given. It has been established that prolonged anthropogenic impact in the agricultural landscapes of the studied territory has led to the degradation of the soil cover; most of the unused lands are highly saline and unsuitable for growing crops.

Abstract

Introduction. The condition and structure of agricultural lands in the Julub region, located in the southern part of the Maysan province, is primarily due to the conditions determining their use for agricultural production. The achievement of the research goal - determining the current state and structure of agricultural land at the Julub landfill is due to the solution of the urgent task of identifying relevant spatial data based on the decoding of satellite images, which provides an assessment of the potential of agricultural production, determining ways to prevent the development of degradation of agricultural land and the development of plans for the return of degraded land into economic circulation. The object of research is the Julub landfill, with an area of 1724.4 hectares, which is located in the floodplain of the Tigris and Nahr-el-Majaria rivers. **Materials and methods.** The development of cartographic layers of agricultural land includes: de-encryption of satellite images; standardization of agricultural land; extrapolation of the results of decryption to similar land; field control of the results; creation of cartographic layouts. The methods of complex analysis of agricultural landscapes are based on the technology of geoinformation mapping of their condition and structure using high- and ultra-high-resolution satellite images, which provide the definition of the spatial distribution of both cultivated fields and areas in fields subject to degradation; the definition of conditions for all sites and is the basis for the introduction of resource-saving technologies in agricultural production. **Results and conclusions.** For the first time, the modern use and main characteristics of the sites on the territory of the landfill were established using geoinformation technologies and ultra-high resolution satellite images. Long-term anthropogenic impact during the economic use of the lands of the studied territory caused a change in the conditions of their functioning, which led to severe soil degradation. It was found that

the agricultural lands used occupy about 40% of the entire territory of the landfill, strong soil salting was noted on 9% of the area, decommissioned and overgrown with semi-shrubs and herbaceous plants 41.9% of the territory. There is no agroforestry development of the territory. Woody and shrubby vegetation mainly grows along the banks of irrigation and drainage channels.

Keywords: *spatial data, geoinformation technologies, satellite images, degradation, agricultural landscapes, Maysan province, Iraq*

Citation. Ivantsova E. A., Al-Chaabawi M. R. A., Solodovnikov D. A. Condition and structure of agricultural land at the Julub landfill in Maysan province (Iraq). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023.2(70). 56-65 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-06.

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

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

УДК 631.111.3:624.131.47:528.77

СОСТОЯНИЕ И СТРУКТУРА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ПОЛИГОНЕ ДЖУЛУБ В ПРОВИНЦИИ МАЙСАН (ИРАК)

Е.А. Иванцова¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

М.Р.А. Аль-Чаабави^{1,2}, аспирант

Д.А. Солодовников¹, кандидат географических наук, доцент

¹ ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет», г. Волгоград

² Сельскохозяйственный колледж Майсанского университета, Ирак

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Состояние и структура сельскохозяйственных угодий на полигоне Джулуб, расположенном в южной части провинции Майсан, в первую очередь обусловлены условиями, определяющими их использование для производства сельскохозяйственной продукции. Достижение цели исследования – определение современного состояния и структуры сельскохозяйственных угодий на полигоне Джулуб – обусловлено решением актуальной задачи выявления соответствующих пространственных данных на основе дешифрирования космических снимков, что обеспечивает оценку потенциала производства сельскохозяйственной продукции, определения путей предотвращения развития деградации сельскохозяйственных угодий и разработку планов по возвращению деградированных земель в хозяйственный оборот. **Объект исследований** – полигон Джулуб, площадью 1724,4 га, который расположен в пойме рек Тигр и Нахр-эль-Маджария. **Материалы и методы.** Разработка картографических слоев сельскохозяйственных угодий включает: дешифрирование космоснимков; эталонирование сельскохозяйственных угодий; экстраполяцию результатов дешифрирования на аналогичные угодья; полевой контроль результатов; создание картографических макетов. Методы комплексного анализа агроландшафтов основаны на технологии геоинформационного картографирования их состояния и структуры с использованием космоснимков высокого и сверхвысокого разрешения, которая обеспечивает определение пространственного размещения как обрабатываемых полей, так и участков на полях, подверженных деградации; определение условий для всех участков и является базой для внедрения ресурсосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве. **Результаты и выводы.** Впервые установлены современное использование и основные характеристики участков на территории полигона с использованием геоинформационных технологий и космоснимков сверхвысокого разрешения. Длительное антропогенное воздействие при хозяйственном использовании земель исследуемой территории вызвало изменение условий их функционирования, что привело к сильной деградации почвы. Установлено, что используемые сельскохозяйственные угодья занимают около 40% всей территории полигона, сильное засоление почв отмечено на 9% площади, выведено из использования и зарастает полукустарниками и травянистыми растениями 41,9 % территории. Агроресурсообеспечивающее обустройство территории отсутствует. Древесно-кустарниковая растительность в основном произрастает по берегам оросительных, дренажных каналов.

Ключевые слова: пространственные данные, геоинформационные технологии, космоснимки, деградация агроландшафтов, провинция Майсан, Ирак.

Цитирование. Иванцова Е. А., Аль-Чаабави М. Р. А., Солодовников Д. А. Состояние и структура сельскохозяйственных угодий на полигоне Джулуб в провинции Майсан (Ирак). *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 56-65. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-06.

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. Определение состояния и структуры земель сельскохозяйственного назначения как цель исследований актуально для решения задач оценки потенциала производства сельскохозяйственной продукции, определения путей предотвращения развития деградации сельскохозяйственных угодий и разработки планов по возвращению деградированных земель в хозяйственный оборот. В существующих природно-климатических и геоморфологических условиях при отсутствии мер по поддержанию плодородия почв развиваются дефляция, смыв и засоление почв. Такие процессы определяют потерю продуктивных земель для сельскохозяйственного производства [6, 11, 12].

Объект исследований – в основном равнинная с аллювиальными почвами и незначительной крутизной склонов территория полигона Джулуб, расположенная в междуречье рек Тигр и Нахр-эль-Маджария. Ранее установлено, что около 64% площади полигона занято обрабатываемыми полями, а оставшаяся часть представлена сильно засоленными и малопродуктивными участками, что привело к выводу их из использования и зарастанию полей [3, 13].

В работе представлены современные данные геоинформационных исследований сельскохозяйственных угодий с применением космоснимков на полигоне Джулуб, которые имеют теоретическое и практическое значение в плане определения особенностей функционирования сельскохозяйственных угодий на аллювиальной равнине Южной Месопотамии.

Материалы и методы. Оценка структуры и состояния сельскохозяйственных угодий необходима для определения условий функционирования сельскохозяйственных угодий на территории полигона Джулуб и осуществляется на основе пространственного геоинформационного анализа данных дистанционного зондирования Земли и полевой верификации результатов их дешифрирования.

Для обеспечения нулевой деградации земель, используемых для производства продукции, требуется применение технологий, позволяющих рационально использовать аграрные ресурсы [14], в частности использование научно-обоснованной смены сельскохозяйственных культур на полях, применение необходимого количества и номенклатуры удобрений участка с учетом уровня их деградации, использование влагосберегающих технологий, а также лесомелиоративное обустройство агроландшафтов.

Использование космоснимков сверхвысокого разрешения для оценки сельскохозяйственных земель обеспечивает получение достаточно полной информации об их состоянии на больших территориях, а также снижение объема наземных изысканий [9]. При проведении оценки земель сельскохозяйственного назначения необходимо определить вид, степень ухудшения состояния, а также пространственное распределение участков с признаками деградации [7]. Геоинформационное картографирование с распределением по уровням деградации земель проводится при анализе изображения космоснимков исследуемой территории в сопоставлении с крупномасштабной топографической основой и цифровой и с учетом геоморфологических характеристик цифровой модели рельефа.

Основы методики геоинформационного анализа состояния сельскохозяйственных угодий и их компонентов разработаны Б.В. Виноградовыми др. [2, 8, 10]. Геоинформационные программные комплексы (в т.ч. QGIS 3.30) являются основой для разработки тематических слоев, которые отражают характеристики участков агроландшафтов. Разработка картографических слоев сельскохозяйственных угодий включает: 1) дешифрирование космоснимков; 2) эталонирование сельскохозяйственных угодий; 3) экстраполяцию результатов дешифрирования на аналогичные угодья; 4) полевой контроль результатов; 5) создание картографических макетов.

В работах Е.А. Иванцовой, И.А. Комаровой [5], В.В. Новочадова, А.С. Рулева, В.Г. Юферева, Е.А. Иванцовой [4], М.Р.А. Аль-Чаабави, Е.А. Иванцовой, В.Г. Юферева [1] обоснованы способы разработки тематических карт земель сельскохозяйственного назначения. Тематическое картографирование состояния агроландшафтов проводится с использованием геоинформационного анализа растровых и векторных данных о структуре, пространственном размещении контуров участков, а также о наличии растительности на необрабатываемых участках. Картографирование дает возможность установить географические координаты полигонов исследований; геоморфологические особенности территории; площадь выделенных контуров и т.д.

Результаты и обсуждение. Полигон Джулуб (рисунок 1) общей площадью 1724 га располагается в административном районе Эль Джулуб провинции Майсан. Почвы исследуемой территории аллювиальные. Профиль рельефа на полигоне протяженностью 7,25 км (рисунок 2) построен на основе цифровой модели SRTM 3; его координаты составляют: от 31° 31' 49" N, 47° 24' 55" E до 31° 27' 50" N, 47° 24' 11" E.

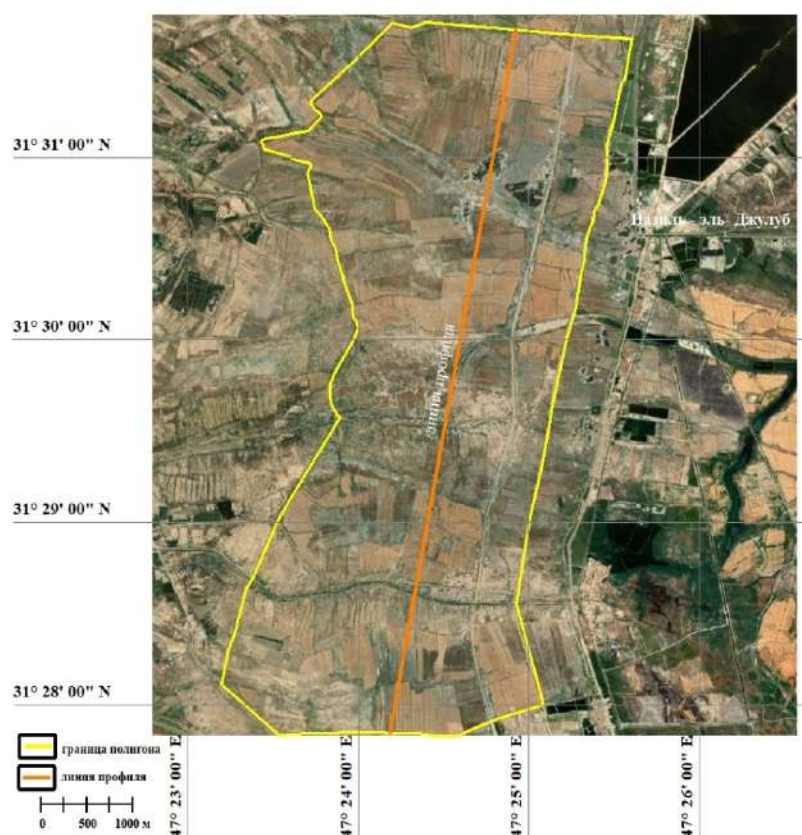


Рисунок 1 – Космокарта тестового полигона Джулуб

Figure 1 – The space map of the Julub test site

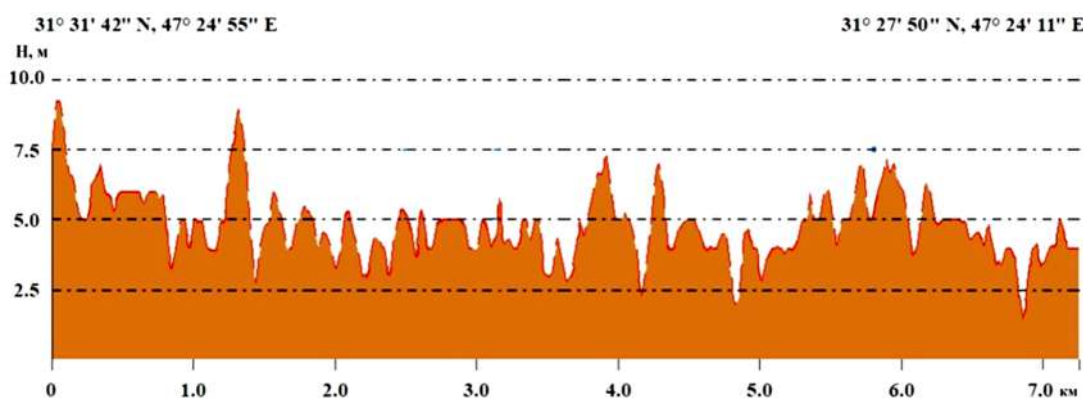


Рисунок 2 – Профиль рельефа на полигоне Джулуб

Figure 2 – Terrain profile at the Julub landfill

Визуализация трехмерной модели тестового полигона представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Визуализация трехмерной модели рельефа на территории полигона Джулуб с изолиниями высот рельефа

Figure 3 – Visualization of a three-dimensional relief model on the territory of the Julub polygon with isolines of relief heights

Построенная карта размещения полей (рисунок 4) дает возможность провести анализ использования земель исследуемого полигона и выявить структуру полей.

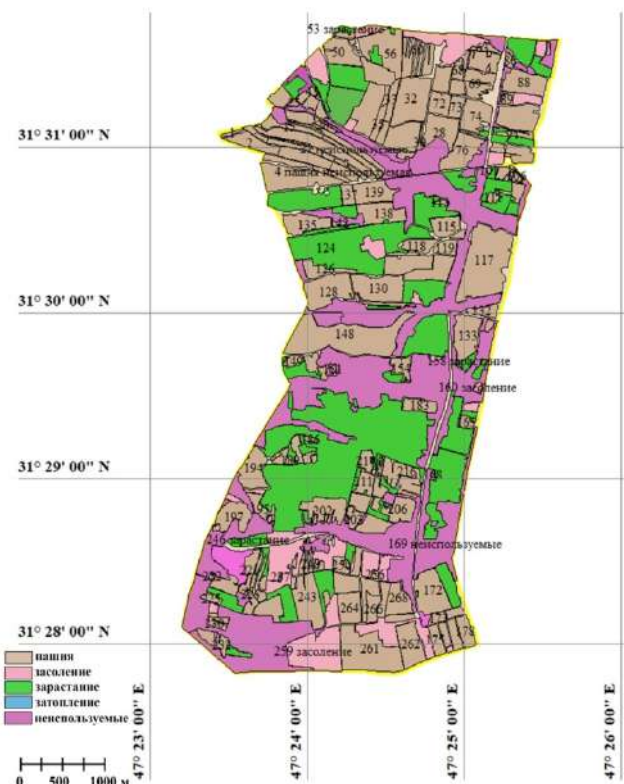


Рисунок 4 – Карта размещения и использования земель на полигоне Джулуб

Figure 4 – Map of the placement and use of land at the Julub landfill

Анализ данных космокарты позволил установить на территории наличие 271 участка общей площадью 1609 га. При этом выявлено, что используются для сельскохозяйственных целей 142 участка общей площадью 650 га, зарастают сорной растительностью 52 участка площадью 37638 га. Отмечена также большая доля территории с засоленными и выведенными из использования полями – 38 участков общей площадью 141,1 га.

На рисунке 5 показано распределение площади пашни по использованию сельскохозяйственных угодий тестового полигона Джулуб.

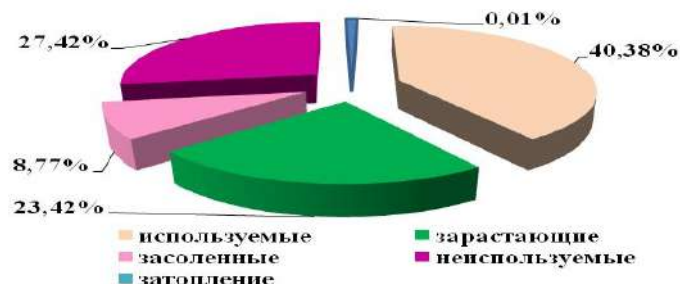


Рисунок 5 – Распределение площади использования земель на территории Тестового полигона Джулуб

Figure 5 – Distribution of the area of land use on the territory of the Julub test site

На рисунке 6 представлен космоснимок сверхвысокого разрешения М 1:400 участка № 199 исследуемого полигона с низкопродуктивными почвами и зарослями кустарника.



Рисунок 6 –Космоснимок сверхвысокого разрешения (М 1:400) участка с низкопродуктивными почвами, заросшего кустарниками (*Tamarixaphylla*), (спутник WorldView 3, февраль 2020 г.)

Figure 6 – Ultra-high resolution satellite image (M 1:400) of a plot with low-yielding soils overgrown with shrubs (*Tamarixaphylla*), (WorldView 3 satellite, February 2020)

Также на полигоне отмечается засоление и зарастание заброшенных, необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми сорными растениями (рисунки 7, 8).



Рисунок 7 –Космоснимок сверхвысокого разрешения засоленных и заросших участков пашни, заросшей полукустарниками и полукустарничками М 1:700 (спутникWorldView 3, февраль 2020 г.)

Figure 7 – Ultra-high resolution satellite image of saline and overgrown areas of arable land overgrown with semi-shrubs and semi-shrubs M 1:700 (WorldView 3 satellite, February 2020)



Рисунок 8 – Космоснимок сверхвысокого разрешения участков обработанной и заросшей полукустарниками и полукустарничками пашни М 1:649 (спутникWorldView 3, февраль 2020 г.)

Figure 8 – Ultra-high resolution satellite image of plots of arable land treated and overgrown with semi-shrubs and semi-shrubs M 1:649 (WorldView 3 satellite, February 2020)

На рисунке 9 представлена карта пространственного зарастания территории полигона полукустарниками и травянистыми растениями, преимущественно из ботанических родов *Salsola*, *Suaeda*.

Общая площадь зарастания составляет 674,1 га, или 41,9 % всей площади полигона.

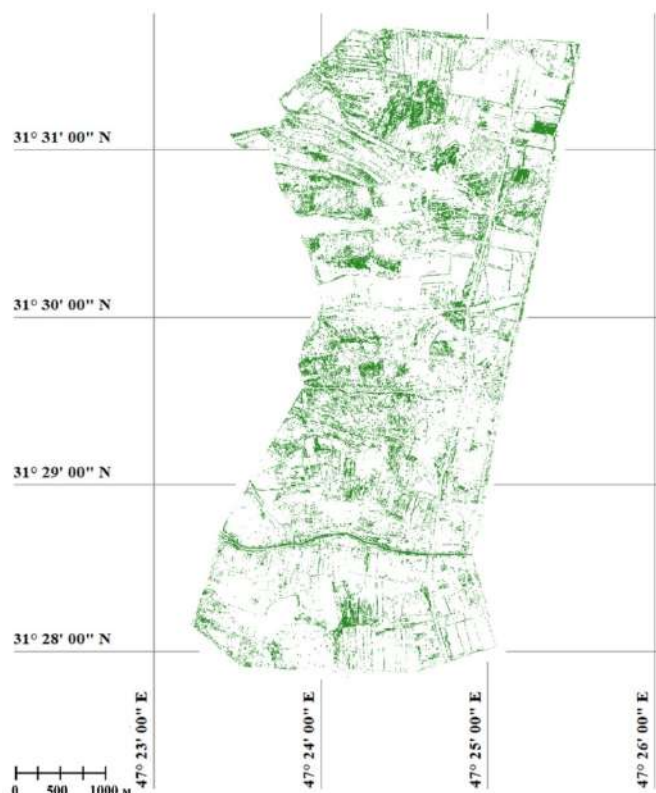


Рисунок 9 – Карта пространственного зарастания территории тестового полигонаДжулуб

Figure 9 – Map of spatial overgrowth of the territory of the Julub test site

Выводы. В результате геоинформационного анализа территории полигона Джулуб выявлены данные по распределению геоморфологических особенностей рельефа, установлены морфометрические характеристики сельскохозяйственных угодий, определено соотношение используемых и неиспользуемых участков для сельскохозяйственного производства.

Установлено, что древесно-кустарниковая растительность на территории исследуемого полигона в основном произрастает по берегам оросительных, дренажных каналов и по увлажненным понижениям. При этом также выявлено зарастание необрабатываемых полей полукустарниками и травянистыми растениями.

Агролесомелиоративные насаждения в целях обеспечения защиты полей от дефляции и водной эрозии на полигоне Джулуб отсутствуют. Имеются посадки древесных пород в виде плантаций финиковых пальм (преимущественно), хурмы восточной, апельсинов и др., которые размещаются вблизи оросительных каналов.

Основным видом деградации земель сельскохозяйственного назначения на территории полигона является засоление, которое связано с многолетним использованием систем оросительных каналов. Можно отметить, что большая часть неиспользуемых земель на территории исследований сильно засолена и непригодна для выращивания сельскохозяйственной продукции. Дефляция почв на исследуемых участках связана в основном с пыльными бурями, которые наносят существенный ущерб плодородию. Уточненная с учетом рельефа, почвенного покрова и современного экологического состояния исследуемой территории информация позволит эффективно планировать мероприятия по созданию защитных насаждений, фитомелиорации и другим мерам по борьбе с деградацией ландшафтов в пойме рек Тигр и Нахр-эль-Маджария.

Библиографический список

1. Аль-Чаабави М.Р.А., Иванцова Е.А., Юферев В.Г. Геоинформационный анализ состояния сельскохозяйственных земель на юге Ирака // Природные системы и ресурсы. 2022. Т. 12. № 1. С. 38-44.
2. Бирсланов А.Б., Шинкаренко С.С., Ганджиев И.Р. Картографирование и анализ сезонной динамики площадей опустынивания на севере Дагестана по ежемесячным композитам SENTINEL-2 // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2023. Т. 20. № 1. С. 160-175.
3. География Ирака. Природа, климат, население, флора и фауна Ирака // Gecont.ru: география, экономика, достопримечательности стран мира, 2010. <http://www.gecont.ru/articles/geo/iraq.htm>.
4. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России / В.В. Новочадов, А.С. Рулев, В.Г. Юферев, Е.А. Иванцова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (54). С. 151-158.
5. Иванцова Е.А., Комарова И.А. Использование геоинформационных технологий и космических снимков для анализа агроландшафтов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 357-366.
6. Кретинин В.М., Кулик К.Н., Кошелев А.В. Агролесомелиоративное почвоведение: развитие, достижения, задачи // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. №1. С. 23-26.
7. Кулик К.Н., Рулев А.С., Юферев В.Г. Геоинформационное моделирование структуры и динамики агролесоландшафтов // Экосистемы: экология, динамика. 2017. Т.1. № 2. С. 5-20.
8. Кулик К.Н., Кошелев А.В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 3 (27). С. 107-114.
9. Опыт разработки геоинформационной системы пойменных земель Донского бассейна / Д.А. Солодовников, С.С. Шинкаренко, Н.М. Хаванская, Н.А. Кукушкина // Юг России: экология, развитие. 2022. Т. 17. № 1 (62). С. 151-161.

10. Юфеев В.Г. Геоинформационный анализ использования земель аридных территорий для сельскохозяйственного производства // Научно-агрономический журнал. 2020. № 2 (109). С. 19 -24.

11. Area Handbook for Iraq / Harvey H. Smith, William Giloane, Nancy W. Al-Any, Irving Kaplan, Donald W. Bernier, Rinn-Sup Shinn, Frederica M. Bunge, Suzanne Teleki, Richard F. Nyrop, Newton B. Parker, Beryl L. Benderly. Washington: The American University, 2020. 415 p.

12. Desk Study on the Environment in Iraq. United Nations Environment Programme, 2018. 98 p.

13. National Report on Biodiversity in Iraq. Republic of Iraq, Ministry of Environment, July 2020. 153 p.

14. The use of remote sensing in soil and terrain mapping – A review / V. L. Mulder, S. de Bruin, M. E. Schaepman, T. R. Mayr // Geoderma. 2011. V. 162. No 1-2. P. 1-19.

Информация об авторах

Иванцова Елена Анатольевна, д.с.-х.н., профессор, директор института естественных наук, профессор кафедры экологии и природопользования. ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет. 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100. Тел. +79608776550, e-mail: ivantsova.volgu@mail.ru. (ORCID ID № 0000-0003-4265-9703).

Аль-Чаабави Мохаммед Рахима Абдуллах, аспирант кафедры экологии и природопользования. ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет. 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100. E-mail: ahmedrame513@gmail.ru

Солодовников Денис Анатольевич, к.г.н., доцент, заведующий кафедрой географии и картографии ФГАОУ ВО Волгоградский государственный университет. 400062, г. Волгоград, просп. Университетский, 100. Тел. +79047713033, e-mail: densolodovnikov@mail.ru (ORCID ID № 0000-0002-7635-912X)

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-07

DRAINAGE WATER TREATMENT IS AN IMPORTANT AREA OF WATER CONSERVATION IN IRRIGATED AGRICULTURE

L. V. Kireicheva¹, V. A. Suprun²

¹*All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation (VNIIGiM), Moscow*

²*Federal Scientific Centre of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (FSC of Agroecology RAS), Volgograd*

Received 01.04.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

The article presents the developed and implemented bioengineering facility for water treatment of drainage and waste water on the Sarpin rice system in the Republic of Kalmykia. The purification and reuse of such waters solves not only an environmental problem, but also an economic task – the conservation of water resources. The biosorption method, as the most natural and simplest, can be used in the water treatment of significant volumes of polluted low-mineralized wastewater, which will save significant water resources.

Abstract

Introduction. For the rational use of water resources, prevention of pollution of water bodies and degradation of components of the agricultural landscape, purification and reuse of drainage and waste water is required. This is especially acute in water-deficient regions, which include the Republic of Kalmykia, one of the driest regions of the country. The shortage of water resources is aggravated by the processes of land desertification on an area of 4.4 million hectares. **An object.** The object of research is the existing technologies and technical solutions for the treatment and desalination of wastewater and drainage waters. **Materials and methods.** The effectiveness of reducing mineralization and purification from biogenic substances was studied using a modern HI 8733 conductometer and determination of mineralization and chemical composition in a certified laboratory. **Results and conclusions.** Irrigated agriculture is a significant consumer of water resources, to a greater extent this applies to rice systems, the specifics of which are a large volume of drainage and waste water, which have increased mineralization and are polluted, which has a

negative impact on the environment. The purification and reuse of such waters solves not only an environmental problem, but also an economic task – the conservation of water resources. The present study is conducted on the topic of state task No. FNFE 2022-0004 "Reclamation complexes: assessment, condition control and process management using digital technologies".

Key words: *irrigation, drainage and waste water, water pollution, mineralization, water purification, environmental efficiency, bioengineering technology.*

Citation. Kireicheva L. V., Suprun V. A. Drainage water treatment is an important area of water conservation in irrigated agriculture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 65-71 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-07.

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

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

УДК 631.67

ОЧИСТКА ДРЕНАЖНЫХ ВОД – ВАЖНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВОДОСБЕРЕЖЕНИЯ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Л. В. Кирейчева¹, доктор технических наук, профессор
В. А. Супрун², кандидат технических наук

¹ ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова», г. Москва

² ФНБНУ «ФНЦ агроэкологии РАН», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 01.04.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Для рационального использования водных ресурсов, предотвращения загрязнения водных объектов и деградации компонентов агроландшафта требуется очистка и повторное использование дренажно-сбросных вод. Особенно остро это проявляется в водоемных регионах, к которым относится республика Калмыкия – один из самых засушливых регионов страны. Дефицит водных ресурсов усугубляется процессами опустынивания земель на площади 4,4 млн гектаров. **Объект исследований.** Объектом исследований являются существующие технологии и технические решения по очистке и обессоливанию сточных и дренажных вод. **Материалы и методы.** Изучалась эффективность снижения минерализации и очистки от биогенных веществ с использованием современного кондуктометра HI 8733 и определения минерализации и химического состава в аттестованной лаборатории. **Результаты и выводы.** Орошаемое земледелие является существенным потребителем водных ресурсов, в большей степени это относится к рисовым системам, спецификой которых является большой объем дренажно-сбросных вод, которые имеют повышенную минерализацию и загрязнены, что оказывает негативное влияние на окружающую среду. Очистка и повторное использование таких вод решает не только экологическую проблему, но и экономическую задачу – сбережение водных ресурсов. Настоящее исследование ведётся по теме государственного задания № FNFE 2022-0004 «Мелиоративные комплексы: оценка, контроль состояния и управление процессами с помощью цифровых технологий».

Ключевые слова: *орошение дренажными водами, дренажно-сбросные воды, загрязнение воды, минерализация воды, очистка воды, биоинженерные технологии.*

Цитирование. Кирейчева Л. В., Супрун В. А. Очистка дренажных вод – важное направление водосбережения в орошаемом земледелии. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 65-71. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-07.

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. Одним из современных вызовов в мире становится снижение объемов пресной воды и ухудшение ее качества. Экстремальное изменение климата на планете усугубляет проблему нехватки водных ресурсов для развития орошаемого земледелия, что приводит к региональным конфликтам и уязвимости некоторых регионов. Поэтому водосбережение во всех сферах человеческой деятельности – неизбежная мировая стратегия. В качестве дополнительного источника воды в орошаемом земледелии можно рассматривать сбросные воды с орошаемых полей и сточные воды сельскохозяйственных предприятий [1]. Опыт применения сточных вод на орошение достаточно распространён в Израиле, Иордании, Перу и других странах и поддерживается на государственном уровне. В развивающихся странах, где нет возможности вводить в строй дорогостоящие сооружения, этот ресурс используют после очистки гидроботаническим способом или без дополнительной водоподготовки. Применение сточных вод для орошения кормовых культур обеспечивает восполнение водных ресурсов для орошения в условиях их дефицита и приносит прибавку урожая зеленой массы кормовых культур за счет остаточного количества биогенных веществ. Но все-таки сдерживающим фактором остается неудовлетворительное качество воды из-за повышенной минерализации и присутствия загрязнителей, отрицательно влияющих на развитие сельскохозяйственных культур и почвенные показатели.

Загрязненные сточные воды образуются преимущественно на объектах животноводства, производственной структуры сельского хозяйства и в пределах орошаемого массива, составляющие значительный объем возвратных вод в орошаемом земледелии, к которым относятся дренажный сток. Дренажные воды, помимо биогенных загрязнителей, имеют еще и повышенную минерализацию, особенно на засоленных землях. Кроме того, в них присутствуют химические загрязнители, оказывающие вредное воздействие на окружающую среду, что представляет серьезную угрозу для природных экосистем [1]. Вместе с тем очищенные и подготовленные дренажные воды можно рассматривать как дополнительный источник водных ресурсов для повторного орошения и других целей использования в сельском хозяйстве. В обзорной литературе указываются возможные способы повторного использования подготовленных дренажных вод.

Выполненный анализ мировой практики показал, что в настоящее время разработано достаточно много простых и дешевых технических решений с использованием биологических методов очистки сточных вод от биогенных веществ, которые основаны на использовании высшей водной растительности для удаления органических загрязнителей, пестицидов и других поллютантов [6]. В Италии широко применяются биоинженерные сооружения (БИС) для очистки промышленных стоков от органических загрязнителей, в Германии аналогичные сооружения используются как составной элемент промышленных очистных установок. Опыт применения БИС в США показал, что при использовании макрофитов удаляется 60-90 % взвешенных веществ, 40-90 % соединений азота, 10-50 % соединений фосфора [5]. Однако существующие технологии мало пригодны для снижения минерализации и коррекции ионного состава, что устанавливается требованиями к качеству оросительных вод [7, 9].

Для обессоливания минерализованных вод требуется создание специальных высокотехнологических установок, использование большого объема расходных материалов и значительных энергетических затрат, а также наличие квалифицированного персонала, что трудно осуществимо непосредственно на оросительной системе или вблизи нее [4]. В настоящее время имеются технические решения и технологии проектирования сооружений для очистки сточных и дренажно-сбросных вод, использующие либо биологические, либо сорбционные методы [2, 5]. Поэтому была поставлена задача – для

маломинерализованных коллекторно-дренажных вод (до 5-6 г/л) разработать комбинированную технологию водоподготовки для орошения, включающую как биологическую очистку воды с помощью растительных сообществ, так и частичное обессоливание и очистку от химических веществ с применением сорбционных материалов как естественного, так и искусственного происхождения.

Материалы и методы. Объектом исследований являются существующие технологии и технические решения по очистке и обессоливанию сточных и дренажных вод. Исследования проводились в 2021 г. в Республике Калмыкия на Сарпинской рисовой оросительной системе площадью 3300 га. Забор воды из реки Волга на Сарпинскую оросительно-обводнительную систему (СООС) составил 159 865 тыс. м³ в год, из них объем сбросных вод – 17 883 тыс. м³ в год или 11 % от водозабора. В период затопления риса подаваемая из источника вода имеет минерализацию 0,7-1,2 г/л гидрокарбонатно-кальциевого состава. А дренажно-сбросные воды (ДСВ), поступающие с рисовой системы уже в весенний период имеют минерализацию 4-5 г/л, а к концу вегетации и во вневегетационный период содержание солей возрастает до 5-6 г/л при преобладании ионов хлора, сульфата и натрия (таблица 1).

Таблица 1 – Химический анализ воды в сбросном канале после насосной станции (НС-9), 2019 год [2]

Table 1 – Chemical analysis of water in the discharge channel after the pumping station (NS-9), 2019 [2]

Сезон	Концентрация ионов, г/л							Сумма солей, г/л	pH
	CO ₂ -	HCO ₃ -	Cl-	SO ₄ --	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
Начало вегетации	0,006	0,488	0,9	1,896	0,410	0,198	0,835	4,742	8,3
Летний период	-	0,268	0,17	2,664	0,320	0,222	0,694	4,338	8,2
Конец вегетации	-	0,189	0,81	2,464	0,360	0,320	1,132	5,1	8,3

Изучалась эффективность снижения минерализации и очистки от биогенных веществ с использованием современного кондуктометра HI 8733 и определения минерализации и химического состава в аттестованной лаборатории.

В соответствии с поставленной задачей применительно к качеству ДСВ Сарпинской системы была разработана конструкция биосорбционного сооружения (БСС) и подобраны ВВР и сорбенты, обеспечивающие комбинированную очистку и снижение минерализации [2]. В качестве ВВР были выбраны местные дикоросы: рогоз (*Typha latifolia*), осока обыкновенная (*Carex nigra*), клубнекамыш (*Bolboschoenus*), ежовник рисовидный (*Echinochloa oryzoides*). При выборе сорбционных материалов для повышения сорбционной емкости учитывались механизм сорбции и поглощательная способность вещества, а также наличие в составе сорбентов кальцийсодержащих веществ для корректировки ионного состава воды. На основе определения статической и динамической емкости из 9 исследуемых сорбентов были выбраны три, соответствующие поставленной задаче: диатомитовый порошок NDP-600, обладающий из-за тонкого помола большой удельной поверхностью, агроионит с ярко выраженными ионно-обменными свойствами и перлит агротехнический, получаемый в результате термической обработки вулканической алюмосиликатной породы, имеющий отличные сорбционные свойства. Экспериментальными исследованиями было установлено, что при смешивании сорбентов, обладающих разными механизмами сорбции, сорбционная ем-

кость может увеличиться. Так, у смеси агроионита и перлита сорбционная емкость в среднем составила 31 мг/г, что выше, чем в отдельности у агроионита и перлита (24 и 26 мг/г соответственно), что повышает эффективность действия сорбента. На основе этой смеси был создан комплексный сорбент, обладающий хорошими ионнообменными свойствами [3].

Результаты и обсуждение. Конструкция БСС включала [8]: аккумулирующую емкость, в которую подается вода непосредственно из сбросного канала, выполняющая роль отстойника. Из отстойника осветленная вода через первую фильтрующую камеру, заполненную сорбентом с высокой поглотительной способностью для снижения содержания тяжелых металлов, подается на биоплато, на котором высажена высшая водная растительность. В биоплато были установлены специальные сооружения – демпферы, которые снижали скорость потока для более полного контакта очищаемой воды с высшей водной растительностью и предотвращали смыв насыпного слоя почвы. Далее вода попадает во вторую фильтрующую камеру с комплексным сорбентом, где происходит снижение минерализации и кондиционирование воды за счет сорбции и ионного обмена. После очистки вода перекачивается в оросительный канал. Сооружение было построено на площади 185 м² на Сарпинской рисовой системе (рисунок 1).



Рисунок 1 –Опытное биосорбционное сооружение

Figure 1 –Experimental biosorption facility

Первый этап функционирования БСС проводился в период с 1.07.по 10.07.2021 г. при постоянном расходе 0,1 м³/час для поддержания уровня воды в биоплато 0,15-0,25 м, за 10 сут. через сооружение пропущено около 24 м³ дренажного стока. Второй этап исследований был проведен в осенний период с 1 по 5 сентября 2021 года. В этот период дренажно-сбросная вода поступает в Цага́н-Нур (Са́рпа) – водохранилище, воды которого используются для лиманного орошения, промыслового рыболовства, водопоя скота.

Результаты функционирования БСС показали, что уже в первые сутки минерализация снизилась с 4,3 до 0,82 г/л и в течение 10 дней держалась в пределах 0,49...0,66 г/л, что подтверждает стабильную работу БСС. Значительно изменился и химический состав воды (таблица 2).

**Таблица 2 – Результаты химических анализов проб воды в сбросном канале
и на выходе из БСС [2]**

**Table 2 – Results of chemical analyses of water samples in the discharge channel
and at the outlet of the BSS [2]**

Дата и время отбора проб	Минерализация (г/л)	Ca ²⁺ (мг/л)	Cl ⁻ (мг/л)	SO ₄ ²⁻ (мг/л)	NH ₄ ⁺ (мг/л)	K ⁺ (мг/л)	HCO ₃ ⁻ (мг/л)
Сбросной канал	4,3	100,5	78,2	4,23	1,452	12,446	204
01.07.2021 (9:00)	0,82	88,92	69,34	4,2	1,234	8,235	186
2.07.2021 (9:00)	0,65	99,12	66,54	3,87	1,322	5,774	200
3.07.2021 (9:00)	0,65	100,23	63,7	3,76	1,217	1,935	176
4.07.2021 (9:00)	0,57	100,20	48,87	3,45	1,245	0,814	164
5.07.2021 (9:00)	0,57	102,47	44,02	3,29	1,156	0,762	153
6.07.2021 (9:00)	0,49	104,73	39,32	3,25	1,149	0,379	143
7.07.2021 (9:00)	0,49	106,34	34,47	3,08	1,139	0,255	138
8.07.2021 (9:00)	0,65	108,8	34,44	3,1	1,201	0,132	132
9.07.2021 (9:00)	0,57	112,4	32,58	3	1,099	0,058	130
10.07.2021 (9:00)	0,66	117,09	30,49	2,74	1,055	0,023	126
11.07.2021 (9:00)	0,65	120,8	28,27	2,77	0,959	0,013	122

Для оценки эффективности функционирования отдельных конструктивных элементов в летний период последовательно была определена минерализация воды во всех секциях биосорбционного сооружения. Исходная минерализация воды в сбросном канале составляла 4,9 г/л, в аккумулярующем отстойнике минерализация – 4,6-4,7 г/л. При фильтрации через первую камеру, заполненную диатомитовым порошком NDP-600, погруженным щебнем средней фракции, происходит снижение минерализации примерно на 30 % до 3,4 г/л. В биоплате за счет ВВР также наблюдается снижение минерализации до 2,5 г/л, но наибольшая эффективность достигается при фильтрации через комплексный сорбент (вторая фильтрационная камера) с 2,5 до 0,7 г/л. На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что все секции работают эффективно и выполняют свои функции [8].

Во второй этап исследований (осенний) минерализация дренажно-сбросной воды была выше и составляла 5,8-6,5 г/л. Замеры проводились в сбросном канале и на выходе из БСС. Результаты показали, что произошло снижение минерализации до 2,1-2,5 г/л. Более низкая эффективность очистки воды, вероятно, связана с низкими температурами воды и высокой минерализацией в сбросном канале.

Таким образом, проведенный эксперимент на опытной установке показал возможность использования разработанного сооружения для очистки и обессоливания дренажно-сбросных вод с рисовых земель. В зависимости от объема сбросов, минерализации и ионного состава воды, а также от ее дальнейшего использования некоторые конструктивные элементы, ВВР и сорбенты могут корректироваться, но структура, включающая комбинацию очистки, с помощью растительных сообществ и природных и/или искусственных сорбентов сохранится. Предложенный способ относится к природоподобным технологиям, соответствующим природным процессам, он экологически безопасен, малоэнергозатратен, прост в эксплуатации и не требует строительства дополнительных сооружений.

Экономическая эффективность заключается в экономии водных ресурсов за счет возврата для нужд орошения дренажно-сбросных вод, формирующихся в вегетационный период на оросительной системе. Оценка эффективности выполнена при обосновании проектной установки на рассматриваемой системе. На основе оценки функционирования системы необходимый объем очищенной воды для полива в период вегета-

ции (50-60 сут.) составит 2004,1 тыс. м³, чтобы его обеспечить, расход такого сооружения должен быть 1391,75 м³/час. Для этого необходимо запроектировать БСС на площади 38710 м² со следующими параметрами: длина 490 м и ширина 79 м. На территории системы имеется необходимый участок для строительства сооружения. Выполненные расчеты показали, что срок окупаемости инвестиций в строительство биосорбционного сооружения составит 4,18 лет, а с учётом дисконтирования затрат – 4,96 лет. Дисконтированный прирост чистого дохода за счет экономии водных ресурсов составит 3190 тыс. руб.

Выводы. Орошаемое земледелие является существенным потребителем водных ресурсов, в большей степени это относится к рисовым системам, спецификой которых является большой объем дренажно-сбросных вод, которые имеют повышенную минерализацию и загрязненность, что оказывает негативное влияние на окружающую среду. Очистка и повторное использование таких вод решает не только экологическую проблему, но и экономическую задачу – сбережение водных ресурсов. Разработанное и реализованное биоинженерное сооружение по водоподготовке дренажно-сбросных вод на Сарпинской рисовой системе в Республике Калмыкии показало эффективное снижение минерализации, улучшение ионного состава и возможность повторного использования очищенной воды на орошение. Биосорбционный метод наиболее естественный и простой может найти применение при водоподготовке значительных объемов загрязненных маломинерализованных стоков, что позволит экономить значительные водные ресурсы.

Библиографический список

1. Кирейчева Л. В. Дренажные воды как альтернативные водные ресурсы для орошения // Мелиорация и водное хозяйство. 2018. № 4. С. 13-18.
2. Кирейчева Л. В., Супрун В. А. Агроинженерная технология улучшения качества дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем // Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 6. С. 4-8.
3. Кирейчева Л. В., Супрун В. А. Исследование сорбционных материалов для очистки дренажно-сбросных вод с рисовых оросительных систем // Природообустройство. 2021. № 5. С. 6-13.
4. Конторович И. И. Утилизация дренажного стока с орошаемых земель. Saarbrücken, 2018. 203 с.
5. Раткович Л. Д., Маркин В. Н., Глазунова И. В. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектного обоснования водохозяйственных систем: монография. М.: Московский гос. ун-т природообустройства, 2013. 256 с.
6. Abdel-Shafy H. I., Mansour M. S. M. Overview on water reuse in Egypt: Present and future // J. Sustainable Sanitation Practice. 2013. Vol. 14. P. 17–25.
7. Fleifle A., Allam A. Remediation of agricultural drainage water for sustainable reuse // The Nile Delta. Cham: Springer, 2016. P. 297–324.
8. Suprun V. A., Shiryayeva M. A. Engineering biosorption construction for drainage water treatment // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V. 723 (4). 042021.
9. Tyndall J., Bowman T. Iowa Nutrient Reduction Strategy Best Management Practice cost overview series: Constructed wetlands. Department of Ecology & Natural Resource management. Iowa State University, 2016.

Информация об авторах

Кирейчева Людмила Владимировна руководитель научного направления, заведующий Отделом природоохранных и информационных технологий ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова» (РФ, г. Москва, ул. Большая Академическая 44 к.2 (127550) доктор технических наук, профессор, тел. +7(916)006-72-95, e-mail: kireychevalw@mail.ru

Супрун Вероника Александровна научный сотрудник лаборатории эколого-мелиоративных технологий и проектирования ФГБНУ «ФНИЦ агроэкологии РАН» (РФ, г. Волгоград, Университетский проспект, 97 (400062) кандидат технических наук, тел. +7(999)925-91-65, e-mail: suprun-v@vifanc.ru

MORPHOLOGICAL STRUCTURE OF SOILS ON THE RIGHT BANK, FLOODPLAIN AND DELTA OF THE VOLGA RIVER

V.M. Kretinin

*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agro-Ecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

Received 11.03.2023

Submitted 10.05.2023

The study was supported by the State Assignment No 122020100312-0 "Theory and principles of formation of adaptive agroforestry-meliorative complexes of the dry steppe zone of the south of the Russian Federation in the context of climate change" of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences

Summary

The article presents the results of studying the soils of the Lower Volga region. The morphological structure of 32 soil sections in the Astrakhan Trans-Volga region is described. The climatic, geomorphological and phytocenotic characteristics of soil formation conditions are given. The subtypes of alluvial forest and meadow-forest layered saturated soils were updated for the first time. Research materials can be used to monitor the genesis and fertility of soils in the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. The material presented in the article is relevant, since this work reflects the need to monitor the genesis and fertility of soils in the Lower Volga region. For a long time, the soil cover underwent changes and was subjected, due to the primitive cultivation of the soil, to a significant load, which led to the degradation of the upper fertile layer and a general deterioration in the quality of the soil, as one of the main natural resources. To preserve soil fertility and use them as the main means of production, it is necessary to create passports of standards of natural undisturbed soils, which would make it possible to give a more accurate assessment of the land fund and timely identify modern soil formation processes. **Object.** The object of study is the soils of the right bank of the floodplain and the delta of Volga River. Soil sections were laid on the territory of the Astrakhan region. **Materials and methods.** Key soil areas were laid on virgin lands, with an average section depth of 100 cm. When describing the soil section, soil passports were compiled, which reflected such characteristics as: section reference, geographical coordinates, name of soils and parent rock, vegetation, a brief geomorphological characteristic of the adjacent section of the territory. **Results and conclusion.** According to the results of studies of the morphological structure of soil sections on the right bank of the Volga River and partly of the Volga-Akhtuba floodplain, the diversity and variegation of the soil cover was revealed. The result was the compilation of 32 soil passports, of which 7 key passports are presented in the article, including the main reference, reference complexes, rare azonal, rare under natural forests and rare unique ones. The main type of soil is chestnut, formed in the arid climate of the dry steppe zone of the Astrakhan region. On the Baer Hills, the disappearing Caspian zonal brown semi-desert soils are represented.

Key words: soil geomorphology, phytocenosis, soil formation, morphology, fallow land, zonal soils.

Citation. Kretinin V.M. Morphological structure of soils on the right bank, floodplain and delta of the Volga River. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 72-83 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-08.

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

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

УДК 631.4

**МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЧВ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ,
ПОЙМЫ И ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ****В. М. Кретинин**, доктор сельскохозяйственных наук*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 11.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

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

Актуальность. Представленный в статье материал актуален, поскольку данная работа отражает необходимость мониторинга генезиса и плодородия почв Нижнего Поволжья. Длительное время почвенный покров претерпевал изменения и вследствие примитивного возделывания почвы был подвержен значительной нагрузке, что привело к деградации верхнего плодородного слоя и общему ухудшению качества почвы как одного из главных природных ресурсов. Для сохранения плодородия почв и использования их как основного средства производства необходимо создавать паспорта эталонов естественных ненарушенных почв, что позволило бы дать более точную оценку земельному фонду и своевременно выявлять современные процессы почвообразования. **Объект.** Объектом исследования являются почвы правобережья поймы и дельты Волги. Почвенные разрезы закладывались на территории Астраханской области. **Материалы и методы.** Ключевые участки почв закладывались на целинных землях с глубиной разреза в среднем 100 см. При описании почвенного разреза составлялись паспорта почв, где были отражены такие характеристики, как название почвы, почвообразующая порода, местоположение разреза с точными координатами, краткая геоморфологическая характеристика территории, преобладающая растительность. **Результаты и выводы.** На правобережной части Волги и частично Волго-Ахтубинской поймы выявлены по результатам исследований морфологического строения почвенных разрезов разнообразие и пестрота почвенного покрова. Итогом стало составление 32 паспортов почв, из которых в статье представлены 7 ключевых паспортов, включающих основные эталонные, эталонные комплексы, редкие азональные, редкие под естественными лесами и редкие уникальные. Основным типом почв является каштановая, образованная в условиях засушливого климата сухостепной зоны Астраханской области. На Буграх Бэра представлены исчезающие Прикаспийские зональные бурые полупустынные почвы.

Ключевые слова: геоморфология почв, фитоценозы, почвообразование, морфология почв, залежные земли, зональные почвы.

Цитирование. Кретинин В. М. Морфологическое строение почв правобережья, поймы и дельты Волги. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 72-83. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-08.

Авторский вклад. Автор этого исследования принимал непосредственное участие в планировании, проведении или анализе этого исследования. Автор данной статьи знаком с представленным окончательным вариантом и одобрил его.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Растительный и почвенный покров подверглись деградации и претерпели значительные изменения вследствие примитивного возделывания почвы в древности и не менее интенсивного и разрушительного с ростом промышленности и народонаселения земледелия в настоящее время. Как итог, экстенсивное земледелие стало результатом того, что растительный и почвенный покров подверглись процессам деградации, что в свою очередь привело к утрате былого биоразнообразия, включая исчезновение некоторых видов [1]. В аридных зонах активно шли и продолжают идти процессы опустынивания земель (Кулик, 2006).

Сохранение естественного почвенного биоразнообразия – крайне важный аспект комплекса агролесомелиоративных мероприятий, способствующий познанию экологических функций почв. Почва является природным объектом, способным быть не только благоприятной средой для роста растений, но и для обитания животного мира, поэтому важно сохранить потенциальное плодородие почв, [17]. Почва является основным природным ресурсом и незаменимым компонентом биосферы. Одним из возможных решений этой проблемы могло бы стать создание Красной книги почв.

Комплексная оценка земельных ресурсов является необходимым мероприятием для управления земельными ресурсами [5]. Для проведения такой оценки целесообразно использовать паспорта эталонов ненарушенных почв, т.е. почв в их естественном состоянии. Помимо самой оценки земельных ресурсов, паспорта эталонов естественных почв могут быть использованы для природоохранных, производственных и научных целей [9, 13]. Оценка земельных ресурсов позволяет уточнить их стоимость, определить вовремя обратимые изменения в их состоянии и принять соответствующие меры, направленные на стабилизацию и восстановление почвенного покрова [15].

Исследование почв Астраханского региона отмечается с XIX в. известными учеными (Э. Эверсман, К. Клаус, К. Бэр, И. Пачоский, А. Н. Краснов). В начале XX века начались детальные исследования почв М. Кузминым, в 30-х годах И. И. Плюсиным (Плюсин 1938, 1971), В. А. Ковдой (Ковда, 1950, 1973). На современном этапе этим вопросом продолжает заниматься ряд исследователей (Добровольский, 2006, 2008; Харитоновна 2014; Шеин, 2013, 2014) [12, 18].

Дистанционным исследованием и картографированием почвенного покрова Астраханской области занимались многие исследователи [4, 16].

В Астраханской области в основном завершено картографирование почвенного покрова. Масштаб картографирования в пустынной зоне 1 : 5000, на остальной территории – 1 : 25000 и 1 : 1000, на отдельных орошаемых площадях – 1 : 5000.

Почвенный покров области на степной и пойменной территории подвергся антропогенной деградации, а на первой – и опустыниванию [3]. Эталонные почвы в почвенных разрезах изучали преимущественно на целине.

Цель исследований – изучить морфологическое строение почв Астраханской области для выявления эталонов почв, необходимых для разработки Красной книги почв Астраханской области.

Материалы и методы. Нижнее Поволжье, являясь обширной лесодефицитной территорией Европейской части страны, обладает особым многообразием почвенного и растительного покрова, что вызвано природными особенностями данного края.

Природные условия Нижнего Поволжья и Астраханской области изучены довольно полно. В. В. Докучаев (Докучаев, 1954), являясь основоположником генетического почвоведения, считал, что природные факторы, в частности климат, рельеф, геология, растительность, совместно с антропогенными факторами являются причинами такого природного биофизико-химического процесса, как почвообразование (Ковда, 1946, 1950). Именно сочетание всех факторов и уровень их воздействия способствуют формированию многообразия почв. Климат Нижнего Поволжья за последние 5 тыс. лет изменялся в пределах природных зон и в целом оставался все это время к современному [2].

Астраханская область располагается на юге Нижнего Поволжья. С севера на юг в ней простираются полупустынная и пустынная природные зоны [11]. Современный климат Нижнего Поволжья значительно отличается от климата предшествующих эпох. Его можно охарактеризовать как край с умеренно континентальным климатом, имеющий на своей территории засушливые районы. Наиболее существенные процессы в

формировании климата Поволжья происходят приблизительно с середины пермского периода. Именно в этот период вследствие похолодания происходит активное иссушение материковой части и формируется климат, подобный современному.

Геологическое строение представлено отложением различных составов, мощности и чередованию. На севере области мезозойская группа представлена триасовыми пестроцветными глинами, песчанками, мергелями. Там же кайнозойская группа представлена мергелями. Неогеновые отложения представлены морскими серыми глинами (Акчагыльский ярус) в Заволжье, галечниками Апшеронского яруса.

Четвертичная группа представлена Бакинскими и Нижне-Кизлярскими морскими и аллювиальными глинами, суглинками. В пределах Астраханской области располагается Прикаспийская низменность. В ее пределах на северо-западе выделяется Сарпинская низменность, а в Заволжье – северная и восточная ее части. В северной и центральной части Астраханской области и долины Волги располагается Волго-Ахтубинская пойма, а на юге – дельта Волги.

На севере полупустынные зоны выделяют светло-каштановую, а в центральной – бурую полупустынную почвенную зоны. Большую часть юга области занимают пески [11], а в дельте – солончаки [14].

Среди земель сельскохозяйственного назначения на территории Астраханской области за последние 20 лет остались нетронутыми и не подверженными антропогенному воздействию внушительные площади залежных земель. Стоит сказать, что для аридных территорий все большую актуальность приобретает исследование залежей [15].

Методика исследований использована по предложению Комитета охраны почв, составление Красной книги почв Почвенного института им. В. В. Докучаева (О. В. Чернова, 1995 г.). Ценные участки почв закладывали на целине. Почвенные разрезы имели глубину 100 см. По результатам описания почвенных разрезов были составлены почвенные паспорта. В паспорте почв представлен почвенный разрез и отражены такие его характеристики, как название почвы, почвообразующая порода, местоположение разреза с точными координатами, краткая геоморфологическая характеристика территории, преобладающая растительность. Помимо этого, был приведен перечень необходимых мер по сохранению почв. Опираясь на рубрикатор Красной книги почв, необходимо организовать наблюдения за основными и локальными эталонами, эталонными комплексами, редкими уникальными, азональными и исчезающими. В результате масштабной работы описание морфологического строения почвенного разреза было выполнено на 32 участках. В статье представлены данные по морфологическому строению 7 почвенных разрезов.

По генезису рельефообразования Астраханский регион подразделяется на два типа: аллювиальные равнины и морские аккумулятивные равнины верхнечетвертичного возраста [7].

В полупустынной зоне на севере правобережья и левобережья Волги преобладают светло-каштановые суглинистые и глинистые солонцеватые и солончаковатые почвы в сочетании со светло-бурыми и темноцветными почвами западин и с солонцами каштановыми автоморфными до 30 %. На юге распространены бурые полупустынные прикаспийские со светло-каштановыми; песчаные и супесчаные с солонцами – до 10-20 %; супесчаные и суглинистые с солонцами – до 20-30 %; суглинистые и глинистые с солонцами – до 50 %. Вокруг озера Баскунчак преобладают солончаки и солончаковатые солонцы [10]. На южной половине правобережья и левобережья Волги распространены бурые полупустынные прикаспийские солонцеватые и солончаковатые, тоже слабообразованные почвы, деформированные и полужакрепленные пески. В северной части Волго-Ахтубинской поймы распространены аллювиальные луговые суглинистые, глинистые заболоченные, а в южной – ал-

лювиальные луговые смытые разной степени засоления. В северной части дельты Волги преобладают аллювиальные луговые темноцветные почвы западин различной степени засоления и солонцеватости, а на юге – аллювиальные луговые и лугово-болотные суглинистые и глинистые разной степени засоления. На побережье Каспийского моря обычны мелкосформированные почвы на свежих аллювиальных наносах.

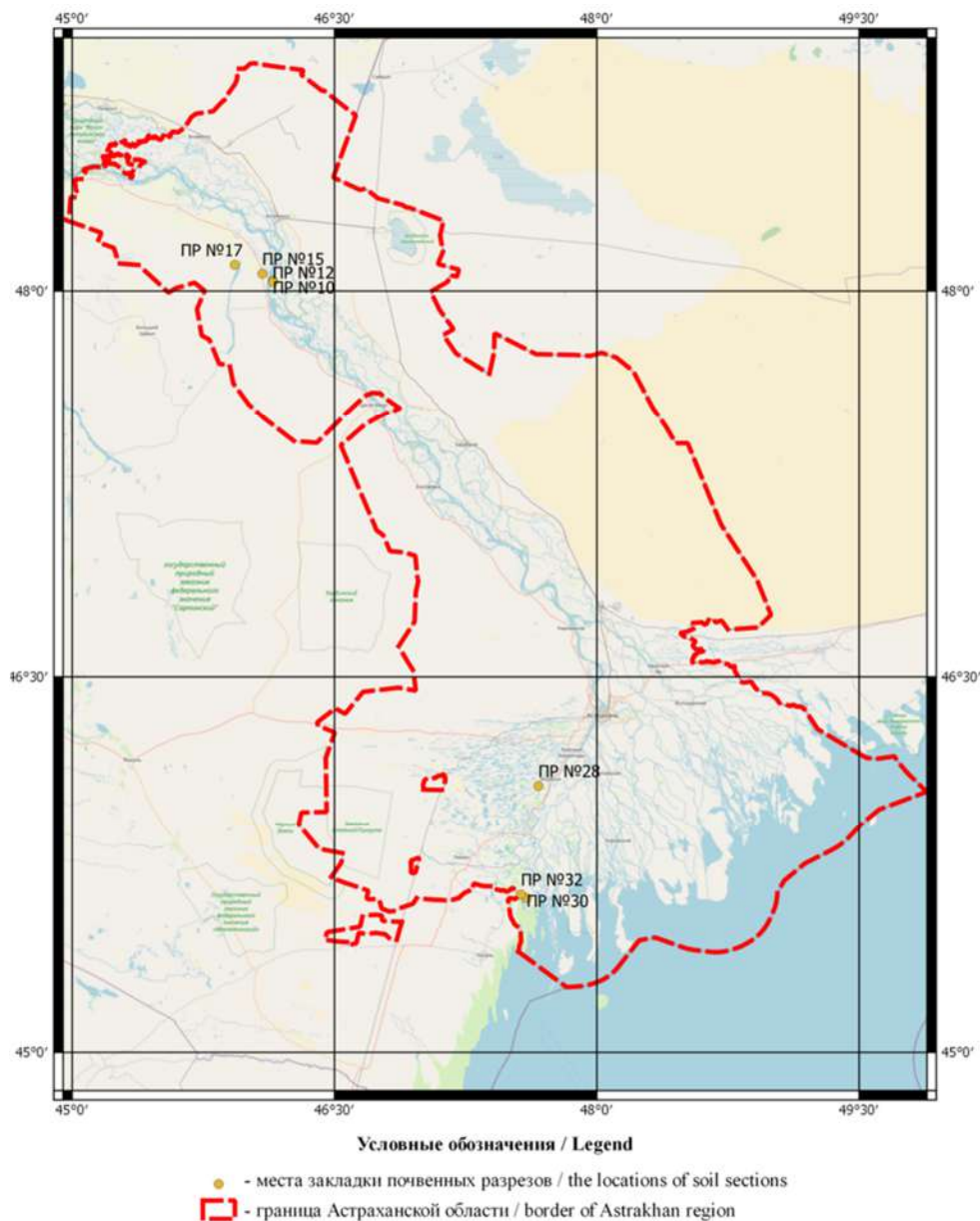


Рисунок 1 – Карта расположения почвенных разрезов (М 1:3 000 000)

Figure 1 – Location map of soil sections (М 1:3 000 000)

В остаточном дельтево-эрозионном верхнечетвертичном районе степных ильменей формируются супесчаные и суглинистые разной степени засоления и солонцеватости почвы и ильменные почвы в сочетании с бурыми почвами бэровских бугров.

Под естественными лесами формируются аллювиальные лесные луговато- и лугово-лесные почвы, впервые описанные М. Н. Олышевым, С. А. Владыченским, Э. А. Корнблумом, Ф. Н. Козловским, В. М. Кретиным [8].

В результате исследований была обследована правобережная часть Волги и частично Волго-Ахтубинской поймы (рисунок 1). Составлено 32 паспорта почв. В настоящей статье приведено 7 паспортов почв, из которых основные эталонные (№ 15, 30), эталонные комплексы (р. № 32), редкие азональные (р. № 10, 28), редкие под естественными лесами (р. № 12), редкие уникальные (р. № 17), каштановая почва – останец почв сухостепной зоны. Исчезающие почвы представлены зональными бурыми полупустынными Прикаспийскими почвами на буграх Бэра [12].

Результаты и обсуждение. В Астраханской области проведено картографирование почвенного покрова, определены площади почвенных таксонов, изучены основные свойства почв. Следует учитывать, что ценные экологические объекты (почвенные разрезы) заложены в основном на целине, в естественных местоположениях формирования почв. Они могут быть объектами генезиса, плодородия почв и современных почвенных процессов.

Описано морфологическое строение почвенного разреза №17, расположенного в 13 км на север от автостреды Волгоград-Астрахань, от р.п. Черный Яр на северо-запад, в 15 м от дороги на север, правобережье Волги. Почвенный разрез характеризуется каштановой, тяжелосуглинистой почвой на светло-желтовато-коричневом тяжелом суглинке и относится к зональным почвам (таблица 1). Разрез сделан в Сарептской низменности. Растительность представлена ковыльной ассоциацией – ковыль сарептский (*Stipa sareptana*) с редким участием полыни белой (*Artemisia absintium* L.). Степень проективного покрытия составляет 70 %.

Таблица 1 – Морфологическое строение почвенного разреза № 17

Table 1 – Morphological structure of soil section № 17

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
Ad 0-2 см / cm	дернина рыхлая / loose turf
A 2-8 см / cm	увлажненная, серовато-коричневая однородная, мелкокомковато-зернисто-пороховатая, слабоуплотненная, тяжелосуглинистая, преобладание мелких корней. Переход заметный / moistened, grayish-brown uniform, fine-cloddy-grainy-powdery, weakly compacted, heavy loam, many small roots. Transition is noticeable
B ₁ 8-16 см / cm	сухая, светло-коричневая, мелко и среднекомковатая, глинистая, уплотненная, мало корней. Переход заметный / dry, light brown, fine- to medium-crusted, clayey, compacted, few roots. Transition is noticeable
B ₂ 16-25 см / cm	сухая, светлее предыдущей, комковатая, уплотненная, глинистая. Переход заметный / dry, lighter than the previous one, clumpy, compacted, clayey. Transition is noticeable
BC 25-50 см / cm	сухая, белесовато-коричневая, призмовидная, глинистая, плотная, бурное вскипание с 35 см. Переход заметный / dry, whitish-brown, prismatic, clayey, dense, rapid boiling from 35 cm. Transition is noticeable
C 50-70 см / cm	сухая, светло-желтовато-коричневая, плотная, тяжелосуглинистая / dry, light yellowish-brown, dense, heavy loam

В таблице 2 представлены данные морфологического описания почвенного разреза № 15, расположенного на северной окраине Черного Яра в 120 м от канала, между ЛЭП. Разрез заложен на второй надпойменной правобережной террасе Волги. Почва бурая полупустынная прикаспийская среднесуглинистая на аллювиальных белесовато-коричневых глинах. Растительный покров состоит из эбелековой ассоциации с участком полыни черной (*Artemisia pauciflora*). Проективное покрытие составляет 20 %.

Таблица 2 – Морфологическое строение почвенного разреза № 15

Table 2 – Morphological structure of soil section № 15

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
A 0-8 см / cm	свежая, светло-серовато-коричневая, однородная, мелкокомковато-порошистая, слабоуплотненная, среднесуглинистая, много мелких корней. Переход заметный / fresh, light grayish-brown, homogeneous, fine-grained, sparsely compacted, medium-loam, many small roots. Transition is noticeable
B ₁ 8-15 см / cm	сухая, светло-буровато-коричневая, слоеватая, крупно-комковатая, уплотненная, глинистая. Переход заметный / dry, light brownish-brown, stratified, coarse-lumpy, compacted, clayey. Transition is noticeable
B ₂ 15-30 см / cm	сухая, светло-буровато-палевая, призматическая, плотная, глинистая. Переход заметный / dry, light brownish-pale, prismatic, dense, clayey. Transition is noticeable
BC 30-40 см / cm	сухая, светло-белесо-коричневая, призматическая, глинистая, очень плотная, включения белоглазки карбонатов, бурное вскипание с 30 см. Переход заметный / dry, light whitish-brown, prismatic, clayey, very dense, inclusions of white-eyed carbonates, rapid boiling from 30 cm. Transition is noticeable
C 40-70 см / cm	сухая, белесо-палевая, комковатая, глинистая, плотная, массовые включения водорастворимых солей / dry, whitish-pale, lumpy, clayey, dense, massive inclusions of water-soluble salts

Разрез № 28 представлен в таблице 3 и имеет координаты: 46°5'15"N 47°39'58"E. Почва на данной местности аллювиальная луговая темноцветная тяжелосуглинистая солончаковатая на склонах светло-бурых суглинках. Почвенный разрез заложен на ровной поверхности, на поляне у берега ерика, в 50 м от ерика на юг и 200 м от асфальтированной дороги на северо-восток. Растительность представлена костровой ассоциацией. Степень проективного покрытия равна 100 %.

Таблица 3 – Морфологическое строение почвенного разреза № 28

Table 3 – Morphological structure of soil section № 28

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
Ad 0-3 см / cm	дернина прочная, землистая / turf is firm, earthy
A 3-10 см / cm	влажная, темно-коричневая, мелко-комковатая, слабоуплотненная, тяжелосуглинистая, мелкие корни. Переход ясный / moist, dark brown, fine-cloddy, weakly compacted, heavy loam, shallow roots. Transition is clear
B ₁ 10-33 см / cm	влажная, коричнево-бурая, средне-комковатая, призматическая, слабоуплотненная, редкие корни, тяжелосуглинистая. Переход заметный / moist, brownish-brown, medium-lumpy, prismatic, weakly compacted, sparse roots, heavy loam. Transition noticeable
B ₂ 33-45 см / cm	влажная, светло-бурая, с огристыми пятнами, глыбистая, уплотненная, тяжелосуглинистая. Переход заметный / moist, light brown, with ogre spots, clumpy, compacted, heavy loam. Transition noticeable
C 45-80 см / cm	влажная, желтовато-белесая, тяжелосуглинистая, плотная, внизу уплотненная с охристыми и сизыми пятнами / moist, yellowish-white, heavy loam, dense, thickened underneath with ochre and bluish spots

Почвы разреза № 32 (таблица 4) представлены бурым солонцом, солончаковатым, тяжелосуглинистым на засоленных тяжелых суглинках. Почвенный разрез заложен в 40 метрах от бугра Бэра в межбугровом понижении и имеет координаты 45°39'4"N 47°34'1"E. Растительность участка – разнотравная ассоциация с участием лебеды (*Atriplex halimus* L.) и полыни солончаковых (*Artemisia salsoloides* Willd.), кустарника солянкового (*Salsola*). Степень проективного покрытия не более 35 %.

Таблица 4 – Морфологическое строение почвенного разреза № 32

Table 4 – Morphological structure of soil section № 32

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
Ad 0-2 см / cm	дернина непрочная, землистая / turf is weak, earthy
A 2-5 см / cm	свежая, светло-бурая, комковатая, среднесуглинистая, уплотненная, мелкие корни. Переход постепенный / fresh, light brown, lumpy, medium-loam, compacted, small roots. Transition is gradual
B ₁ 5-17 см / cm	влажная темно-бурая, крупно и средне-комковатая, плотная, охристые пятна. Переход заметный / moist dark brown, coarse- to medium-lumpy, dense, ochreous spots. Transition is noticeable
B ₂ 17-32 см / cm	слабо-увлажненная, коричнево-бурая, много охристых пятен и включений водорастворимых солей, крупно-комковатая, плотная, тяжелосуглинистая. Переход заметный / slightly moistened, brownish-brown, many ochre spots and inclusions of water-soluble salts, coarse-lumpy, dense, heavy loam. Transition is noticeable
BC 32-60 см / cm	свежая, светло-коричнево-бурая, включение водорастворимых солей, бурное вскипание карбонатов, тяжелосуглинистая. Переход постепенный / fresh, light brownish-brown, inclusion of water-soluble salts, rapid boiling of carbonates, heavy loam. Transition gradual
C 60-90 см / cm	свежая, светлее предыдущего, тяжелосуглинистая, плотная / fresh, lighter than the previous one, heavy loam, dense

Почвенный разрез № 30 имеет координаты 45°38'14"N 47°35'55"E (таблица 5). По морфологическому описанию это бурая полупустынная супесчаная на морских слоистых отложениях почва. Почвенный разрез был заложен в пустынной зоне Прикаспийской низменности в дельте р. Волги на участке в 4 км от с. Вышка на юго-запад, в 600 м от асфальтовой дороги на запад. Растительный покров представлен травянистой ассоциацией с участием караганы (*Caragana*), лебеды (*Atriplex halimus* L.), бобового кустарника и др. Степень проективного покрытия не превышает 40 %.

Таблица 5 – Морфологическое строение почвенного разреза № 30

Table 5 - Morphological structure of soil section № 30

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
A 0-20 см / cm	свежая, буровато-палевая, супесчаная (переходная к легкосуглинистой), слабоуплотненная, включения раковин. Переход заметный / fresh, brownish-pale, sandy loam (transitional to light loam), weakly compacted, inclusions of shells. Transition noticeable
B 20-45 см / cm	свежая, светло-бурая, с зеленым оттенком, охристые пятна, непрочнокомковатая, слабоуплотненная, супесчаная. Переход постепенный / fresh, light brown, with a green tint, ochreous spots, non-compact, weakly compacted, sandy loam. Transition is gradual
BC 45-95 см / cm	увлажненная, коричневатобурая, комковатая, среднесуглинистая, уплотненная, включение белых прожилок солей. Переход резкий / moistened, brownish-brown, lumpy, medium-loam, compacted, inclusion of white veins of salts. Transition is sharp
C 95-110 см cm	увлажненная, светло-коричневатожелтоватая, мелко-комковатая, среднеуплотненная, среднесуглинистая, бурное вскипание с 80 см / moistened, light brownish-yellowish, fine-clodded, medium-consolidated, medium-loam, rapid boiling from 80 cm

Разрез № 12 с географическими координатами почвенного разреза 48°03'27"N, 46°08'48"E, расположенный в Волго-Ахтубинской пойме (приустьевая пойма), представлен аллювиальной лесной насыщенной, слоистой, легкосуглинистой почвой (таблица 6). Разрез заложен в 250 м от пристани, в 100 м от рукава Волги. Территория, прилегающая к почвенному разрезу, имеет межгрядовое понижение, поверхность шероховатая, среднего периода затопления. Растительность – естественный лес, состоящий из тополей (*Populus alba* L.) 50-100 лет и подроста ясеня (*Fraxinus*) 5-10 лет. Травянистый покров отсутствует.

Таблица 6 – Морфологическое строение почвенного разреза № 12

Table 6 - Morphological structure of soil section № 12

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
A ₀ 0-6 см / cm	лесная подстилка из опада листьев, веток, отсутствие дернины, большая доля продуктов, минеральных отложений в половодье, рыхлая, увлажненная / forest litter of leaf fall, twigs, no turf, large proportion of products of mineral deposits in the flood, loose, moistened
A 0-10 см / cm	свежая, светло-серая с коричневатым оттенком, непрочнокомковатая, пороховатая, легкосуглинистая, слабоуплотненная, много органических включений, мелкие корни деревьев. Переход постепенный / fresh, light gray with a brownish tint, non-solid, powdery, light loamy, weakly compacted, many organic inclusions, small tree roots. Transition is gradual
AB 10-30 см / cm	слабоувлажненная, светлее предыдущей, непрочнокомковатая, легкосуглинистая, проводящие корни, среднеуплотненная. Переход постепенный / slightly moistened, lighter than the previous one, non-loamy, light loamy, conductive roots, moderately compacted. Transition is gradual
BC 30-50 см / cm	слабоувлажненная, темнее предыдущей, комковатая, среднесуглинистая, среднеуплотненная, средние корни. Переход постепенный / slightly moistened, darker than the previous one, clumpy, medium-loam, medium compacted, medium roots. Transition is gradual
C 50-70 см / cm	увлажненная, палевая, бесструктурная, слабоуплотненная, супесчаная / moistened, pale, unstructured, weakly compacted, sandy loam

В таблице 7 описано морфологическое строение почвенного разреза № 10. Почва в данном разрезе определена как аллювиальная луговато-лесная слоистая насыщенная легкосуглинистая. Разрез заложен в Волго-Ахтубинской пойме, приустьевой части постоянного подтопления на склоне грив вдоль протоки в 300 м от пристани на юго-восток. Растительный покров представлен осоковой ассоциацией с участием осоки низкой (*Carex humilis*) и дурнишника (*Xanthium*). Степень проективного покрытия – 85 %. На склоне произрастает тополь белый (*Populus alba* L.) 100-200 летнего возраста, со средней высотой 20-30 м и диаметром на высоте 1,3 м 70 см.

В регионе еще сохранились целинные территории степной и реликтовой лесной растительности, несмотря на возросшие объемы антропогенного влияния, высокой распаханности земель и деградации почвенного покрова. Эти участки и территории должны быть взяты на особый учет.

Для каждого участка должен разрабатываться перечень необходимых мероприятий по охране растительного и почвенного покровов, а для редких и уникальных необходим статус особо охраняемых природных территорий.

С каждым годом возрастает антропогенное воздействие на природные системы, которое выражается в изменении факторов почвообразования, морфологического строения, свойств и продуктивности почв. Для количественной оценки локальных ан-

тропогенных нарушений в экосистемах на фоне глобальных планетарных изменений принять «точки отсчета», соответствующие показателям состояния региональных «почвенных эталонов». Выделенные территории с «почвенными эталонами» объединяются по определенной схеме в Красные книги почв различного уровня, актуальность создания которых несомненна. Эталонный подход в мониторинговых наблюдениях позволит более оперативно и точно определить направленность и скорость почвообразовательного процесса, степень деградации почв и эффективность мелиоративных приемов, направленных на сохранение почв и повышение их плодородия, обеспечить экологическую безопасность. Практическую значимость приобретает также оценка уровней содержания тяжелых металлов, особенно для почв, слабо затронутых техногенным воздействием.

Таблица 7 – Морфологическое строение почвенного разреза № 10

Table 7 – Morphological structure of soil section № 10

Горизонт, см / Horizon, cm	Морфологическое описание / Morphological description
A ₀ 0-2 см /	непрочная дернина и лесная подстилка из прошлогоднего опада / tight turf and forest floor from last year's fall
A 2-7 см / cm	свежая, серая с полевым оттенком, мелкозернистая, охристая, слабоувлажненная, легкосуглинистая, много легких и средних корней. Переход заметен / fresh, gray with a field tint, fine-grained, ochreous, slightly moistened, lightly loamy, many light and medium roots. Transition is noticeable
AB 7-40 см / cm	свежая, серовато-буровато-охристая, комковатая, легкосуглинистая, средние и крупные корни деревьев. Переход заметный / fresh, grayish-brownish-ochre, clumpy, lightly loamy, medium to large tree roots. Transition is conspicuous
C 40-60 см / cm	увлажненная, светло-буровато-желтая, комковатая, увлажненная, легкосуглинистая, крупные корни, глеевые пятна / moistened, light brownish-yellow, clumpy, moistened, lightly loamy, large roots, gley spots

Экологическая обстановка в регионах Волжского бассейна остается неудовлетворительной и определяется комплексом социальных, экономических и природоохранных проблем [6].

Изучение почвенных процессов может быть организовано на стационарах в полупустынной и пустынной природных зонах, в геоморфологических ландшафтах Волго-Сарпинском, Баскунчакском, Западном и Восточном ильменно-бугровых ландшафтах, в Волго-Ахтубинской пойме и дельте Волги, в том числе в Астраханском биосферном государственном заповеднике, в Дамгинском, Обжаровском и Трехизбинском участках, в природном заповеднике Гора Большое Богдо.

Следует учитывать, что ценные экологические объекты (почвенные разрезы) заложены в основном на целине, в естественных местоположениях формирования почв. Они могут быть объектами генезиса, плодородия почв и современных почвенных процессов, дополнить систему мониторинговых наблюдений в географической сети Института почвоведения им. В. В. Докучаева, Института агрохимии им. К. А. Тимирязева, ФНЦ агроэкологии РАН.

Выводы. В процессе исследования было изучено морфологическое строение 32 почвенных разрезов, заложенных на правобережной части дельты и поймы р. Волги. Впервые были обновлены подтипы аллювиальных лесных и лугово-лесных слоистых насыщенных почв. Впоследствии материалы исследований могут быть использованы при составлении Красной книги почв Астраханской области.

Приоритетной задачей природопользователей, помимо изучения, является сохранение редких целинных и исчезающих почв. Это позволит в значительной степени оценить их функциональные возможности и познать генезис. Помимо этого, станет возможным установить стоимость и ущерб от деградации, уточнить бонитет и выработать практические меры по предотвращению и устранению негативных последствий.

Учет полученных данных позволит обосновать направленность почвенных процессов, генезис почв и оценить их плодородие, наметить мероприятия по рациональному природопользованию растительного и почвенного покровов:

- оптимизация землепользования;
- трансформация угодий;
- предотвращение эрозии и дефляции, дегумификации, засоления и осолонцевания, переуплотнения почв, дисбаланса питательных элементов, загрязнения и захламления почв.

Предлагаются мероприятия по охране растительного покрова:

- ограничение перевыпаса скота;
- охрана от пожаров, болезней и вредителей растений, самовольных вырубок, сбора особо редких охраняемых видов и др.

Планируются исследования на левобережной части Волги, в пойме и дельте Волги.

Библиографический список

1. Алещенко А. Г., Безуглова М. С. Современные проблемы сохранения биологического разнообразия в особо охраняемых природных территориях Астраханской области // Экология России: на пути к инновациям. 2015. № 12. С. 74-76.
2. Бухонов А. В., Худяков О. И., Борисов А. В. Изменения структурного-агрегатного состояния почв Нижнего Поволжья за последние 3500 лет в связи с динамикой климата // Почвоведение. 2018. № 6. С. 710-719.
3. Быстрова И. В., Смирнова Т. С., Вайчулис Г. В. Экологическое опустынивание земель Юга России // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 3 (82). С. 75-81.
4. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-западного Прикаспия / К. Н. Кулик [и др.] // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-24.
5. Дистанционные исследования и картографирование состояния антропогенно-трансформированных территорий Юга России / В. В. Новочадов [и др.] // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 151-158.
6. Дмитриева М. В., Светлосанов В. А., Бузякова И. В. Комплексная оценка землепользования в Астраханской области // Геология, география и глобальная энергия. 2021. № 1 (80). С. 72-77.
7. Занозин В. В. Особенности рельефа Астраханской области // Естественные науки. 2015. № 1 (50). С. 9-14.
8. Красная книга почв Волгоградской области / К. Н. Кулик [и др.]. Волгоград: ООО «Принт-2», 2017. 224 с.
9. Кутлусурина Г. В., Токарева А. А. Аналитическая оценка засоленности орошаемых земель Астраханской области // Успехи современного естествознания. 2017. № 4. С. 40-46.
10. Лысенко Т. М. Характеристика растительного покрова солонцовых почв особо охраняемых природных территорий - озер Эльтон и Баскунчак // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2013. № 2 (24). С. 47-53.
11. Минералогический состав почв бэровских бугров юга Астраханской области / М. В. Шалдыбин [и др.] // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2015. № 1. С. 3-12.
12. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации: общие географические и исторические сведения. https://www.mnr.gov.ru/activity/regions/astrakhanskaya_oblast/?sphrase_id=84141.

13. Салина Ю. Б., Тютюма Н. В., Тютюма А. В. Засоление как критический фактор плодородия земель Астраханской области // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 12. С. 5-8.
14. Салина Ю. Б., Уталиев А. А., Александров С. О. Агрохимическая характеристика пахотных почв Астраханской области // Агрохимический вестник. 2017. № 5. С. 29-33.
15. Салина Ю. Б., Яковлева Л. В. Комплексная оценка плодородия залежных земель Астраханской области // Агрохимический вестник. 2016. № 6. С. 10-13.
16. Тубалов А. А. Исследование влияния гранулометрического состава почв на распространение очагов деградации травянистого покрова в аридных пастбищных ландшафтах Астраханской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2017. № 2. С. 29-35.
17. Харьков В. Н. Почва как объект правовой охраны // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2015. № 3-2. С. 234-245.
18. Abrosimov K. N., Shein E. V. The pore space of Baer mound soil landscapes (Astra-khan region) // Soil Science in International Year of Soils 2015: Abstract book, Sochi, October 19-23, 2015. Sochi: Lomonosov Moscow State University M.V. Lomonosov, 2015. P. 17-18.

Информация об авторах

Кретинин Вениамин Михайлович, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН, Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6341-0478>, e-mail: lab-pochva@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-09

IMPROVED TILLAGE TECHNIQUES FOR POTATO CULTIVATION IN THE SOUTHERN CHERNOZEM ZONE DURING IRRIGATION

A. A. Novikov, V. V. Melikhov, O. P. Komarova

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 17.04.2023

Submitted 25.05.2023

The research was carried out in accordance with the research plan for 2022-2024 of the All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture on the topic No. FNFR-2022-0005

Summary

The article presents the results of research on the assessment of methods of processing pre-planting soil and methods of applying mineral fertilizers when potatoes are planted during irrigation. During the spring planting of potatoes on the southern chernozem, the best conditions for the consumption of nutrients of fertilizers by the root system are created by pre-sowing loosening of the soil with an ACRU-2.8 aggregate to a depth of 0.45 m with simultaneous belt application of mineral fertilizers to a depth of 0.15 m and cutting of ridges.

Abstract

Introduction. One of the most important food and industrial crops cultivated in Russia is potatoes, which are grown by agricultural enterprises on an industrial scale and the population in private subsidiary farms. The most important task facing agricultural enterprises in the South of Russia at present and in the near future is to increase the production of potatoes on irrigated lands to fully meet the needs of the population of the region with this important food product. However, obtaining high yields of potatoes is impossible without improving the technological methods of its cultivation, such as optimizing the methods of pre-sowing tillage. **Object.** The object of research is planting potatoes of the Lasunak variety under irrigation conditions. **Materials and methods.** The research was carried out in 2014-2016 on irrigated lands at Limited liability company «Mayak» of the Semikarakorsky district of the Rostov region on southern carbonate humus medium-sized heavy loam with a humus horizon thickness of 0.59 m, humus content of 3.84%. Field and laboratory studies and related observations were carried out according to generally accepted methods in crop production. **Purpose and objectives of the research.** The main purpose of our research is to develop the scientific foundations of the system of pre-sowing tillage and methods of applying mineral

fertilizers for potatoes during irrigation in the south of Russia. Research objectives: to improve technological methods of pre-sowing tillage; to establish optimal ways of applying mineral fertilizers. **Results and conclusions.** During the spring planting of potatoes on the southern chernozem with sprinkling, the best conditions for the consumption of nutrients of fertilizers by the root system are created by pre-sowing loosening of the soil with an ACRU-2.8 aggregate to a depth of 0.45 m with simultaneous belt application of mineral fertilizers to a depth of 0.15 m and cutting ridges. These agrotechnical techniques provide the best linear plant growth – 0.77 m, the formation of a well-developed and efficiently functioning photosynthetic apparatus due to a larger leaf surface and obtaining the highest yield of potato tubers - 66.1 t/ha, which is 13% higher than the control variant. An increase or decrease in the depth of fertilizer application, as well as their application randomly on the soil surface before loosening it with chisel or tape to a depth of 0.15 m leads to a significant decrease in yield. Given the high demands of potatoes on loose, well-aerated soil, the improvement of methods of pre-planting tillage remains relevant, especially in irrigation conditions.

Key words: *nutritional value of feed, gluten, flour, protein, bread quality, green mass, grain.*

Citation. Novikov A.A., Melikhov V.V., Komarova O.P. Improved tillage techniques for potato cultivation in the southern chernozem zone during irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 83-91 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-09.

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

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

УДК 633.82

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ ПРИЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ В ЗОНЕ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ ПРИ ОРОШЕНИИ

А. А. Новиков, доктор сельскохозяйственных наук

В. В. Мелихов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
член-корреспондент РАН

О. П. Комарова, кандидат сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 17.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

**Исследования проведены в соответствии с планом НИР на 2022-2024 гг. ФГБНУ
«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»
по теме № FNFR-2022-0005**

Актуальность. Одной из важнейших продовольственных и технических культур, возделываемых в России, является картофель, который выращивают сельхозпредприятия в промышленных масштабах и население в личных подсобных хозяйствах. Важнейшей задачей, стоящей перед сельхозпредприятиями Юга России в настоящее время и на ближайшую перспективу определено увеличение производства на орошаемых землях картофеля для полного удовлетворения потребностей населения региона этим важнейшим продуктом питания. Однако получение высоких урожаев картофеля невозможно без совершенствования технологических приемов его возделывания, таких как оптимизация способов предпосевной обработки почвы. **Объект.** Объектом исследований являются посадки картофеля сорта Ласунак в условиях орошения. **Материалы и методы.** Исследования проводили в 2014-2016 гг. на орошаемых землях в ООО «Маяк» Семикаракорского района Ростовской области на черноземе южном карбонатном гумусированном среднесуглинистом с мощностью гумусового горизонта 0,59 м, содержанием гумуса – 3,84 %. Полевые и лабораторные исследования и сопутствующие наблю-

дения проведены согласно общепринятым методикам в растениеводстве. **Цель и задачи исследований.** Основной целью наших исследований является разработка научных основ системы предпосевной обработки почвы и способов внесения минеральных удобрений под картофель при орошении на юге России. Задачи исследований: усовершенствовать технологические приемы предпосевной обработки почвы; установить оптимальные способы внесения минеральных удобрений. **Результаты и выводы.** При весенней посадке картофеля на черноземе южном при поливе дождеванием лучшие условия для потребления питательных веществ удобрений корневой системой создаются при предпосевном рыхлении почвы агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременным ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 0,15 м и нарезанием гребней. Эти агротехнические приемы обеспечивают лучший линейный рост растений – 0,77 м, формирование хорошо развитого и эффективно работающего фотосинтетического аппарата за счет большей листовой поверхности и получение самой высокой урожайности клубней картофеля – 66,1 т/га, что на 13 % выше контрольного варианта. Увеличение или уменьшение глубины внесения удобрений, как и их внесение вразброс по поверхности почвы перед её рыхлением чизелем или лентой на глубину 0,15 м приводит к существенному снижению урожайности. С учетом высокой требовательности картофеля к рыхлой, хорошо аэрируемой почве, усовершенствование способов предпосадочной обработки почвы сохраняет свою актуальность, особенно в условиях орошения.

Ключевые слова: картофель, предпосевная обработка картофеля, минеральные удобрения, комбинированные агрегаты, АКРУ-2,8, черноземы южные, орошение картофеля, урожайность картофеля.

Цитирование. Новиков А. А., Мелихов В. В., Комарова О. П. Усовершенствованные приемы обработки почвы при возделывании картофеля в зоне южных черноземов при орошении. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 83-91. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-09.

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. Картофель является одной из важнейших сельскохозяйственных культур, которая возделывается не только на продовольствие, но и на технические и кормовые цели [1, 5, 11]. Однако в условиях юга России его выращивание усугубляется многими неблагоприятными естественными факторами, такими как повышение рисков погодно-климатических аномалий, ведущих за собой ухудшение агрометеорологического состояния почв и вследствие этого снижение урожая картофеля [6, 7].

В связи с этим совершенствование технологических приемов его возделывания, таких как оптимизация способов предпосевной обработки почвы и внесения минеральных удобрений, дает возможность значительно повысить урожайность картофеля [3, 4, 9].

Как показали наши литературно-патентные исследования, до настоящего времени нет единого мнения по оптимальным приемам предпосевной обработки почвы. Поэтому необходимо уточнение и совершенствование этого очень важного технологического приема [2, 8, 13].

Кроме того, до настоящего времени нет единого мнения по оптимальным способам внесения минеральных удобрений под картофель, также необходимо совершенствование этого важного технологического процесса [10, 12, 14].

Для создания таких условий для роста и развития картофеля нами разработан комбинированный агрегат для рыхления почвы и внесения удобрений – АКРУ-2,8 15. (Новиков А. А., Мелихов В. В., Болотин Д. А. Патент 2685398 Российская Федерация. МПК А01В 49/06. Комбинированное устройство для рыхления почвы и ленточного

внесения удобрений в гребне), который за один проход рыхлит почву на глубину до 0,45 м и ленточным способом на заданную глубину вносит минеральные удобрения и формирует гребни, в которые производится посадка картофеля.

Для определения наиболее эффективного способа предпосадочной обработки почвы и глубины внесения минеральных удобрений проведены полевые исследования.

Цель и задачи исследований. Основной целью наших исследований является разработка научных основ системы предпосевной обработки почвы и способов внесения минеральных удобрений под картофель при орошении на юге России. Задачи исследований: усовершенствовать технологические приемы предпосевной обработки почвы; установить оптимальные способы внесения минеральных удобрений.

Материалы и методы. Полевые исследования проводили в 2014-2016 гг. на орошаемых землях в ООО «Маяк» Семикаракорского района Ростовской области на черноземе южном карбонатном гумусированном среднесильном тяжелосуглинистом с мощностью гумусового горизонта 0,59 м, содержанием гумуса – 3,84 %.

Климат в местах проведения полевых опытов континентальный, характеризующийся сильной засушливостью и большим количеством тепловых ресурсов. Средняя годовая температура воздуха здесь составляет +8,2 °С, сумма температур воздуха – 3200-3400 °С, годовое количество осадков – 413 мм, ГТК = 0,5–0,6, безморозный период – 165 дней.

Годы проведения полевых опытов в целом были характерными для юга России. По количеству осадков наиболее влажным был 2012 г., с годовой суммой осадков на 38 % больше среднегодовой. Более засушливыми были 2013 и 2014 годы, когда выпадало на 25–35 % меньше годовой суммы осадков.

В основу постановки полевых опытов и обобщения результатов исследований были положены методические указания Всероссийского НИИ орошаемого земледелия по проведению полевых опытов в условиях орошения.

Методы исследований были основаны на обзоре отечественной и иностранной литературы, проведении полевых опытов, наблюдений, лабораторных исследований, статистической обработке экспериментальных данных, анализе полученных результатов и их интерпретации. При проведении исследований применялись общепринятые методики и ГОСТы.

Статистическую обработку полученных экспериментальных данных проводили методом дисперсионного и корреляционного анализов по методике Б. А. Доспехова (1973) с использованием современных программ для ЭВМ.

Были изучены следующие варианты опытов: рыхление чизелем ПЧ-2,5 на глубину 0,45 м и внесением удобрений в разброс; то же с внесением удобрений КСМГ-4А на глубину 0,15 м строчкой; рыхление АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с внесением удобрений; АКРУ-2,8 на глубину 0,10 м лентой; то же на глубину 0,15 м и то же с внесением удобрений АКРУ-2,8 на глубину 0,20 м.

При этом по всем вариантам опытов определялось влияние способов предпосевной обработки почвы и способов внесения удобрений на высоту растений, площадь листовой поверхности и урожай картофеля.

Результаты и обсуждение. В начальный период вегетации до фазы бутонизации высота картофеля во всех вариантах одинаковая. В фазе бутонизации и цветения наблюдалась тенденция увеличения этого показателя при одновременной обработке почвы и ленточном внесении удобрений агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м (таблица 1).

Таблица 1 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на высоту растений картофеля весенней посадки, м (среднее за 2014-2016 гг.)

Table 1 – Influence of methods of pre-sowing tillage and application of fertilizers on the height of potato plants of spring planting, m (average for 2014-2016)

Способ		Фенологическая фаза			
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	цвете- ние	клубне- образование	увядание ботвы
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверх- ности	0,49	0,57	0,72	0,65
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	0,48	0,58	0,72	0,67
Рыхление АКРУ- 2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	0,50	0,59	0,74	0,70
То же	то же на 0,15 м	0,50	0,60	0,77	0,72
То же	то же на 0,20 м	0,48	0,57	0,75	0,68
НСР ₀₅		0,02	0,03	0,03	0,03

В фазе клубнеобразования и увядания ботвы линейный рост растений картофеля в этом варианте стал достоверно больше, чем при других изучаемых способах и глубине внесения минеральных удобрений. При этом период вегетации картофеля от всходов до технологической спелости при обработке почвы и ленточном внесении удобрений разработанным агрегатом АКРУ-2,8 в среднем за годы исследований составил 92 дня, при обработке почвы чизелем и поверхностным или строчным внесением удобрений 90 дней, или на 2 дня короче. Увеличение продолжительности вегетации при обработке почвы и ленточном внесении удобрений агрегатом АКРУ-2,8 произошло из-за увеличения периода вегетации картофеля от фазы клубнеобразования до технологической спелости на это же количество дней.

Предпосевная обработка почвы и способы внесения удобрений оказали существенное влияние на развитие и эффективность работы фотосинтетического аппарата растений картофеля. Начиная с фазы бутонизации и до увядания ботвы, достоверно самую большую листовую поверхность на 1 м² посевов формировал картофель при предпосевной обработке почвы АКРУ-2,8 с одновременным ленточным внесением азотно-фосфорных удобрений на глубину 0,15 м и нарезанием гребней (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на площадь листовой поверхности картофеля весенней посадки, м²/м² (среднее за 2014-2016 гг.)

Table 2 – Influence of methods of pre-sowing tillage and application of fertilizers on the height of potato plants of spring planting, m (average for 2014-2016)

Способ		Фенологическая фаза			ФСП, млн м ² ·дн./га
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	цветение	клубне- образование	
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	2,31	3,12	3,51	2,94
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	2,31	3,01	3,47	2,78
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	2,34	3,12	3,52	3,31
То же	то же на 0,15 м	2,53	3,21	3,77	3,57
То же	то же на 0,20 м	2,35	3,01	3,24	3,25
НСР ₀₅		0,15	0,14	0,15	0,21

Благодаря большей ассимиляционной поверхности и на 2 дня более продолжительному периоду вегетации при этом способе внесения удобрений формируется и самый большой фотосинтетический потенциал (ФСП) посадок картофеля – 3,57 млн $\text{м}^2 \cdot \text{дн.}/\text{га}$. При всех других изучаемых способах предпосадочной обработки почвы и внесения удобрений этот показатель существенно меньше.

Значительно больший фотосинтетический аппарат при ленточном внесении удобрений АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м обусловлен достоверно большими темпами прироста листовой поверхности посадками картофеля в течение всего вегетационного периода, что положительно сказалось на динамике нарастания надземной массы растениями картофеля.

При таком способе внесения удобрений, начиная с фазы бутонизации и в течение всей вегетации до увядания ботвы, когда наступает технологическая спелость уборки картофеля, посадки картофеля формируют самую большую сухую надземную массу. При внесении удобрений этим же агрегатом, но на меньшую (10 см) или большую (20 см) глубину надземная масса растений во все фазы роста и развития картофеля достоверно уменьшается. Ещё меньше она при поверхностном внесении удобрений перед предпосадочным рыхлением почвы чизелем, но самая маленькая она при строчном внесении удобрений агрегатом КСМГ-4А на глубину 15 см.

От надземной массы растений, а также площади их листовой поверхности и в целом фотосинтетического потенциала посадок картофеля существенно зависело формирование клубней и их масса (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на массу клубней картофеля весенней посадки, $\text{г}/\text{м}^2$ АСВ (среднее за 2014-2016 гг.)

Table 3 – Influence of methods of pre-sowing tillage and application of fertilizers on the weight of spring-planted potato tubers, g/m^2 DIA (average for 2014-2016)

Способ		Фенологическая фаза			
обработки почвы	внесения удобрений	буто- низация	цветение	клубне- образова- ние	увядание ботвы
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	83	154	632	1410
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	74	135	608	1310
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	93	187	734	1573
То же	то же на 0,15 м	101	214	786	1705
То же	то же на 0,20 м	96	188	712	1542
НСР ₀₅		8	11	41	92

Самая большая абсолютно сухая масса клубней картофеля формируется при ленточном внесении минеральных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,15 м. Уменьшение или увеличение глубины внесения удобрений этим же агрегатом, как и поверхностное или строчное их внесение приводит к достоверному уменьшению массы образовавшихся клубней. В фазе клубнеобразования наблюдалась прямая тесная корреляционная зависимость массы клубней от надземной массы растений – $r = 0,961$. То есть, чем больше сухая надземная масса растений картофеля, тем больше масса клубней.

При всех способах предпосадочного рыхления почвы и внесения азотно-фосфорных удобрений происходит увеличение надземной массы растений картофеля от фазы всходов и до массового цветения, наступающего на 60-65 сутки вегетации. Во

время клубнеобразования, наступающего на 70-75 сутки вегетации, абсолютно сухая масса растений начинает постепенно снижаться из-за оттока питательных веществ в образующиеся клубни. Ещё меньше она при увядании ботвы из-за ещё большего оттока питательных веществ, а также усыхания и опадения листьев (рисунок 1).

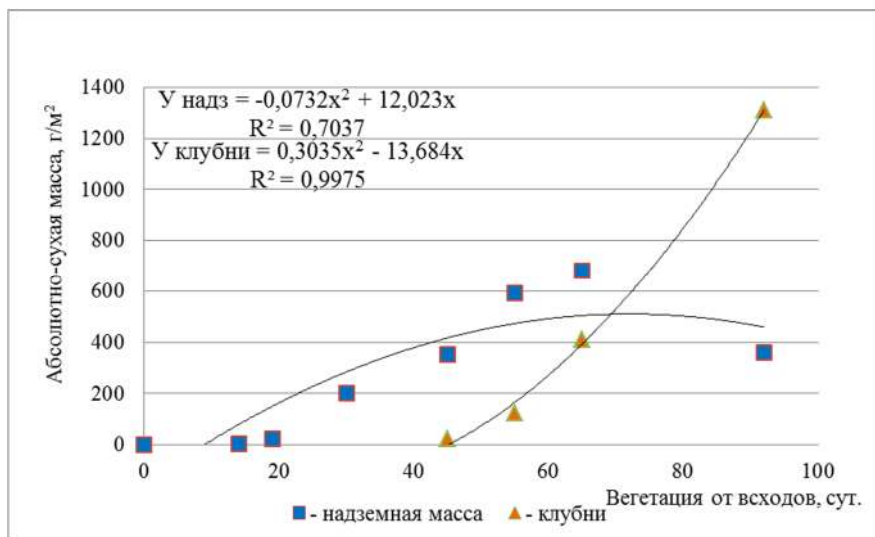


Рисунок 1 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на динамику формирования надземной массы клубней картофеля (среднее за 2014-2016 гг.)

Figure 1 – Influence of methods of pre-sowing tillage and application of fertilizers on the dynamics of above-ground mass formation of potato tubers (average for 2014-2016)

Образование же клубней начинается на 45-е сутки от появления всходов, когда растения находятся в фазе бутонизации, и темпы нарастания массы абсолютно сухого вещества клубнями существенно больше, чем надземной массы и уже на 65-70-е сутки вегетации, то есть через 20-25 суток от начала клубнеобразования масса клубней и надземная масса растений одинаковые. В дальнейшем масса клубней нарастала ещё большими темпами.

Следует отметить, что самая большая надземная масса, развитый, эффективно работающий фотосинтетический аппарат и масса клубней формируются при рыхлении почвы и ленточном внесении азотно-фосфорных удобрений агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,15 см из-за того, что корневая система растений картофеля лучше потребляет элементы питания из удобрений, внесенных на 5-6 см глубже заделки клубней картофеля. Внесение удобрений этим же агрегатом лентой, но на меньшую – 0,10 см (на одном уровне с посаженными клубнями), или на большую (20 см) глубину – 10-11 см ниже размещения клубней снижает возможности потребления элементов питания и приводит к существенному уменьшению нарастания надземной массы растений и формирования клубней. Внесение удобрений вразброс перед посадкой ещё больше ухудшает потребление растениями питательных веществ из распределенных по всему горизонту почвы удобрений. Но самые худшие условия складываются при строчном внесении удобрений, что, видимо, связано с высокой концентрацией солей удобрений в одном месте, что ухудшает проникновение корневой системы растений в зону внесенных удобрений и уменьшает потребление из них элементов питания.

Все это оказывает существенное влияние на урожайность картофеля, которая самой высокой была при предпосевном рыхлении почвы агрегатом АКРУ-2,8 с одновременным ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 15 см и в среднем за годы исследований составила 66,1 т/га (таблица 4).

Внесение удобрений этим же агрегатом на меньшую или большую глубину приводит к достоверному снижению урожайности. Ещё более существенное снижение наблюдается при разбросном внесении удобрений по поверхности почвы перед предпосадочным рыхлением почвы чизелем, и особенно при строчном внесении КСМГ-4А на глубину 15 см.

Таблица 4 – Влияние способов предпосевной обработки почвы и внесения удобрений на урожайность картофеля, т/га (среднее за 2014-2016 гг.)

Table 4 – Impact of pre-sowing and fertilization methods on potato yield, t/ha (2014-2016 average)

Способ		Год			Среднее	Прибавка	
обработки почвы	внесения удобрений	2014	2015	2016		т/га	%
Рыхление чизелем ПЧ-2,5 на 0,45 м	вразброс по поверхности	55,5	54,6	53,1	54,4	-	-
То же	КСМГ-4А на 0,15 м строчкой	48,9	50,1	53,4	50,8	-3,6	-7,1
Рыхление АКРУ-2,8 на 0,45 м	АКРУ-2,8 на 0,10 м лентой	62,5	60,1	60,1	60,9	6,6	12,1
То же	то же на 0,15 м	65,1	66,4	66,8	66,1	11,7	21,5
То же	то же на 0,20 м	60,5	60,1	58,7	59,8	5,4	10,1
НСР ₀₅		2,55	3,70	3,90	3,74	-	-

Установлена прямая тесная корреляционная зависимость урожайности клубней картофеля от площади его листовой поверхности ($r = 0,877$), и ещё более тесной она была с сухой надземной массой растений картофеля в фазе клубнеобразования – $r = 0,916$.

Такая тесная зависимость между этими показателями позволила рассчитать уравнение регрессии, которое имеет следующий вид:

$$Y = 0,13 x - 11,6,$$

где Y – урожайность картофеля, т/га; x – сухая надземная масса растений картофеля в фазе клубнеобразования, г, 0,13 – коэффициент регрессии.

По этому уравнению можно в фазе клубнеобразования определить сухую надземную массу растений картофеля и прогнозировать его урожайность. Например, в фазе клубнеобразования сухая надземная масса составляет 536 г/м², то ожидаемая урожайность клубней составит 58,1 т/га. Эта информация будет очень полезной для планирования уборки по количеству уборочных агрегатов, транспорта, потребности ёмкостей для хранения будущего урожая и его переработки.

Выводы. При весенней посадке картофеля на черноземе южном при поливе дождеванием лучшие условия для потребления питательных веществ удобрений корневой системой создаются при предпосевном рыхлении почвы агрегатом АКРУ-2,8 на глубину 0,45 м с одновременным ленточным внесением минеральных удобрений на глубину 0,15 м и нарезанием гребней. Эти агротехнические приемы обеспечивают лучший линейный рост растений – 0,77 м, формирование хорошо развитого и эффективно работающего фотосинтетического аппарата за счет большей листовой поверхности и получение самой высокой урожайности клубней картофеля – 66,1 т/га, что на 13 % выше контрольного варианта.

Увеличение или уменьшение глубины внесения удобрений, как и их внесение вразброс по поверхности почвы перед её рыхлением чизелем или лентой на глубину 0,15 м, приводит к существенному снижению урожайности.

Библиографический список

1. Борин А. А., Лощилина А. Э. Влияние систем обработки при длительном применении в севообороте на плодородие почвы, развитие растений и урожайность // Аграрный вестник Верхневолжья. 2021. № 3 (36). С. 5-11.
2. Борин А. А., Лощилина А. Э. Влияние различных систем обработки почвы на ее агрофизические свойства и урожайность культур севооборота // Агрофизика. 2018. № 3. С. 1-7.
3. Ивенин В. В., Ивенин А. В., Строкин В. Л. Адаптация и модернизация голландской системы обработки почвы под различные сорта картофеля на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2 (38). С. 31-35.
4. Ивенин В. В., Ивенин А. В., Богомолов В. Н. Обработка светло-серой лесной почвы под различные сорта картофеля в Волго-Вятском регионе // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 4 (12). С. 18-24.
5. Картофель. Выращивание, уборка, хранение / под общей редакцией Д. Шпаара. М.: ООО «ДЛВ АГРОДЕЛО». 2016. 458 с.
6. Новиков А. А. Ресурсосберегающее устройство для локальной обработки почвы и ленточного внесения удобрений под картофель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (58). С. 153-164.
7. Новиков А. А. Зяблевая обработка почвы и способы ее рыхления перед посадкой картофеля // Аграрный научный журнал. 2022. № 6. С. 28-35.
8. Семичев С. В. Анализ отечественных и зарубежных технических средств для возделывания картофеля и топинамбура на грядах // Электротехника и электрооборудование в АПК. 2020. Т. 67. № 4 (41). С. 144-150.
9. Эльдарханов М. М., Мусаев М. Р. Влияние способов основной обработки почвы на продуктивность раннего картофеля в равнинной орошаемой зоне Республики Дагестан // Известия Дагестанского ГАУ. 2022. № 4 (16). С. 133-135.
10. A Simple and Efficient Inoculation Method for Fusarium Dry Rot Evaluations in Potatoes / D. Chen, K. Nahar, B. Bizimungu, D. De Koeper, V. Dickison // American Journal of Potato Research. 2020. V. 97. Issue 3. Pp. 265-271.
11. Effects of crop rotation on energy use efficiency of irrigated potato with cereals, canola, and alfalfa over a 14-year period in Manitoba, Canada / M. Khakbazan, R. M. Mohr, J. Huang, D. L. McLaren, A. Nelson // Soil and Tillage Research. 2019. V. 195. Article 104357.
12. Improving productivity of managed potato cropping systems in Eastern Canada: Crop rotation and nitrogen source effects / J. Nyiraneza, R. D. Peters, V. A. Rodd, M. G. Grimmett, Y. Jiang // Agronomy Journal. 2015. V. 107. Issue 4. Pp. 1447-1457.
13. Nitrate Leaching and Potato Yield under Varying Plow Timing and Nitrogen Rate / Y. Jiang, J. Nyiraneza, M. Khakbazan, X. Geng, B. J. Murray // Agrosystems, Geosciences and Environment. 2019. V. 2. Issue 1. Pp. 1-14.
14. Potato yield, net revenue and specific gravity responses to nitrogen fertilizer under different Canadian agroecozones / J. Nyiraneza, A. N. Cambouris, A. Nelson, N. Ziadi, J. Lafond // Agronomy. 2021. V. 11. Issue 7. Article number 1392.

Информация об авторах

Новиков Алексей Андреевич, заместитель директора по научной работе ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: aa_novikov@vniioz.ru

Мелихов Виктор Васильевич, научный руководитель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, e-mail: vv_melikhov@vniioz.ru

Комарова Ольга Петровна, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: op_komarova@vniioz.ru

AGROBIOLOGICAL PROPERTIES OF NEW TABLE GRAPE VARIETIES IN THE MODERATE CONTINENTAL CLIMATE OF THE NORTH-WESTERN CISCAUCASIA

V. S. Petrov¹, S. E. Gusev², D. M. Tsiku¹, A. A. Marmorshtein¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center
of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar*

²*Peasant Farm «Gusev», Dubovka, Volgograd Region*

Received 17.04.2023

Submitted 20.05.2023

Summary

The article presents the study results of agrobiological properties of new table grape varieties in the conditions of the moderate continental climate of the North-western Ciscaucasia. According to the research results, the varieties Timoti, Agate Dubovskiy and Kishmish Dubovskiy are distinguished by a combination of positive agrobiological traits.

Abstract

Introduction. The relevance of the work is due to the need to improve the grape assortment based on an increase in the share of autochthonous and domestic table varieties in grape plantings with attractive morphometric and organoleptic characteristics of bunches and berries, with high adaptive and productive potentials of plants. **An object.** New table grape varieties: Agat Dubovskiy, Akello, Gamlet, Dubovskiy rozovyi, Ispolin, Kishmish Dubovskiy, Pestryi, Timoti, Livia (control). **Materials and methods.** The studies were carried out in the conditions of the moderate continental climate of the Krasnodar region (45°15'47" N 39°11'33"E). The climatic norm of the annual air temperature is +12.7 °C, during the growing season (April-September) – 20.2 °C, during the period of active growth of grape berries (II June - III July) – 24.1 °C, the maximum air temperature rises to +40.7 °C, the minimum air temperature drops to -27.7 °C. The sum of active air temperatures is 4025 °C, annual precipitation is 729 mm. Soils are leached chernozems. The plantings are cultivated in a covering culture with drip irrigation, the planting scheme of bushes is 4 × 2 m, the shape of the bushes is long-arm, the rootstock is Berlandieri × Riparia SO4. For comparative evaluation of varieties and selection of the best, methods of accounting and observations adopted in viticulture were used. **Results and conclusion.** According to the totality of positive agrobiological signs, the following varieties were identified: Timoti, Agat Dubovskiy and Kishmish Dubovskiy. They are distinguished by high productivity values, the structure of the bunch and berries, attractive organoleptic properties. The average bunch weight of the Agat Dubovskiy variety is 624 g, Timoti – 618 g, Kishmish Dubovskiy – 453 g, 42, 40 and 3% more than that of the control variety Livia, respectively. In terms of yield capacity, Agat Dubovskiy, Timoti and Kishmish Dubovskiy varieties exceed the control by 83, 70 and 5%, respectively. The values of the tasting evaluation were the highest in the varieties Kishmish Dubovsky – 8,6; Agate Dubovsky and Timothy – 7,9; the control grade – 7,8 points. Table varieties, distinguished by productivity indicators, attractiveness of bunches and berries and organoleptic properties, are a good basis for improving the assortment and sustainable production of high-quality grapes in the agroecological conditions of the North-western Ciscaucasia.

Key words: grapes, varieties, productivity, quality.

Citation. Petrov V. S., Gusev S. E., Tsiku D. M., Marmorshtein A. A. Agrobiological properties of new table grape varieties in the moderate continental climate of the North-western Ciscaucasia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 92-100 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-10.

Author's contribution. The authors of this study laid down the experience, collected experimental material, analyzed the data and wrote a paper.

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

УДК 634.8(631.52)

АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НОВЫХ СТОЛОВЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ

В. С. Петров¹, доктор сельскохозяйственных наук, доцент
С. Э. Гусев², индивидуальный предприниматель, селекционер
Д. М. Цику¹, младший научный сотрудник
А. А. Марморштейн¹, младший научный сотрудник

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства,
виноделия», г. Краснодар, Россия

²Индивидуальный предприниматель, г. Дубовка, Волгоградская область, Россия

Дата поступления в редакцию 17.04.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Актуальность обусловлена необходимостью совершенствования сортимента винограда на основе увеличения доли автохтонных и отечественных столовых сортов в посадках винограда с привлекательными морфометрическими и органолептическими признаками гроздей и ягод, с высоким адаптивным и продукционным потенциалами растений. **Объект.** Новые столовые сорта винограда: Агат Дубовский, Акелло, Гамлет, Дубовский розовый, Исполин, Кишмиш Дубовский, Пестрый, Тимоти, Ливия (контроль). **Материалы и методы.** Исследования выполнены в условиях умеренно континентального климата Краснодарского края (45°15'47"N 39°11'33"E). Климатическая норма годовой температуры воздуха составляет +12,7 °С, за вегетацию (апрель-сентябрь) – 20,2 °С, в период активного роста ягод винограда (II июнь – III июль) – 24,1 °С, максимальная поднимается до +40,7 °С, минимальная опускается до -27,7 °С. Сумма активных температур воздуха составляет 4025 °С, годовых осадков 729 мм. Почвы – выщелоченные черноземы. Насаждения возделываются в укрывной культуре с капельным орошением, схема посадки кустов 4×2 м, форма кустов – длиннорукавная, подвой – Берландиери × Рипария SO4. Для сравнительной оценки сортов и выделения лучших использовали принятые в виноградарстве методы учетов и наблюдений. **Результаты и выводы.** По совокупности положительных агробиологических признаков выделены сорта: Тимоти, Агат Дубовский и Кишмиш Дубовский. Они отличаются высокими значениями продуктивности, строения грозди и ягоды, привлекательными органолептическими свойствами. Средняя масса грозди у сорта Агат Дубовский составляет 624, Тимоти – 618, Кишмиш Дубовский – 453 г., на 42, 40 и 3 % больше, чем у контрольного сорта Ливия. По урожайности сорта Агат Дубовский, Тимоти и Кишмиш Дубовский превосходят контроль на 83, 70 и 5 % соответственно. Значения дегустационной оценки были наибольшими у сортов Кишмиш Дубовский – 8,6; Агат Дубовский и Тимоти – 7,9; у контрольного сорта – 7,8 балла. Столовые сорта, выделенные по показателям продуктивности, привлекательности гроздей и ягод и органолептическим свойствам, являются хорошей базой для совершенствования сортимента и устойчивого производства высококачественного винограда в агроэкологических условиях Северо-Западного Предкавказья.

Ключевые слова: сорта винограда, столовые сорта винограда, качество винограда.

Цитирование. Петров В. С., Гусев С. Э., Цику Д. М., Марморштейн А. А. Агробиологические свойства новых столовых сортов винограда в условиях умеренно континентального климата Северо-Западного Предкавказья. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 92-100. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-10.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Виноград – одно из наиболее ценных сельскохозяйственных растений. Его плоды, обладающие высокими диетическими и вкусовыми свойствами, потребляют как в свежем виде, так и переработанными в качестве соков, вин, маринадов и других продуктов. В винограде свежего сбора содержится большой набор органических кислот, витаминов, минеральных солей, которые делают его незаменимым пищевым продуктом для здорового питания [1, 2, 11, 13].

Качественный и количественный состав ягод напрямую зависит от биологических особенностей сорта винограда.

Ампелографический сорт винограда – совокупность растений, размноженных вегетативным путем, обладающих относительным постоянством наследственно закрепленных признаков и свойств (ГОСТ Р 52681-2006).

В структуре современных насаждений винограда представлены сорта столовых, технических и универсальных направлений использования. В Государственном реестре селекционных достижений в 2022 г. допущено к использованию 413 сортов, из них 94 столовых, 257 технических и 62 универсальных.

Из числа разрешенных к применению на практике используется чуть больше 50 наименований столовых сортов. Промышленное распространение в насаждениях Краснодарского края обрели преимущественно интродуцированные сорта, западноевропейской селекции – Молдова (4725 га), Августин (1988 га), Мускат Гамбургский (693 га), Мускат Италия (583 га). Доля сортов отечественной селекции насчитывает менее 1 %. Интродуцированные сорта, как правило, обладают низкой адаптивной устойчивостью к низкотемпературным стрессорам в зимний период [10, 12, 14, 15], максимальной температуре и засухе во время вегетации растений [16], восприимчивы к болезням и вредителям [8], нуждаются в химической обработке, что ведет к подавлению почвенной микрофлоры и нарушению экологии ампелоценозов, развитию токсичности, снижению продуктивности и ухудшению качества винограда [3-7, 9]. Чтобы снизить негативные последствия и сформировать эффективный сортимент, необходимы новые сорта, устойчивые к биотическим и абиотическим стрессорам, слабовосприимчивые к вредным организмам, а также имеющие привлекательные биологические и потребительские свойства.

На потребительском рынке растет спрос на виноград с привлекательными биометрическими и органолептическими признаками гроздей и ягод. Для обеспечения устойчивого производства и наиболее полного удовлетворения населения в качественном винограде в насаждениях должны доминировать отечественные генотипы с наследственно обусловленными положительными признаками.

В существующей концепции сортовой политики в отрасли виноградарства приоритетным является создание и использование новых отечественных сортов, превосходящих аналоги по хозяйственно-биологическим, продукционным, адаптивным, биометрическим и органолептическим параметрам для пополнения и улучшения сортимента отечественных насаждений. Наилучшие биологические признаки сортов винограда, как правило, реализуются в местах их происхождения [6].

Таким образом, в современном российском виноградарстве актуальным является совершенствование сортимента винограда на основе увеличения доли автохтонных и отечественных сортов в посадках винограда с привлекательными морфометрическими, биометрическими и органолептическими признаками гроздей и ягод, с высоким адаптивным и продукционным потенциалами растений. Использование новых отечественных сортов по месту происхождения позволит улучшить российское виноградарство и повысить его конкурентоспособность на потребительском рынке.

Цель исследования. Изучить агробиологические свойства новых столовых сортов, выделить генотипы с высокими показателями урожайности и качества ягод для улучшения сортимента винограда в Северо-Западном Предкавказье и прилегающих регионах со схожими экологическими условиями обитания растений.

Новизна исследований. Впервые получены новые системные знания о биологических, продукционных и органолептических признаках новых столовых сортов винограда в нестабильных погодных условиях умеренно континентального климата Северо-Западного Предкавказья.

Объект исследований. Объектами исследований являются столовые сорта винограда селекции Гусева С. Э., созданные в условиях засушливого выраженного континентального климата – г. Дубовка Волгоградской области. Краткое описание сортов приведено на рисунке 1 и в таблице 1.

Материалы и методы. Исследования выполнены в условиях умеренно континентального климата Краснодарского края (45°15'47"N 39°11'33"E) в период с 2019/2020 по 2021/2022 сельскохозяйственные годы (октябрь-сентябрь). Климатическая норма годовой температуры воздуха составляет +12,7 °С, за вегетацию (апрель-сентябрь) – 20,2 °С, в период активного роста ягод винограда (II июнь - III июль) – 24,1 °С, максимальная +40,7 °С, минимальная опускается до -27,7 °С. Сумма активных температур воздуха (10 °С и выше) составляет 4025 °С, годовых осадков – 729 мм. Почвы – выщелоченные черноземы. Насаждения возделываются в укрывной привитой культуре с капельным орошением, схема посадки кустов 4×2 м, форма кустов – длиннорукавная, нагрузка побегами, принятая в производстве, и соответствует биологическим особенностям сортов, подвой – Берландиери × Рипариа SO4.

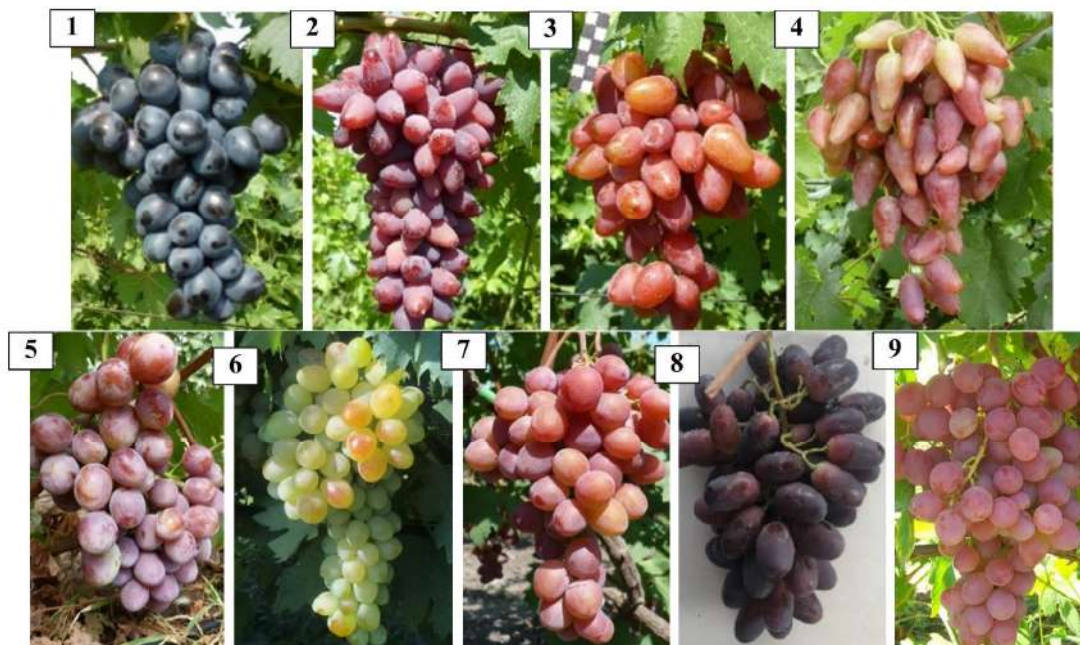


Рисунок 1 – Изучаемые столовые сорта винограда:

1 – Агат Дубовский, 2 – Акелло, 3 – Гамлет, 4 – Дубовский розовый,
5 – Исполин, 6 – Кишмиш Дубовский, 7 – Пестрый, 8 – Тимоти, 9 – Ливия

Figure 1 – Table grape varieties studied:

1 – Agat Dubovsky, 2 – Akello, 3 – Hamlet, 4 – Dubovsky pink,
5 – Giant, 6 – Kishmish Dubovsky, 7 – Motley, 8 – Timothy, 9 – Livia

Таблица 1 – Краткое описание сортов винограда / Table 1 – Brief description of grape varieties

№ п/п	Название	Родители	Сила роста	Размер грозди	Ягода	
					форма	цвет
1	Агат Дубовский	Талисман × Кубань	сильно- рослый	очень крупная	яйцевидная	фиолетово- черный
2	Акелло	Восторг × Кодрянка	средне- рослый	крупная	удлиненная, заостренная	красно- малиновый
3	Гамлет	Восторг Крас- ный × Тайсон	сильно- рослый	очень крупная	яйцевидная	розовый
4	Дубовский розовый	Восторг Крас- ный × Юбилей Новочеркасска	сильно- рослый	крупная	удлиненная, заостренная	розовый, красно- малиновый
5	Исполин	Фламинго × Рошфор	сильно- рослый	крупная	овально- яйцевидная	ярко розовый
6	Кишмиш Дубовский	Нимранг × Кишмиш Лучистый	сильно- рослый	крупная	овальная	светло- розовый
7	Пестрый	Талисман × Кишмиш Лучистый	средне- рослый	средняя	яйцевидная	розовый
8	Тимоти	Талисман × Кодрянка	сильно- рослый	крупная	овальная	темно- фиолетовый
9	Ливия (кон- троль)	Фламинго × Аркадия	сильно- рослый	крупная	овальная	розовый

Для сравнительной оценки сортов и выделения лучших использовали принятые в виноградарстве методы учетов и наблюдений. Агробиологические учеты – количество побегов, число соцветий определяли путем прямого подсчета на кустах; коэффициенты плодоношения (k_1) и плодоносности (k_2) расчетные; учет урожая и средней массы грозди проводили при достижении технологической зрелости ягод винограда путем взвешивания [4]; массовую концентрацию сахаров определяли ареометрическим методом (ГОСТ 27198-87), титруемых кислот – прямым титрованием 0,1N раствором NaOH (ГОСТ ISO 750-2013); органолептические свойства ягод винограда оценивали в процессе дегустации по десятибалльной шкале [4].

Результаты и обсуждение. Важным признаком для оценки сорта винограда является его хозяйственная продуктивность. Для более глубокой и детальной оценки хозяйственной продуктивности культуры винограда применяют прямые и расчетные показатели: количество побегов, количество и масса гроздей, коэффициенты плодоношения (k_1) и плодоносности (k_2), урожайность, увологические показатели гроздей и ягод, органолептические свойства ягод.

Наибольшее количество плодоносных побегов было у сортов Акелло, Гамлет, Агат Дубовский и Тимоти. По этому показателю они превосходят контрольный сорт Ливия на 27, 23, 8 и 8 % соответственно. Остальные сорта уступали контролю. Долевое соотношение плодоносных побегов наибольшим было у сортов Гамлет, Акелло, Дубовский розовый, Кишмиш Дубовский, Пестрый и Тимоти. Первые три сорта существенно превосходили контроль. Разница составляла 10-5 %. У остальных сортов превышение было незначительным – 1-2 %. Коэффициенты k_1 и k_2 наибольшими были у сортов

Агат Дубовский, Тимоти, Кишмиш Дубовский и Пестрый. По массе грозди выделены сорта Агат Дубовский (624 г), Тимоти (618 г), Кишмиш Дубовский (453 г) и Дубовский розовый (450 г), они превосходили контроль на 42, 40, 3 и 2 % соответственно. У остальных сортов масса грозди была меньше, чем у контроля. Наибольшей продуктивностью побега отличались сорта Агат Дубовский (0,699 кг/побег), Тимоти (0,581 кг/побег) и Кишмиш Дубовский (0,390 кг/побег), которые превосходили контроль соответственно на 106, 71 и 15 %. Эти же сорта отличались наибольшей урожайностью. В среднем за период исследований у сорта Агат Дубовский урожайность составила 19,65 т/га, Тимоти – 18,27 т/га, Акелло – 16,63 т/га и Кишмиш Дубовский – 11,23 т/га. Это было выше, чем у контроля на 83, 70, 55 и 5 %. У сорта Акелло урожайность существенно выше, чем у контроля, при этом неудовлетворительная масса грозди, меньше, чем у контроля. Для столовых сортов это важный признак, гроздь должна быть привлекательной по морфометрическим значениям.

Обобщая показатели продуктивности, можно отметить, что в среднем за 3 года наблюдений в агроэкологических условиях центральной зоны виноградарства Краснодарского края по совокупности положительных морфометрических параметров (доля плодоносных побегов, k1 и k2, масса грозди, продуктивность побега, урожайность) выделяются сорта Агат Дубовский, Тимоти и Кишмиш Дубовский. Эти сорта существенно превосходят контрольный сорт Ливия по хозяйственно ценным признакам винограда (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Продуктивность новых сортов винограда в агроэкологических условиях центральной зоны виноградарства Краснодарского края, 2020 - 2022 гг.

Table 2 – Productivity of new grape varieties in agroecological conditions of the central viticulture zone of Krasnodar Krai, 2020 - 2022

№ п/п	Сорт	Количество побегов, шт./куст		Доля плодоносных побегов, %	Количество соцветий, шт./куст	Коэффициенты	
		всего	плодоносных			k1	k2
1	Ливия (контроль)	31	26	84	24	0,77	0,92
2	Агат Дубовский	34	28	82	38	1,12	1,36
3	Акелло	37	33	89	26	0,70	0,79
4	Гамлет	34	32	94	20	0,59	0,63
5	Дубовский розовый	19	17	89	10	0,53	0,59
6	Исполин	28	18	64	21	0,75	1,17
7	Кишмиш Дубовский	29	25	86	25	0,86	1,00
8	Пестрый	20	17	85	17	0,85	1,00
9	Тимоти	33	28	85	31	0,94	1,11

Таблица 3 – Урожайность новых сортов винограда в агроэкологических условиях центральной зоны виноградарства Краснодарского края, 2020-2022 гг.

Table 3 – Yield of new grape varieties in agroecological conditions of the central viticulture zone of Krasnodar Krai, 2020-2022

№ п/п	Сорт	Средняя масса грозди, г	Продуктивность побега, кг/куст	Урожайность, т/га
1	2	3	4	5
1	Ливия (контроль)	440	0,339	10,72
2	Агат Дубовский	624	0,699	19,65
3	Акелло	438	0,306	16,63
4	Гамлет	441	0,260	10,28

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5
5	Дубовский розовый	450	0,239	6,43
6	Исполин	373	0,280	8,85
7	Кишмиш Дубовский	453	0,390	11,23
8	Пестрый	390	0,332	6,38
9	Тимоти	618	0,581	18,27
	НСР ₀₅	232		1,73

Увологический анализ новых столовых сортов выполнен по важнейшим показателям механического состава гроздей и ягод винограда. Для оценки грозди использовали показатель строения грозди (отношение массы мякоти к массе гребней в грозди) и ягодный показатель (отношение числа ягод на 100 г грозди). Наилучшее значение отношения массы мякоти к массе гребней в грозди было у сортов Тимоти (96 %), Исполин (66 %), Кишмиш Дубовский (66 %). При таком соотношении массы мякоти и массы гребней гроздь имеет оптимальную плотность, обладает привлекательным видом и менее восприимчива к грибным заболеваниям. Ягодный показатель характеризует её размер. Чем меньше показатель, тем крупнее ягода. По этому показателю выделены сорта Дубовский розовый (11), Исполин (11), Гамлет (12) и Тимоти (13), у контрольного сорта Ливия этот показатель равен 14. У остальных сортов он выше, чем у контроля. Соответственно у выделенных сортов ягоды были более крупные – Дубовский розовый – 9,07 г, Исполин – 9,04 г, Гамлет – 8,98 г и Тимоти – 7,9 г, у контрольного сорта Ливия – 7,44 г.

К наиболее ценным относятся столовые сорта с наименьшим количеством и размером семян в ягодах. Количество семян в ягодах у всех изучаемых сортов было меньше, чем у контрольного сорта Ливия. Наименьшее их количество было у сорта Кишмиш Дубовский (1,1 шт.), Акелло (1,2 шт.), Исполин (1,3 шт.), Гамлет (1,3 шт.), Дубовский розовый (1,3 шт.) и Агат Дубовский (1,4 шт.), у контрольного сорта Ливия – 1,7 шт. По наименьшей массе семян превосходила контроль большая часть сортов – Кишмиш Дубовский (0,003 г), Пестрый (0,05 г), Тимоти (0,06 г), Акелло (0,07 г), Дубовский розовый (0,08 г), у контрольного сорта Ливия – 0,08 г. Крупнее, чем у контроля были семена у сортов Гамлет (0,09 г), Исполин (0,09 г), Агат Дубовский (0,09 г). Глюкоацидометрический показатель (ГАП), характеризующий вкусовые качества ягод, лучшим был у сортов Пестрый (4,3), Акелло (4,0), Тимоти (3,8) и Кишмиш Дубовский (3,2), у контрольного сорта Ливия значение ГАП было равно 2,9.

По совокупности положительных увологических признаков в среднем за три года наблюдений выделены сорта: Акелло, Гамлет, Дубовский розовый, Кишмиш Дубовский, Исполин и Тимоти.

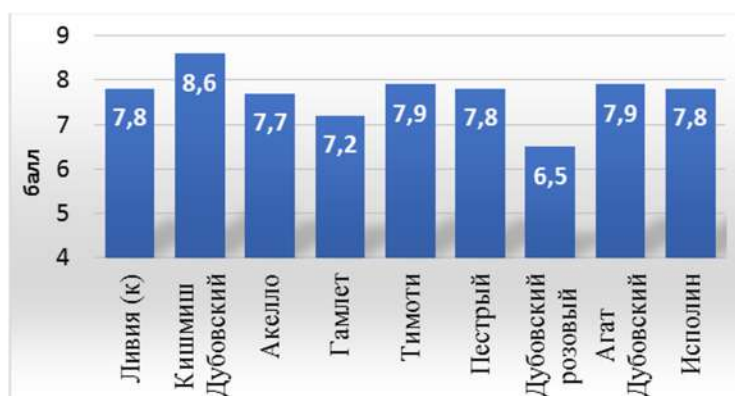


Рисунок 2 – Дегустационная оценка новых столовых сортов винограда, 2020-2022 гг.

Figure 2 – Tasting evaluation of new table grape varieties, 2020-2022

Органолептические свойства ягод новых столовых сортов винограда были не одинаковые. Наиболее привлекательные органолептические и биометрические свойства были у сорта Кишмиш Дубовский (8,6 балла), Тимоти и Агат Дубовский (7,9 балла). Они превосходили контроль по результатам дегустационной оценки на 0,8 и 0,1 балла соответственно. Сорта Пестрый и Исполин имели одинаковую с контролем дегустационную оценку – 7,8 балла. У остальных сортов дегустационная оценка была ниже, чем у контрольного сорта Ливия (рисунок 2).

Выводы. По комплексу положительных агробиологических признаков выделены сорта винограда: Тимоти, Агат Дубовский и Кишмиш Дубовский. Они отличаются высокими значениями показателей продуктивности, строения грозди и ягоды, привлекательными органолептическими свойствами. Средняя масса грозди у сорта Агат Дубовский составляет 624, Тимоти – 618 и Кишмиш Дубовский – 453 г, что на 42, 40 и 3 % больше, чем у контрольного сорта Ливия, соответственно. По урожайности сорта Агат Дубовский (19,65 т/га), Тимоти (18,27 т/га) и Кишмиш Дубовский (11,23 т/га) превосходят контроль соответственно на 83, 70 и 5 %. По результатам дегустации значения оценки были наибольшими у сортов Кишмиш Дубовский – 8,6 балла, Агат Дубовский и Тимоти – 7,9 балла, на 10 и 1 % больше, чем у контрольного сорта Ливия. Столовые сорта, выделенные по показателям продуктивности, привлекательности гроздей и ягод и органолептическим свойствам, являются хорошей базой для совершенствования сортифта и устойчивого производства высококачественного винограда в агроэкологических условиях Северо-Западного Предкавказья.

Библиографический список

1. Батькова И. А., Макарова Н. В. Содержание веществ функциональной направленности в ягодах винограда различных сортов // Виноделие и виноградарство. 2014. № 5. С. 50-52.
2. Бодякова А. В., Христюк В. Т. Содержание биологически активных веществ в различных частях виноградной грозди // Известия вузов. Пищевые технологии. Краснодар, 2012. 13 с.
3. Майстренко Л. А. Зимостойкость сортов винограда селекции ГНУ ВНИИВиВ Россельхозакадемии в условиях Задонья и Нижнего Придонья // Современные проблемы интродукции и сохранения биоразнообразия растений. 2012. С. 44-49.
4. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Марморштейн А. А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар: ФГБНУ СКФНЦСВВ, 2021. 147 с.
5. Петров В. С., Панкин М. И., Коваленко А. Г. Агробиологические свойства технических сортов винограда в условиях умеренно-континентального климата юга России // Плодоводство и виноградарство Юга России. Краснодар: СКЗНИИСиВ, 2018. № 49 (01). С. 1–15.
6. Программа Северо-Кавказского центра по селекции плодовых, ягодных, цветочно-декоративных культур и винограда на период до 2030 года. Краснодар: ГНУ СКЗНИИСиВ, 2013. 202 с.
7. Реакция сортов винограда ампелографической коллекции на нестабильные условия произрастания / О. М. Ильяшенко [и др.] // Достижения, проблемы и перспективы развития отечественной виноградовинодельческой отрасли на современном этапе: материалы Международной научно-практической конференции. Новочеркасск, 2013. С. 78-83.
8. Талаш А. И. Защита растений винограда от болезней и вредителей: монография. Краснодар: ФГБНУ СКЗНИИСиВ, 2015. 299 с.
9. Химичев Ю. Н. Засухоустойчивость новых технических сортов винограда в условиях Задонья // Генетические ресурсы и селекционное обеспечение современного виноградарства: материалы Международной научно-практической конференции. Новочеркасск, 2011. С. 145-151.
10. Analysis of the cold tolerance and physiological response differences of amur grape (*Vitis amurens*) germplasms during overwintering / Y. Zhao, Z. X. Wang, Y. M. Yang, H. S. Liu, G. L. Shi, J. Ai // Scientia Horticulturae. 2020. No 259 (3). P.108760.
11. Changes in the Chardonnay clones organicacids ratio during naturation time / A. Jeromel [et al.] // Agriculture. 2007. Vol. 13. № 2. P. 35-40.

12. Ershadi A., Karimi R., Naderi K. M. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars // *Acta Physiol. Plant.* 2016. No 38 (2). P. 1–10.

13. Juice quality and polyphenol concentration of fresh fruits and pomace of selected Nova Scotia-grown grape cultivars / C. Ratnasooriya Charmila, [et al.] // *J. Plant Sci.* 2010. V. 90. № 2. P. 193-195.

14. Kaya Ö. Bud Death and Its Relationship with Lateral Shoot, Water Content and Soluble Carbohydrates in Four Grapevine Cultivars Following Winter Cold // *Erwerbs-Obstbau.* 2020. No 62 (1). P. 43–50.

15. Köse C., Kaya Ö. Determination of resistance to low temperatures of winter buds according to position in Karaerik (V. vinifera L.) grape cultivar // *International Journal of Scientific and Research Publications.* 2017. No 7 (4). P. 64–68.

16. Yordanov I., Velikova V., Tsonev T. Plant responses to drought and stress tolerance: European Workshop on Environmental Stress and Sustainable agriculture, Varna. 7-12 Sept., 2002 // *Bull. J. Plant Physiol. (Special Issue).* 2003. P. 187–206.

Информация об авторах

Петров Валерий Семенович, ведущий научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (РФ, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8(961)500-47-36, e-mail: Petrov_53@mail.ru

Гусев Сергей Эдуардович, индивидуальный предприниматель (РФ, 404002, Волгоградская область, г. Дубовка, ул. Волкова, дом 2), тел. 8(927)251-71-61, e-mail: gusevsergey1960@mail.ru

Цику Дамир Муратович, младший научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (РФ, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), тел. 8(988)189-87-77, e-mail: mr.tsiku@mail.ru

Марморштейн Анна Александровна, младший научный сотрудник лаборатории управления воспроизводством в ампелоценозах и экосистемах Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (РФ, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), e-mail: am342@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-11

RESULTS OF A MULTI - YEAR (1983-2022) SOYBEAN BREEDING UNDER IRRIGATION CONDITIONS

V. V. Tolokonnikov¹, G. P. Kanzer¹, K. V. Naboychenko²

¹*All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd*

²*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

Received 15.03.2023

Submitted 12.05.2023

Abstract

Introduction. The increase in food production is directly related to the increase in the gross harvest of protein-oilseed soybean. The strengthening of climate aridization actualizes the selection of varieties suitable for irrigation conditions. **An object.** The research was carried out at the VNIIOZ Federal State Budgetary Institution under irrigation conditions in the period 1983-2022. **Materials and methods.** The necessary genetic diversity of the soybean source material was achieved by intersort hybridization and multiple individual selection in 2-4 generations with evaluation by offspring by the Pedigree method. Parental pairs were selected with alternative and genetically determined traits: the duration of the growing season, the mass of 1000 grains, linear plant growth, the average number of beans in a node, seeds in a bean, the average length of internodes. The area of plots of competitive variety testing. it ranged from 38 to 42 m² with a 4-fold repetition. **Results and conclusions.** Adapted varieties have been bred at various stages of the breeding process. The creation of the Volgogradka 1 variety was based on the selection

of medium-sized plants with a more perfect productivity structure than that of the Merit standard (1983-1991). The yield was 2.5 t/ha, exceeding the standard by 0.26 t/ha. The breeding of the VNIOZ 76 variety is associated with the selection of photosynthetically active genotypes and their inclusion in the breeding process. The yield of the new variety was 2.8 t/ha, exceeding the standard by 0.37 t/ha (1992-2003). Obtaining a precocious variety VNIOZ 86 is associated with the inclusion of both precocious and medium-ripened parent forms. As a result, precocious morphobiotypes were isolated in the 3rd and 4th generations. The best sample of VNIOZ exceeded the standard by 0.23 t/ha of grain and ripened in 91 days. The strengthening of climate aridization actualized the direction of breeding to reduce the linear growth of plants and increase the efficiency of the photosynthesis process. Screening of determinant genotypes obtained as a result of complex hybridization of varieties Volgogradka 1, Volzhana, Snow White, Evans, Nakhodka, line 233, led to the creation of the variety VNIOZ 31. The yield of soybeans reached 3.1 t/ha, which is higher than the standard by 0.28 t/ha, due to an increase in the mass of 1000 grains by 9.7 g and the share of grain in biomass by 9.1% (2006-2010). The costs associated with the development of irrigated agriculture actualize the selection of fundamentally new varieties that combine early ripening with high productivity. In the period 2019-2021, based on the VNIOZ 31 and K-10001 VIR varieties (VNIOZ 152), a precocious (109 days) and highly productive (3.5 t/ha) variety was created, exceeding the standard by 0.28 t/ha and maturing 5 days earlier than it.

Key words: soybeans, varieties, irrigation, breeding, traits, yield, growing season, hybridization, selection.

Citation. Tolokonnikov V. V., Chancellor G. P., Naboychenko K. V. Results of long-term (1983-2022) soybean breeding under irrigation conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 100-110 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-11.

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

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

УДК 633.853.52:631

РЕЗУЛЬТАТЫ МНОГОЛЕТНЕЙ (1983-2022 ГГ.) СЕЛЕКЦИИ СОИ В УСЛОВИЯХ ОРОШЕНИЯ

В. В. Толоконников¹, доктор сельскохозяйственных наук

Г. П. Канцер¹, старший лаборант

К. В. Набойченко², кандидат сельскохозяйственных наук

¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия

²Волгоградский государственный аграрный университет

Дата поступления в редакцию 15.03.2023

Дата принятия к печати 12.05.2023

Актуальность. Увеличение производства продуктов питания напрямую связано с ростом валового сбора белково-масличной культуры сои. Усиление аридизации климата актуализирует селекцию сортов, пригодных для условий орошения. **Объект.** Исследования проводили в ФГБНУ ВНИИОЗ в условиях орошения в период 1983-2022 года. **Материалы и методы.** Необходимое генетическое разнообразие исходного материала сои достигалось межсортовой гибридизацией и проведением многократного индивидуального отбора во 2-4 поколениях с оценкой по потомству методом Педигри. Родительские пары подбирали с альтернативными и генетически обусловленными признаками: продолжительность вегетационного периода, масса 1000 зерен, линейный рост растений, среднее количество бобов в узле, семян в бобе, средняя длина междоузлий. Площадь делянок конкурсного сортоиспытания составляла от 38 до 42 м² с 4-х кратной повторностью. **Результаты и выводы.** На различных этапах селекционного процесса выведены адаптированные сорта. Создание сорта Волгоградка 1 основывалось на отборе среднерослых растений с более совершенной структурой продуктивности, чем у стандарта Мерит (1983-1991 гг.). Урожайность составила 2,5 т/га, превысив стандарт на 0,26 т/га. Выведение

сорта ВНИИОЗ 76 связано с отбором фотосинтетически активных генотипов и включением их в селекционный процесс. Урожайность нового сорта составила 2,8 т/га, превысив стандарт на 0,37 т/га (1992-2003 гг.). Получение скороспелого сорта ВНИИОЗ 86 связано с включением как скороспелых, так и среднеспелых родительских форм. В результате в 3-м и 4-м поколении были выделены скороспелые морфобиотипы. Лучший образец ВНИИОЗ превысил стандарт на 0,23 т/га зерна и созрел за 91 день. Усиление аридизации климата актуализировало направление селекции на уменьшение линейного роста растений и повышение эффективности процесса фотосинтеза. Скрининг детерминантных генотипов, полученных в результате проведения сложной гибридизации сортов Волгоградка 1, Волжана, Белоснежка, Эванс, Находка, линия 233, привёл к созданию сорта ВНИИОЗ 31. Урожайность сои достигла 3,1 т/га, что выше, чем у стандарта на 0,28 т/га, за счёт повышения массы 1000 зерен на 9,7 г и доли зерна в биомассе на 9,1 % (2006-2010 гг.). Затраты, связанные с развитием орошаемого земледелия, актуализируют селекцию принципиально новых сортов, совмещающих ранние сроки созревания с высокой продуктивностью. В период 2019-2021 годов на основе сорта ВНИИОЗ 31 и К-10001 ВИР (ВНИИОЗ 152) создан скороспелый для условий орошения (109 дней) и высокопродуктивный (3,5 т/га) сорт, превышающий стандарт на 0,28 т/га и созревающий раньше его на 5 дней.

Ключевые слова: соя, сорта сои, орошение сои, селекция сои, урожайность сои, вегетационный период сои, гибридизация сои.

Цитирование. Толоконников В. В., Канцер Г. П., Набойченко К. В. Результаты многолетней (1983-2022 гг.) селекции сои в условиях орошения. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 100-110. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Население Земли превышает 7,7 млрд человек, причём к середине 21 века этот показатель может возрасти до 11 млрд. В то же время около 10 % людей нашей планеты находятся за чертой бедности и страдают от голода. Поэтому очень важно в ближайшие 30 лет добиться увеличения производства продуктов питания. Однако аграрные ресурсы земли ограничены, а производство продовольствия за последние 10 лет на 80 % было достигнуто за счёт улучшения почвенного плодородия и всего лишь на 20 % за счёт освоения новых сельскохозяйственных земель [13, 15, 16].

С учетом этого необходимо ориентироваться на повышение эффективности существующих земель аграрного назначения. Существенно поднять уровень производства продовольствия в мире на 60 % вполне возможно за счёт улучшения сортов главенствующих сельскохозяйственных культур, определяющих структуру питания людей и корма для животных, к которым относится и соя. В мировом земледелии эта важнейшая белково-масличная культура занимает более 122 млн га и при урожайности 2,8 т/га обеспечивает получение почти 342 млн т зерна [14, 17, 18].

В Российской Федерации, несмотря на некоторое увеличение производства сои, особенно в предшествующие 5 лет, её доля в мировом масштабе составляет 1,4 % при урожайности 1,55 т/га и площади посева около 3,5 млн га. Существенного роста этих показателей можно достичь за счёт расширения орошаемых земель в южных регионах нашей страны, в том числе и в Нижнем Поволжье. Значительный вклад в повышение урожайности сои – около 50 % – вносят улучшенные сорта и семеноводство. Это особенно важно учитывать при выборе сорта сои – культуры, значительно реагирующей на длину светового периода, природную влагообеспеченность почвы и сумму активных температур [2, 4, 6, 9].

Для Нижнего Поволжья характерна высокая концентрация тепловых (средне-многолетняя сумма температур = 3050 °С) и световых (ФАР = 7* 10⁹ кДЖ/га) ресурсов. Здесь в условиях орошения вызревают сорта всех групп спелости, из которых наиболее

продуктивными являются среднеспелые генотипы, которые не могут реализовать свой высокий потенциал в более северных регионах, таких как Центрально-черноземный и Дальневосточный, где производится 80 % всей отечественной сои. Целью настоящих исследований является выведение конкурентоспособных сортов сои, отзывчивых на оросительную воду, разнообразных по продолжительности вегетационного периода и типу использования, а также адаптированных к воздушной засухе для получения зерна высокого качества.

Материалы и методы. Генетическое разнообразие селекционного материала достигалось методом гибридизации и отбором по методу Педигри. Площадь делянок конкурсного сортоиспытания составляла от 38 до 42 м² с 4-х кратной повторностью. На разных этапах селекционного процесса в период с 1983 по 2021 год решались задачи и применялись наиболее актуальные методы в соответствующее время соеопроизводства. На первом этапе (1983-1991 гг.) стратегия селекции была направлена на отбор необходимого исходного материала, адаптированного к местным условиям, из различных эколого-географических зон с привлечением генофонда из ФИЦ Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР). Стандартом являлся сорт Мерит канадской селекции. В результате исследований был выведен и районирован продуктивный и среднеспелый сорт Волгоградка 1 [7, 8, 10].

Направление селекционных работ второго этапа (1992-2003 гг.) было ориентировано на создание сортов с менее продолжительными сроками созревания, пригодными как для условий орошения, так и для рентабельного производства в посевах без орошения степной зоны черноземных почв Волгоградской области. Применялись методы межсортовой гибридизации и отбора. За стандарт были взяты сорта Соер 3 (скороспелый) и Волгоградка 1 (среднеспелый). Итогом этих работ стали выведение и регистрация в Госсортреестре по Нижневолжскому и Уральскому регионам Российской Федерации сортов ВНИИОЗ 86 (скороспелый) и ВНИИОЗ 76 (среднескороспелый).

При проведении экспериментальных работ на третьем этапе исследований (2004-2011 гг.) учитывали усиление аридизации климата, проявляющейся в увеличении количества дней с относительной влажностью воздуха менее 30 % на 20-40 % по сравнению со среднепогодным показателем за вегетационный период сои – 47 дней. Применялась сложная ступенчатая гибридизация и отбор короткостебельных форм. Стандартом являлся сорт ВНИИОЗ 76. В результате был получен и зарегистрирован в Госсортреестре сорт сои ВНИИОЗ 31, адаптированный к суховейным явлениям, лимитирующим урожайность сои в посевах с орошением.

Решающим направлением четвертого этапа исследований (2012-2021 гг.) являлось создание устойчивого к значительному усилению атмосферной засухи с участвующими суховеями до 116 дней с мая по сентябрь. Необходимо было сконструировать оригинальный тип растения сои. На основе сорта ВНИИОЗ 31, проведения многолетней межсортовой гибридизации и отбора с оценкой по потомству был создан среднестебельный с ограниченным детерминантным ростом стебля и сочетающий ранние сроки созревания с высокой зерновой продуктивностью орошаемого агроценоза принципиально новый сорт Волгоградка 2.

Результаты и обсуждение. Проблема повышения урожайности всех полевых культур решается двумя путями: ростом биомассы посевов на единицу уборочной площади и повышением доли зерна в общей биомассе [5, 13]. Возможности селекции только за счёт увеличения индекса урожая более ограничены, чем ориентация на создание генотипов с повышенными уровнями формирования биомассы за счёт величины фотосинтетической интенсивности и чистой продуктивности фотосинтеза.

Селекционное улучшение сои в Российской Федерации преимущественно направлено на повышение устойчивости агрофитоценоза к засухе за счёт отбора высокорослых форм с сильно развитой корневой системой [1]. В условиях орошения важно отбирать среднерослые и даже короткостебельные для уменьшения их затенения и повышения продуктивности фотосинтеза [11, 15]. Особые трудности в селекции на продуктивность связаны с выбором надежного критерия отбора хозяйственно ценных генотипов на ранних стадиях селекционного процесса [1, 6, 12].

Результаты наших многолетних исследований показали, что при выборе лучших генотипов важно ориентироваться на показатели высоко наследуемых признаков. У культуры сои это масса 1000 зерен, число семян в бобе, высота растений, продолжительность вегетационного периода, количество узлов и бобов в узле главного стебля, которые имеют высокую долю генетического компонента в изменчивости – 71...81 %.

При создании сорта сои Волгоградка 1 повышение продуктивности орошаемого агрофитоценоза у этого сорта было достигнуто многократным отбором из гибридной популяции среднерослых растений с более совершенной структурой продуктивности, чем у стандартного сорта Мерит (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели характеристики высокопродуктивного растения сои в конкурсном сортоиспытании (1983-1991 гг.)

Table 1 – Indicators of the characteristics of a highly productive soybean plant in competitive variety testing (1983-1991)

№	Признак	Название сорта		Отклонение от стандарта, ±
		Волгоградка 1	Мерит, st.	
1	Урожайность т/га (НСР ₀₅ 0,14 -0,34)	2,51	2,25	0,26
2	Зерновая продуктивность растений, г/р.	8,0	7,9	0,1
3	Густота посевов перед уборкой, шт./м ²	31,4	28,5	2,9
4	Высота растений, м :			
	общая	0,75	0,90	-0,15
	до нижнего боба	0,15	0,14	0,01
5	Ветвистость растения, шт./р.	3,0	2,5	0,5
6	Линейный рост ветвей, м	0,10	0,17	-0,07
7	Среднее число, шт. :			
	бобов в узле	1,8	1,7	0,1
	семян в бобе	2,0	1,8	0,2
8	Масса 1000 зерен, г	121,0	140,8	-19,8
9	Доля зерна в биомассе, %	32	29	3
10	Продолжительность периодов, дней:			
	Всходы - цветение	50	51	-1
	Цветение – созревание	58	69	-11
	Всходы – созревание	108	120	-12

Существенное уменьшение линейного роста растений у сорта Волгоградка 1 на 0,15 м привело к лучшему освещению всех ярусов растений и более позднему (на 12 дней) смыканию междурядий широкорядных (0,7 м) посевов относительно стандартного агрофитоценоза. За счёт перераспределения оттока пластических веществ из листьев повысилась ветвистость, среднее число бобов в узле и семян в бобе. Существенно выросла доля зерна в общей биомассе до 32 %. Среднерослые растения созданного сорта показали более высокую густоту посева перед уборкой в результате положительных достоинств структуры продуктивности заявленный сорт обеспечил прирост урожайности на 0,26 т/га или на 11,7 % в сравнении со стандартом.

Дальнейший прогресс селекции орошаемой сои ориентировали на существенное увеличение массы зерна в среднем на одно растение, поскольку возможности роста достигнутого уборочного индекса (32 %) ограничены. Многолетние исследования в период 1992-2003 гг. показали, что повышение урожайности у некоторых генотипов орошаемой сои достигается за счёт одновременного увеличения важных структурных элементов продуктивности, таких как количество ветвей, бобов в узле, семян в бобе, массы 1000 зерен, по сравнению с существующими базовыми сортами.

Селекция на увеличение зерновой продуктивности растений сопровождалась многолетней оценкой исходного материала по таким показателям фотосинтеза, как фотосинтетический потенциал и чистая продуктивность фотосинтеза, тесно связанные с урожайностью сухой биомассы ($r = 0,58...0,76$). Включение в гибридизацию форм с высокой активностью процесса фотосинтеза и многолетний отбор морфобиотипов с высокой продуктивностью фотосинтеза привёл к созданию сорта ВНИИОЗ 76. У этого сорта отмечено значительное возрастание показателей структуры продуктивности в сравнении с сортом стандартом Волгоградка 1 (таблица 2).

Таблица 2 – Структура продуктивности сортов ВНИИОЗ 76 и Волгоградка 1 конкурсного сортоиспытания в период 1992-2003 года в условиях орошения

Table 2 – Structure of productivity of VNIIOZ 76 and Volgogradka 1 varieties of competitive variety testing in the period 1992-2003 under irrigation conditions

№	Признаки	Название сорта		Отклонение от стандарта, ±
		ВНИИОЗ 76	Волгоградка 1	
1	Урожайность т/га (НСР ₀₅ 0,14 -0,34)	2,81	2,44	0,37
2	Зерновая продуктивность растений, г/р.	10,4	8,8	1,6
3	Густота посевов перед уборкой, шт./м ²	27	27,7	-0,7
4	Высота растений, м :			
	общая	0,88	0,87	0,01
	до нижнего боба	0,16	0,18	-0,02
5	Ветвистость растения, шт./р.	2,7	2,5	0,2
6	Линейный рост ветвей, м	0,16	0,13	0,03
7	Среднее число, шт. :			
	бобов в узле	3,0	2,5	0,5
	семян в бобе	2	2	0
8	Масса 1000 зерен, г	133,8	124,2	9,6
9	Доля зерна в биомассе, %	37,9	37,5	0,4
10	Вегетационный период, дней:	111	111	0

В результате проведенных селекционных работ у растений созданного сорта ВНИИОЗ 76 повысилась интенсивность ветвления по сравнению с аналогичными показателями стандарта. Рост ветвей также был более значительным – до 0,16 мм. Существенно возросло среднее количество бобов в узле – до 3х, а также масса 1000 зерен – до 133,08 г. Эти преимущества выведенного сорта оказали положительное влияние на рост массы зерна в среднем на одно растение (на 1,6 г.) и в конечном счёте – на урожайность. Зарегистрированный сорт превысил стандарт на 0,37 т/га или на 15,2 % по урожайности зерна.

Выведение ранних сортов у теплолюбивой культуры сои и необходимость расширения её посевов в новых более северных регионах, где низкая вероятность засух (не более 5 %), по сравнению с южными районами Российской Федерации (30-60 %), и отпадает необходимость в использовании орошения, является одной из главенствующих задач современной селекции [10, 13].

Сорта с коротким вегетационным периодом незначительно реагируют на колебания фотопериода, поэтому они обеспечивают более высокую товарность собранного зерна и сбор его в более ранние сроки. В связи с этим сорта такого типа являются надежными предшественниками в севообороте, гарантируют получение качественного зерна в поукосных и пожнивных посевах.

Изучая возможность совмещения в одном сорте важнейших хозяйственно-полезных признаков: высокой зерновой продуктивности и ранних сроков созревания, мы сделали вывод, что в условиях орошения отдельные сортообразцы способны формировать пониженное количество ветвей без заметного уменьшения массы семян на растении и за счёт этого сокращать вегетационный период.

При селекции скороспелых сортов желательно создавать гибридные комбинации с включением родительских форм не только с ранними сроками созревания, но и более позднеспелых сортолиний. Одним из таких среднеспелых сортов в условиях орошения является сорт Эванс селекции США. Использование его в межсортовых скрещиваниях дало возможность получить гибриды, у которых в 3-м и 4-м поколениях выщеплялись скороспелые формы. Многократный отбор слабоветвящихся морфобиотипов при тестировании их на скороспелость и высокую продуктивность способствовал созданию урожайного сорта с короткими сроками вегетации ВНИИОЗ 86 (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели характеристики раннего и продуктивного сорта растения орошаемой сои конкурсного сортоиспытания в период 1992-2003 года

Table 3 – Indicators of characteristics of early and productive varieties of irrigated soybean plants of competitive variety testing in the period 1992-2003

№	Признак	Название сорта		Отклонение от стандарта, ±
		ВНИИОЗ 86	Соер 3	
1	Урожайность т/га (НСР ₀₅ 0,06-0,20)	2,21	1,98	0,23
2	Зерновая продуктивность растений, г/р.	8,9	7,8	1,1
3	Густота посевов перед уборкой, шт./м ²	24	24,5	-0,5
4	Высота растений, м :			
	общая	0,81	0,66	0,15
	до нижнего боба	0,11	0,09	0,02
5	Ветвистость растения, шт./р.	0,5	1,8	-1,3
6	Среднее число, шт. :			
	бобов в узле	2,0	1,9	0,1
	семян в бобе	2,0	1,9	0,1
7	Масса 1000 зерен, г	136,7	138,0	-1,3
8	Доля зерна в биомассе, %	35,9	34,1	1,8
9	Вегетационный период, дней:	91	91	0

Ранний сорт сои ВНИИОЗ 86 превысил скороспелый стандарт по урожайности зерна на 0,23 т/га или на 11,6 %. Существенное превышение зерновой продуктивности орошаемого агроценоза достигнуто за счёт более озёрнённых (на 14,1 %) растений с повышенным количеством бобов в узле и семян в бобе. Кроме того, растения заявленного сорта характеризовались низкой степенью ветвистости, что дополнительно стимулировало перераспределение пластических веществ в междоузлиях, увеличивало долю зерна в общей биомассе до 35,9 %. Следует отметить, что уменьшение ветвистости у созданного сорта способствует существенному увеличению уровня прикрепления нижних бобов на растении – на 22,2 %, что снижает потери зерна при уборке, поскольку потери за жаткой комбайна включают не только оставшиеся на стерне бобы, но и упавшие на землю низко прикрепленные на растении ветви с бобами.

Соя характеризуется избыточным формированием листостебельной массы, особенно в посевах с орошением. Взаимозатеняемость растений до фазы роста бобов и налива семян приводит к опадению репродуктивных органов (цветков, завязей, бобов), достигая 36,1-52 % в благоприятные по гидротермическим условиям годы и 55-71,6 % в очень засушливые и суховейные. На фоне усиливающейся аридизации климата в предшествующие годы (2011-2022 гг.) для условий орошения важно выводить короткостебельные сорта сои, агрофитocenоз которых на 20-25 дней позже высокостебельных генотипов, например, таких как Волгоградка 1, затеняет полностью междурядья (0,7 м). Это способствует большему поступлению света растениям в период генеративного развития и приводит к повышению биологической продуктивности стеблестоя.

Скрининг сортообразцов сои (2006-2010 гг.) с законченным (детерминантным) типом роста в сравнении с генотипами, характеризующимися незаконченным (недетерминантным) ростом главного стебля способствовал выделению и отбору детерминантной линии 233. Включение её в сложную гибридизацию с сортами Волгоградка 1, Волжана, Белоснежка, Эванс, Находка привело к созданию принципиально нового короткостебельного сорта сои ВНИИОЗ 31 (таблица 4).

Таблица 4 – Сравнительные показатели характеристики нового сорта сои ВНИИОЗ 31 и стандарта ВНИИОЗ 76 в условиях орошения

Table 4 – Comparative characteristics of the new soybean variety VNIIOZ 31 and the standard VNIIOZ 76 in irrigation conditions

№	Признак	Название сорта		Отклонение от стандарта, ±
		ВНИИОЗ 31	ВНИИОЗ 76	
1	Урожайность т/га (НСР ₀₅ 0,18)	3,11	2,84	0,27
2	Масса зерна на растении, г	14	12,5	1,5
3	Густота посевов перед уборкой, шт./м ²	22,2	22,7	-0,5
4	Высота растений, м :			
	общая	0,64	0,73	-0,09
	до нижнего боба	0,14	0,14	0
5	Ветвистость растения, шт./р.	3	2,7	0,3
6	Среднее число, шт. :			
	бобов в узле	4	3,2	0,8
	семян в бобе	1,9	2	-0,1
7	Масса 1000 зерен, г	148,7	139	9,7
8	Доля зерна в биомассе, %	40,2	31,1	9,1
9	Вегетационный период, дней:	110	113	-3

Сорт ВНИИОЗ 31 характеризуется формированием высокого уровня урожайности – 3,11 т/га, по сравнению со стандартом. За счёт повышенного стеблестоя и ветвистости растений новый сорт формирует зерно с высокой массой 1000 зерен и увеличенным его сбором с растения. Доля зерна в общей биомассе достигает более значительных величин (40,2 %), чем у стандарта (31,1 %), что способствует существенному росту урожайности.

Значительное расширение посевов сои в Российской Федерации – почти до 3,5 млн га – связано как с развитием орошения, так и с увеличением площадей под этой культурой в Центральной России. Однако невысокие суммы температур выше +10 °С в этом регионе – в пределах 2000 °С в период посев – полная (предуборочная) спелость зерна не способствует получению средней урожайности до 2 т/га и выше. Создание адаптированных сортов, совмещающих скороспелость с высокой зерновой продуктивностью, способствует увеличению урожайности, но это является достаточно трудной задачей. Успех её решения тесно связан с использованием в селекции генетически различного исходного материала. Многолетний опыт селекционного улучшения сои в условиях орошения показывает, что при выведении ранних и одновременно продук-

тивных сортов важно скрещивать сравнительно скороспелые и среднеспелые сорта. Используя ВНИИОЗ 31 и позднеспелую линию К 10001 (ВНИИОЗ 152) ВИР, создали новый сорт Волгоградка 2 (таблица 5).

Таблица 5 – Скороспелый и высокопродуктивный сорт сои Волгоградка 2 в условиях орошения конкурсного сортоиспытания (2019-2021 гг.)

Table 5 – Precocious and highly productive soybean variety Volgogradka 2 under irrigation conditions of competitive variety testing (2019-2021)

№	Признак	Название сорта		Отклонение от стандарта, ±
		Волгоградка 2	ВНИИОЗ 76, st.	
1	Урожайность т/га (НСР ₀₅ 0,18)	3,51	3,23	0,28
2	Масса зерна на растении, г	9,2	8,3	0,9
3	Густота посевов перед уборкой, шт./м ²	38	39	-1
4	Высота растений, м :			
	общая	0,72	0,80	-0,08
	до нижнего боба	0,16	0,14	0,02
5	Ветвистость растения, шт./р.	3,6	3	0,6
6	Среднее число, шт.:			
	бобов в узле	4,5	3,7	0,8
	семян в бобе	2	1,9	0,1
7	Масса 1000 зерен, г	173	160	13
8	Доля зерна в биомассе, %	35,9	30,5	5,4
9	Вегетационный период, дней:	109	114	-5

Этот сорт выделяется высокой зерновой продуктивностью (3,5 т/га), ранними сроками созревания (109 дней), хорошей пригодностью к механизированной уборке.

Созданные за 40-летний период селекции сорта сои внесены в Госсортреестр сортов, допущенных к использованию по Нижневолжскому региону: в 1991 году – Волгоградка 1, в 2002 – ВНИИОЗ 86, в 2003 – ВНИИОЗ 76, в 2011 – ВНИИОЗ 31, в 2020 – Волгоградка 2 [3].

Выводы. На основе использования в селекции сои межсортной гибридизации альтернативно подобранных родительских форм, дивергентных по происхождению, и проведением многократного индивидуального отбора в нескольких гибридных поколениях (2-4) созданы новые сорта, внесенные в Госсортреестр сортов, допущенных к использованию в Нижневолжском регионе в разные годы: в 1991 году – Волгоградка 1, в 2002 – ВНИИОЗ 86, в 2003 – ВНИИОЗ 76, в 2011 – ВНИИОЗ 31, в 2020 – Волгоградка 2.

Актуализация селекции данной культуры первого этапа работ (1983-1991 гг.) связана с созданием сравнительно скороспелого и продуктивного в условиях орошения сорта. При отборе учитывали показатели высоконаследуемых признаков, связанных с формированием продуктивности: масса 1000 зерен, число семян в бобе, высота растений, продолжительность вегетационного периода, количество узлов и бобов в узле стебля.

В период 1983-1991 года достижения продуктивности орошаемого агроценоза сои на уровне 2,5-3 т/га зерна при непродолжительных сроках вегетации – 105-110 дней – была решена на основе выведения сорта Волгоградка 1, превысившего стандарт Мерит (2,25 т/га) на 0,26 т/га и созревающего на 12 дней раньше его (120 дней).

Повышенный спрос на растительный белок в период 1992-2003 года нацеливал селекционеров на создание более урожайного, чем возделываемый в производстве, сорта сои с продуктивностью, приближающейся к 3 т/га зерна. Поиск и отбор фотосинтетически продуктивных генотипов с более высокой чистой продуктивностью фотосинтеза, чем у стандарта Волгоградка 1, привёл к созданию сорта ВНИИОЗ 76 с уровнем урожайности 2,81 т/га и продолжительностью вегетационного периода 11 дней.

Одной из главенствующих задач в селекции сортов сои, пригодных для возделывания в более северных широтах Российской Федерации (50°-55° северной широты), является создание ранних сортов. Для условий орошения внедрение скороспелых сортов особенно актуально, поскольку сокращается расход поливной воды, удобрений и снижается себестоимость продукции. Ориентируясь на это, создали скороспелый сорт сои ВНИИОЗ 86. За 91 день вегетационного периода он обеспечивал сбор 2,2 т/га зерна, превысив стандарт Соер 3 на 0,23 т/га.

Усиление аридизации климата в предшествующие (2006-2010) годы потребовало внесения корректив в технологию возделывания сои в условиях орошения и, в первую очередь, – увеличения расхода поливной воды – на 20-30 %. Однако избыточное формирование листостебельной массы, характерное для сои, особенно в посевах с орошением, сконцентрировало внимание селекционеров на отборе коротко-средне-стебельных морфобиотипов. За счёт более позднего (на 20-25 дней) затенения междурядий, чем у сортов с повышенным линейным ростом (Мерит, Волгоградка 1, ВНИИОЗ 76), у невысокого стеблестоя больше света поступает на посевы, особенно в нижнюю прикорневую часть, где формируются первые бобы и семена высокого качества.

Многолетний скрининг сортообразцов с законченным (с началом цветения) ростом, в сравнении с генотипами, характеризующимися незаконченным (недетерминантным ростом), способствовал получению детерминантной линии № 233. Включение сортов и форм в сложную гибридизацию (Волгоградка 1, Волжана, Белоснежка, Эванс, Находка) и проведение многолетнего отбора продуктивных короткостебельных сорто-типов привело к получению принципиально нового сорта ВНИИОЗ 31 с уровнем урожайности 3,11 т/га, что выше, чем у стандарта ВНИИОЗ 76, на 0,27 т/га.

Стремительный рост посевных площадей сои в мире и в Российской Федерации на рубеже 2011-2022 года ориентировал сельхозтоваропроизводителей на получение более высокой урожайности орошаемой сои 3,5-4 т/га. Многолетняя проработка материала с участием сортов ВНИИОЗ 31, сортообразца К-10001 (ВНИИОЗ 152) ВИР разных сроков созревания дала возможность создать комплексно-ценный сорт сои Волгоградка 2 с уровнем урожая 3,5 т/га (у стандарта ВНИИОЗ 76 – 3,23 т/га), продолжительностью вегетации 109 дней и высотой стебля 0,72 м.

Библиографический список

1. Бурляева М. О., Ростова Н. С. Изменчивость структуры корреляций морфологических и хозяйственных признаков у сои с разным типом роста и ветвления // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 23. № 6. С. 78-86.
2. Вронская Л. В., Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С. Скороспелый, высокоурожайный сорт сои и особенности технологии его возделывания // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 31-34.
3. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1 «Сорта растений» (официальное издание). М: ФГБНУ «Росинформтех», 2020. 680 с.
4. Дидоренко С. В., Спрягайлова Ю. Н., Абдугалиева А. И. Селекция скороспелых сортов сои на востоке Казахстана // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № СПб. С. 63-77.
5. Кошкарлова Т. С., Толоконников В. В., Вронская Л. В. Селекционное улучшение сортов сои на короткостебельность // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66) С. 118-126.
6. Некрасов А. Ю. Соя: источник из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 1. С. 48-52.
7. Результаты изучения образцов сои на Адлерской опытной станции ВИР в 2013-2015 гг. / И. В. Сеферова, А. П. Бойко, И. Н. Перчук, Т. В. Шелега, Т. А. Шолухова // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. Т. 179. № 3. С. 143-151.
8. Селекционные и агротехнические факторы увеличения урожайности среднескороспелых сортов сои в условиях орошения / Т. С. Кошкарлова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2019. № 3. С. 26-29.

9. Селекция сои на скороспелость и высокий биологический потенциал продуктивности в условиях орошения / В. В. Толоконников, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 78-86.
10. Сеферова И. В., Бойко А. П., Перчук И. Н. Каталог мировой селекции ВИР // Соя: исходный материал для селекции в южных регионах Российской Федерации. СПб., 2018. Вып. 855. 40 с.
11. Сортовые особенности водопотребления сои / С. С. Мухаметханова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 19-22.
12. Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С., Вронская Л. В. Сравнительная экономическая эффективность использования сортов сои // Орошаемое земледелие. 2021. № 1. С. 21-24.
13. Чамурлиев Г. О., Толоконников В. В., Чамурлиев О. Г. Соя при орошении в Нижнем Поволжье. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2018. 156 с.
14. Agronomical methods of cultivation of a new variety of soybeans Volgogradka 2 under irrigation conditions / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, E. S. Vorontsova, S. D. Fomin, T. S. Koshkarova // International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 843. I. 1. article number 012013.
15. Kujane K., Sedibe M. M., Mofokeng A. Genetic diversity analysis of soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) genotypes making use of SSR markers // Australian Journal of Crop Science. 2019. V. 13 (07). P. 1113-1119.
16. Robison J. D. The ethylene signaling pathway negatively impacts of dreb-regulated cold response in soybean (*glycine max*) // Frontiers in Plant Science. 2019. V. 10. P. 121.
17. The models of Soybean varieties adapted to dry conditions / V. V. Tolokonnikov, L. V. Vronskaya, M. V. Trunova, T. S. Koshkarova, G. M. Saenko // Advances in Science for Agriculture: Achievements of Science for the Agro-Industrial Complex. 2021. Vol. 659. I. 1. 012072.
18. Vital R. G. Ketrin oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature // Agronomy. 2019. V. 28. P. 412.

Информация об авторах:

Толоконников Владимир Васильевич, заведующий лабораторией селекции с.-х. культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru, тел.: +79177238403.

Канцер Галина Павловна, старший лаборант лаборатории селекции с.-х. культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: muha2014damir2@mail.ru, тел.: +79275043115.

Набойченко Константин Викторович, руководитель центра селекции и семеноводства ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: naboychenko2014@yandex.ru, тел.: +79047563179.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-12

COMBINED IRRIGATION SYSTEMS FOR GARDEN AND ROW CROPS

M. Y. Khrabrov, A. V. Mayer

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute
of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A. N. Kostyakova»*

Received 01.04.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

The article reveals the main approaches to the design and principles of operation of combined irrigation systems. The most important technical estimates of strip and fine sprinkling in combination with drip irrigation are given.

Abstract

Relevance. Research on the development of systems for combined irrigation of perennial and agricultural crops by VNIIGIM scientists has been conducted since 1976. The analysis is based on the principle of monitoring meteorological observations over the years of research. Round-the-clock meteorological data, such as air temperature, humidity, wind speed, were conducted in the regions of research, in particular in the farms of the Volgograd region and the Republic of Kalmykia, where daytime temperatures are above critical indicators. **Object.** Based on the analysis of long-term meteorological data, combined irrigation systems are proposed, in which structural elements are incorporated for the functionality of regulating the hydrothermal regime of the irrigated area. **Materials and methods.** In research on the regulation of hydrothermal regime in agrophytocenoses, we used daily materials of meteorological observations of weather stations located on the territory of experimental sites of the Volgograd region. The start time of dispersion wetting was determined by the time interval method. **Results and conclusions.** As a result of the research, it was revealed that stationary irrigation systems largely meet these requirements. The development of combined irrigation methods is being held back due to many unresolved issues related to irrigation processes. A significant disadvantage of the existing low-volume local irrigation systems, in relation to the problem being solved, is that without the function of humidifying the air, leaf surface and lowering the temperature in the plant environment, during vegetative watering in hot and dry years, there is no possibility of regulating the hydrothermal regime, and in general to control the physiological process of plant development. An increase in the necessary humidity and air temperature, with drip irrigation, is possible only with precipitation, i.e. for a short period of time, which depends only on weather conditions. In areas of risky farming, where droughts and dry spells prevail, the cultivation of agricultural products often leads to significant risk, and leads to partial or complete loss of harvest.

Key words: innovative technologies, designs, irrigation functions, hydrothermal regime, irrigation methods, combined irrigation.

Citation. Khrabrov M. Y., Mayer A. V. Combined irrigation systems for garden and row crops *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 110-118 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-12.

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

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

УДК 631.674

СИСТЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ОРОШЕНИЯ ДЛЯ САДОВЫХ И ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

М. Ю. Храбров, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник
А. В. Майер, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова»

Дата поступления в редакцию 01.04.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность Исследования по разработкам систем комбинированного орошения многолетних сельскохозяйственных культур учеными ВНИИГиМ ведутся с 1976 года. В основе анализа заложен принцип контроля метеорологических наблюдений за годы исследований. Круглосуточные метеоданные, такие как температура воздуха, влажность воздуха, скорость ветра, велись в регионах проведения исследований, в частности в хозяйствах Волгоградской области и Республики Калмыкия, где дневные температуры бывают выше критических показателей. **Объект исследования.** На основе анализа многолетних метеоданных предложены комбинированные оросительные системы, в которых заложены конструкционные элементы для функциональных возможностей регулирования гидротермического режима орошаемого участ-

ка. **Материалы и методы.** В исследованиях по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы ежесуточные материалы метеонаблюдений метеостанций, расположенных на территории опытных участков Волгоградской области. Время начала дисперсионного увлажнения определяли по методу временного интервала. **Результаты и выводы.** В результате исследований было выявлено, что в значительной степени этим требованиям отвечают стационарные системы орошения. Развитие комбинированных способов орошения сдерживается в связи с множеством нерешенных вопросов, касающихся технологических процессов орошения. Существенным недостатком существующих малообъемных локальных систем орошения применительно к решаемой проблеме является то, что без функции увлажнения воздуха, листовой поверхности и понижения температуры в среде растений при вегетативных поливах в жаркие и засушливые годы отсутствует возможность регулирования гидротермического режима, а в целом управлять физиологическим процессом развития растений. Повышение необходимой влажности и температуры воздуха при капельном орошении возможно только при выпадении атмосферных осадков, т.е. на короткий период времени, который зависит только от погодных условий. В зонах рискованного земледелия, где преобладают засухи и суховеи, возделывание сельскохозяйственной продукции зачастую приводит к значительному риску и ведет к частичной или полной потере урожая.

Ключевые слова: инновационные технологии орошения, конструкции оросительных систем, поливные функции, способы полива, комбинированное орошение.

Цитирование. Храбров М. Ю., Майер А. В. Системы комбинированного орошения для садовых и пропашных культур. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 110-118. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-12.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследованиями, проведенными за последние десятилетия, установлено, что подъем сельскохозяйственной продукции в нашей стране невозможен без широкого внедрения новых технологий и приемов орошения. На предприятиях агропромышленного комплекса России большое значение придают эффективным способам и технологиям орошения. Вновь создаваемая техника должна обладать технологиями, способствующими сбережению водных и энергетических ресурсов. В значительной степени этим требованиям отвечают малоинтенсивное дождевание и малообъемные способы орошения локального действия [1, 4].

Малообъемным способам орошения отвечают прежде всего внутрпочвенное и капельное орошение. Существенным недостатком этих систем орошения является то, что при их эксплуатации невозможно регулировать гидротермический режим почвы и окружающего воздуха [2, 3, 5, 6]. Регулирование температуры и влажности воздуха при малообъемных способах орошения возможно только при объединении их с увлажняющими поливами, которые возможно осуществлять аэрозольным орошением или мелкодисперсным дождеванием. В зонах засушливого земледелия такой подход к возделыванию сельскохозяйственной продукции в значительной степени приводит к повышению урожайности овощных, садовых и ягодных культур [7]. Эти способы орошения отличаются от других тем, что капли воды, распыленные до размеров 200...800 микрон, покрывают полностью всю листовую поверхность растения. Распределенная по листовому покрову вода, испаряясь, снижает температуру листьев растений, увеличивает влажность приземного слоя воздуха [8]. Многолетними исследованиями установлено, что применение мелкодисперсного дождевания (МДД) позволяет резко повысить урожайность и качество овощных и многолетних садовых культур.

Для условий южных регионов России это особенно актуально. Восточные суховеи в Нижнем Поволжье создают еще более сложную экологическую обстановку. Для большинства овощных и садовых культур оптимальным пределом положительных температур является 22...28 °С, а оптимальная относительная влажность воздуха находится в пределах не менее 50 %. Жесткая солнечная инсоляция вызывает глубокий прогрев плодов в период их созревания, снижается их качество и транспортабельность. В период цветения, когда растения более подвержены амплитуде колебания стрессовых факторов, превышение оптимальных порогов может нанести наиболее значительный ущерб урожайности. К сожалению, отдельно применяемая система мелкодисперсного дождевания (МДД) или аэрозольного увлажнения растений не может использоваться как основная оросительная система полива сельскохозяйственных культур особенно в условиях засушливого климата. Для устранения воздействия солнечной инсоляции и контроля над основными физиологическими факторами, определяющими эффективность производства овощных и многолетних культур, необходимо совместное использование традиционных способов орошения в сочетании с увлажнительными или оросительными поливами. Перспектива комбинированных систем орошения не вызывает сомнений.

Материалы и методы. В основе физиологических потребностей растения заложен гидротермический принцип водного и теплового режима почвы с учетом влажности окружающего воздуха. Для получения оптимально высоких урожаев овощных и многолетних садовых и ягодных культур необходимо выдерживать как можно ближе к оптимальным показателям гидротермический режим в течение вегетационного периода. Такое возможно за счет поддержания влажности воздуха не менее 50 %, влажности почвы в пределах наименьшей влагоемкости (70...80 % НВ) и периодического смачивания листовой поверхности растений мелкодисперсным дождеванием, когда температура воздуха прогреется выше оптимальных значений для каждой культуры.

Принцип орошения находится в прямой зависимости от климатических гидрогеологических условий и биологических особенностей возделываемых овощных, многолетних садовых и ягодных культур. Важным элементом является способ орошения, направленный на управление технологией орошения, которая определяет роль формирования водного баланса орошаемой культуры [9, 10, 11]. Для определения водного баланса нами использовались методы лабораторных и полевых измерений, основанные на уравнении водного баланса поля, методы испарителей и лизиметров. Концентрацию клеточного сока определяли рефрактометрическим методом. В исследованиях по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы ежесуточные материалы метеонаблюдений метеостанций, расположенных на территории опытных участков Волгоградской области и городов Волгограда и Волжского, метеостанция села Малые Дербеты Республики Калмыкия.

Результаты и обсуждение. Система комбинированного орошения предназначена для полива садовых культур и виноградов при одновременном регулировании микроклимата приземного слоя воздуха.

Головной узел оборудуют фильтром, устройством для смешивания и подачи удобрений, запорно-регулирующей и контрольно-измерительной арматурой.

Оросительная сеть состоит из сети трубопроводов: магистрального, распределительных, участковых и поливных трубопроводов. Вся подводящая сеть трубопроводов закрытая, располагается на глубине не менее 0,6 м, что позволяет проводить механизированную обработку почвы.

В случае применения стационарно-сезонной системы поливные трубопроводы перед началом вегетационного периода монтируются на участке, а по окончании демонтируются на зимнее хранение.

Поливные трубопроводы размещаются в створе рядов растений на поверхности почвы и снабжены насадками с щелевыми водовыпусками, которые обеспечивают полосовой полив ряда растений и мелкодисперсными распылителями воды для увлажнения приземного слоя воздуха и поверхности листьев орошаемой культуры (рисунок 1).

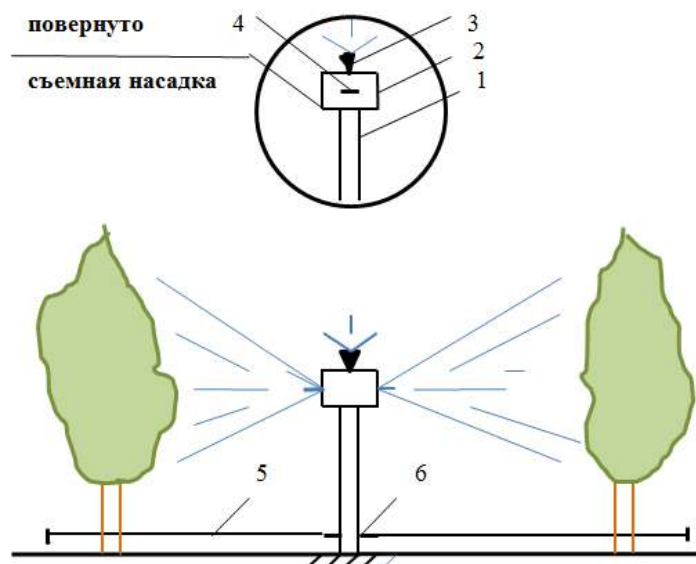


Рисунок 1 – Полосовое подкروновое дождевание в сочетании с аэрозольным орошением:

1 – оросительная стойка; 2 – спринклерная форсунка; 3 – аэрозольный распылитель;
4 – водоотводная щель; 5 – оросительный трубопровод; 6 – штуцер соединительный

Figure 1 – Strip under-crown sprinkling in combination with aerosol irrigation
1 – sprinkler stand; 2 – sprinkler nozzle; 3 – aerosol sprayer; 4 – water outlet slot;
5 – irrigation pipeline; 6 – connecting fitting

Система комбинированного дождевания выполняется в стационарном или стационарно-сезонном варианте и включает водозаборное сооружение, насосную станцию, напорный трубопровод, напорный бассейн, головной распределительный узел, оросительную сеть.

Комбинированная система орошения для садовых насаждений работает в трех режимах.

Первый режим – полосовое подкروновое дождевание, при котором вода поступает через щелевой водовыпуск размером 20х0,5 мм и разбрызгивается на полосе шириной от 1 до 3 м при расстоянии между рядами растений 3...5 м. Увлажняемая площадь составляет 50...70 % общей площади.

Второй режим – мелкодисперсное дождевание, при котором щелевые водовыпуски закрыты и вода подается из мелкодисперсных распылителей в виде капель диаметром 200-500 мкм, расходуясь в основном на испарение с поверхности листьев, обеспечивая снятие температурного стресса у растений благодаря понижению температуры листьев и повышению влажности приземного слоя воздуха.

Третий режим – комбинированное полосовое и мелкодисперсное дождевание, при котором одновременно работают щелевые и мелкодисперсные насадки.

Сочетание полосового и мелкодисперсного дождевания позволяет снизить расход воды на единицу площади на 20-30 % благодаря увлажнению не всей площади орошаемого массива, а только участка, занятого под многолетними насаждениями. Снятие температурного стресса у сельскохозяйственных растений позволяет повысить урожайность на 15...20 %.

Таблица 1 – Основные технико-эксплуатационные показатели

Table 1 – Main technical and operational indicators

№	Наименование Name	Ед. изм. Unit	Показатели Indicators
1	Тип / Type		комбинированная / combined
2	Рабочее давление в начале поливного трубопровода / Operating pressure at the beginning of the irrigation pipe- line	МПа	0,15...0,20
3	Расход воды полосового дождевателя / Water con- sumption of the strip sprinkler	л/с	0,1...0,2
4	Расход мелкодисперсного распылителя / Consumption of fine atomizer	л/ч	40...60
5	Расход воды поливного трубопровода / Irrigation pipeline water consumption	л/с	4...5
6	Длина поливного трубопровода / Length of irrigation pipeline	м	100 ...250
7	Диаметр поливного трубопровода / Diameter of irriga- tion pipeline	мм	25...50
8	Размер водовыпускного отверстия / The size of the wa- ter outlet	мм	20...0,5
9	Материал / Material	-	Полимеры
10	Площадь модульного участка / The area of the modular plot	м ²	2,5...5
11	Требования к очистке воды по размеру взвешенных частиц / Requirements for water purification by the size of suspended particles	мм	0,05
12	Минерализация поливной воды / Salinity of irrigation water	г/ л	2,0
13	Коэффициент использования орошаемой площади / Coefficient of use of irrigated area	-	0,90
14	Коэффициент полезного действия системы / Efficiency of the system	-	0,95

Комбинированная система капельного орошения и мелкодисперсного дождевания овощных культур, кукурузы, многолетних насаждений предназначена для орошения и регулирования микро- и фитолимата посева в жаркие сухие дни вегетационного периода, когда температура воздуха превышает оптимальную температуру для каждой культуры, т.е. в пределах 23-25 °С (рисунок 2).

Комбинированная система создана на основе сети капельного орошения и включает водоисточник, насосную станцию, фильтры очистки воды, оросительную сеть в виде поливных трубопроводов длиной 100 м, диаметром 16 мм с капельницами, установленными на поливном трубопроводе через 0,4 м. Расстояние между капельными линиями – 1,5 м. Каждый второй поливной трубопровод диаметром 20 мм оборудован стойками с распылителями для мелкодисперсного дождевания. Шаг размещения стоек на поливном трубопроводе – 3х4 м. Насадки для мелкодисперсного дождевания включают крепежные адаптеры, распылители и запорные клапаны. Запорный клапан состоит из корпуса с эластичной мембраной. На комбинированной системе капельного орошения и мелкодисперсного дождевания устанавливается узел подачи удобрений и ростовых веществ вместе с поливной водой. Ввод растворов в систему орошения осуществляется инжектором.



Рисунок 2 – Комбинированное орошение (капельное орошение + мелкодисперсное дождевание)

Figure 2 – Combined irrigation (drip irrigation + fine sprinkling)

В режиме капельного орошения система работает следующим образом: вода из водоисточника подается насосом через фильтры, которые удаляют растительный и минеральный сор. Очищенная вода поступает в оросительную сеть и через регуляторы давления в распределительные трубопроводы, а через ниппели в нем – в поливные трубопроводы. При установлении рабочего давления до 0,01 МПа начинают работать капельницы.

Таблица 2 – Основные технико-эксплуатационные показатели

Table 2 – Main technical and operational indicators

№	Наименование Name	Ед. изм. Unit	Показатели Indicators
1	2	3	4
1	Тип / Type		комбинированная / combined
2	Рабочее давление в начале поливного трубопровода, КО/МДД / Operating pressure at the beginning of the irrigation pipeline	МПа	0,01/0,02
3	Рабочая ширина захвата, КО/МДД / Working width of the grip	м	0,8/3
4	Рабочая длина захвата, КО/МДД / Working grip length	м	0,8/4
3	Расход воды капельницей / Water consumption by dropper	л/ч	2...4
4	Расход воды мелкодисперсным распылителем / Water consumption by fine spray	л/ч	30...40
5	Количество дождевальных аппаратов / Number of sprinklers	шт/га	480

Окончание таблицы 2

1	2	3	4
6	Схема расстановки аппаратов / The layout of the devices	м	3х4
7	Тип дождевальных аппаратов / Type of sprinklers		Аэрозольный / Aerosol
8	Диаметр сопла / Nozzle diameter	мм	1,0
9	Площадь полива с одной позиции, КО/МДД / Irrigation area from one position	м ²	0,8/15
10	Высота установки дождевального аппарата над уровнем почвы / The height of the sprinkler installation above the soil level	м	2,2
11	Требования к очистке воды по размеру взвешенных частиц / Requirements for water purification by the size of suspended particles	мм	0,05
12	Минерализация поливной воды / Salinity of irrigation water	г/л	2,0
13	Коэффициент использования орошаемой площади / Coefficient of use of irrigated area	-	0,9
14	Коэффициент полезного действия системы / Efficiency of the system	-	0,95

Для работы системы в режиме мелкодисперсного увлажнения давление в сети увеличивают до 0,02 мПа. За счет создавшегося напора вода, преодолевая сопротивление мембраны, устремляется наружу и начинают работать мелкодисперсные насадки. Поток воды в виде тонкой конической пленки выбрасывается с большой скоростью и разбивается в виде мелкодисперсных капель. Капли воды оседают на листьях и стеблях растений, чем достигается снижение температуры приземного воздуха и повышается его влажность. Такое регулирование микроклимата создает благоприятные условия для формирования высокого и устойчивого урожая.

Экологическая безопасность применения системы комбинированного орошения обеспечивается соблюдением экологически безопасных параметров рабочего процесса.

Выводы. Комбинированная система полива обеспечивает за счет благоприятного воздействия аэрозольного увлажнения увеличение урожая пропашных культур на 10...20 % отсюда и соответствующее возрастание прибыли по сравнению с использованием капельного орошения. При использовании комбинированных систем орошения решается вопрос с внесением на листовую поверхность возделываемой культуры ростовых и химических веществ. В сравнении с традиционными способами полива при комбинированных малообъемных способах орошения экономия поливной воды достигает до 40 %. Системы комбинированного малообъемного орошения по своим техническим характеристикам являются инновационными и относятся к современным ресурсосберегающим технологиям орошения. В дальнейших научных исследованиях разработки по совмещению малообъемных и традиционных способов полива найдут достойное применение как в научных целях, так и в практических при возделывании сельскохозяйственных культур.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Дубенок Н. Н., Чечко Р. А. Малоинтенсивное дождевание картофеля в условиях юга России. Москва, 2017.
2. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидротермического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
3. 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 // Природоустройство. 2016. № 3. С. 90-96.

5. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Разработка систем комбинированного орошения для полива сельскохозяйственных культур // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. С. 9-19.

6. Меньших А. М. Капельное орошение как элемент ресурсосберегающего овощеводства // Орошаемое земледелие. 2015. № 2. С. 15-16.

7. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.

8. Курбанов С. А., Майер А. В., Магомедова Д. С. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.

9. Майер А. В., Жаринов Е. М., Азаров Е. В. Способ определения интервала времени между увлажнительными поливами при мелкодисперсном дождевании и вопрос автоматизации // Известия Нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 195-199.

10. Degirmenci H., Tanriverdi C., Arslan F. Assessment of irrigated areas by sprinkler and drip irrigation methods in lower Seyhan plain // Kahramanmaraş sutcu imam university journal of natural sciences. 2016. V. 19. I. 4. P. 454-461.

11. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.

Информация об авторах

Храбров Михаил Юрьевич, ведущий 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, доктор сельскохозяйственных наук, ORCID: номер [https:// orcid.org/0000-0002-0053-8402](https://orcid.org/0000-0002-0053-8402) тел. 89629012792 vniigim@yandex.ru

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: номер [https:// orcid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916) тел. 89053378678, vkovniigim@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-13

EFFICIENCY OF TILLAGE METHODS AT CULTIVATION OF SUDANESE GRASS ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

O. G. Chamurliiev¹, L. A. Feofilova¹, D.G. Yamoah^{1,3}, G. O. Chamurliiev²

¹FGBOU VO Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

²FGAOU VO Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia

³University of Education, Winneba, Ghana

Received 27.03.2023

Submitted 10.05.2023

The research was carried out within the framework of the dissertation work

Summary

Expanding the range of new forage crops that meet certain requirements and using them along with traditional ones is an important reserve for increasing feed production and improving their quality. One of these forage crops is the Sudanese grass, which in arid climates yields high yields and surpasses many annual grasses in terms of digestible protein content.

Abstract

Relevance. Expanding the range of new forage crops that meet certain requirements and using them along with traditional ones is an important reserve for increasing feed production and improving their quality. One of these forage crops is the Sudanese grass, which in arid climates yields high yields and surpasses many annual grasses in terms of digestible protein content. New varieties of Sudanese grass are characterized by increased drought resistance, resistance to the most dangerous diseases, high yield potential, in-

creased content of biologically complete protein, which determines the feed and nutritional value of this crop. **An object.** The object of research is the technology of cultivation of Sudanese grass for green mass in irrigated crop rotations of the arid zone. **Materials and methods.** Field studies were conducted on the Chernozemelskaya irrigation system in accordance with the requirements of the "Methodology of field experience" (B.A. Dospekhov, 1985), "Methods of field experience in irrigation conditions" (VNII OZ, 1983), "Methodological recommendations for assessing the effectiveness of agricultural land reclamation investment projects" (2001), "Methods of bioenergetic assessment of the effectiveness of technologies in irrigated agriculture" (VASHNIL, 1989). Mathematical data processing was carried out by methods of correlation, regression, variance analysis according to the methodology of B.A. Dospekhov, 1985, using the STATISTICA 6.5 program and the Microsoft spreadsheet processor Excel XP. **Results and conclusions.** The reserves of productive moisture in a 1-meter layer of soil when sowing Sudanese grass on variants with plowing by 25-27 cm were 136.0–149.6 mm, with a deep plane-cutting treatment of 0.25–0.27 m – 142.6–154.6 mm. The minimum contamination of the Sudanese grass crops in the tillering phase was observed in the variant with plowing by 0.25–0.27 m and amounted to 13.0 pcs/m² with their vegetative mass 252 g/m². Carrying out flat-cutting processing by 0.25–0.27 m contributed to an increase in clogging, the maximum value of which reached 16.0 pcs / m² s vegetative weight 386.8 g/m². Bushiness on average for three years at the seeding rate 1.5 million pieces per 1 ha amounted to 3.6...6.0 stems per plant according to tillage options. On thickened crops with a seeding rate of 2.0 million pieces per 1 ha, the bushiness of Sudanese grass decreased by 24...31%. The change in the seeding rate, and, as a consequence, the density of plant standing, influenced the change in the proportion of leaves in the harvest of green mass. So, in the main mowing in the variant of 1.0 million pcs./ha, the foliage according to the tillage options was 31.0...40.0%, 1.5 million - 32.645,3 %. The maximum yield is fixed on the option of non-tillage tillage to a depth of 0.25–0.27 m - 28.52 t/ha. With the binary influence of the studied variants, the highest yield was obtained on the variant with a seeding rate of 1.5 million.pcs /ha for non-tillage processing to a depth of 0.25–0.27 m, which is 15% higher than the control.

Key words: tillage, seeding rate, productivity of Sudanese grass.

Citation. Chamurliev O. G., Chamurliev G. O., Feofilova L. A., Yamoakh D. G. The effectiveness of tillage methods in the cultivation of Sudanese grass on light chestnut soils of the Volgograd region *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 118-125 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-13.

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 633.282(470.45)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И НОРМ ВЫСЕВА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ СУДАНСКОЙ ТРАВЫ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

О. Г. Чамурлиев¹, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Л. А. Феофилова¹, кандидат сельскохозяйственных наук,

старший научный сотрудник

Д. Г. Йамоах^{1,3}, аспирант

Г. О. Чамурлиев², кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

¹ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

²ФГАОУ ВО Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия

³Педагогический университет, Виннеба, Гана

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Исследования проведены в рамках выполнения диссертационной работы

Актуальность. Расширение ассортимента новых кормовых культур, отвечающих определённым требованиям, и использование их наряду с традиционными является важным резервом увеличения производства кормов и повышения их качества. Одной из таких кормовых культур является

суданская трава, которая в условиях аридного климата дает высокие урожаи и превосходит многие однолетние травы по содержанию переваримого протеина. Новые сорта суданской травы характеризуются повышенной засухоустойчивостью, устойчивостью к наиболее опасным болезням, высоким потенциалом урожайности, повышенным содержанием биологически полноценного белка, что определяет кормовую и пищевую ценность этой культуры. **Объект.** Объектом исследований является технология возделывания суданской травы на зеленую массу в орошаемых севооборотах аридной зоны. **Материалы и методы.** Полевые исследования были проведены в 2019-2021 гг. на базе НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК в УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета в соответствии с требованиями «Методики полевого опыта» (Б. А. Доспехов, 1985), «Методики полевого опыта в условиях орошения» (ВНИИОЗ, 1983), «Методики биоэнергетической оценки эффективности технологий в орошаемом земледелии» (ВАСХНИЛ, 1989). Математическая обработка данных проводилась методами корреляционного, регрессионного, дисперсионного анализа по методике Б. А. Доспехова, 1985, с помощью программы STATISTICA 6.5 и процессора электронных таблиц Microsoft Excel XP. **Результаты и выводы.** Запасы продуктивной влаги в 1-метровом слое почвы при посеве суданской травы на вариантах с вспашкой на 0,25-0,27 м составили 136,0-149,6 мм, с глубокой плоскорезной обработкой на 0,25-0,27 м – 142,6-154,6 мм. Минимальная засоренность посевов суданской травы в фазу кушения наблюдалась в варианте со вспашкой на 0,25–0,27 м и составила 13,0 шт./м² с их вегетативной массой 252 г/м². Проведение плоскорезной обработки на 0,25–0,27 м способствовало повышению засоренности, максимальное значение которого достигло 16,0 шт./м² с вегетативной массой 386,8 г/м². Кустистость в среднем за три года при норме высева 1,5 млн шт. на 1 га составила по вариантам обработки почвы 3,6...6,0 стебля на одно растение. На загущенных посевах с нормой высева 2,0 млн шт. на 1 га кустистость суданской травы уменьшилась на 24...31 %. Изменение нормы высева, и, как следствие этого, густоты стояния растений оказывало влияние на изменение доли листьев в урожае зеленой массы. Так, в основном укосе в варианте 1,0 млн шт./га облиственность по вариантам обработки почвы составляла 31,0..40,0 %, 1,5 млн – 32,6.. 45,3 %. Максимальная урожайность зафиксирована на варианте безотвальной обработки почвы на глубину 0,25-0,27 м – 28,52 т/га. При бинарном влиянии изучаемых вариантов наибольшая урожайность получена на варианте с нормой высева 1,5 млн шт./га по безотвальной обработке на глубину 0,25-0,27 м, что на 15 % превышает контроль.

Ключевые слова: возделывание суданской травы, нормы высева суданской травы, продуктивность суданской травы.

Цитирование. Чамурлиев О. Г., Феофилова Л. А., Йамоах Д. Г., Чамурлиев Г. О. Эффективность способов обработки почвы и норм высева при возделывании суданской травы на светлосланцевых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 118-125. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-13.

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. Важнейшим вопросом интенсификации сельскохозяйственного производства в нашем регионе является создание устойчивой кормовой базы [4]. Полевое кормопроизводство служит основным источником получения кормов в Нижнем Поволжье [5].

Одним из основных направлений создания прочной кормовой базы в этом регионе является возделывание кормовых культур на орошаемых землях [12]. Среди этой группы культур наиболее перспективной считается суданская трава [10], обладающая высокой отзывчивостью на орошение с реализацией генетически потенциальной урожайности [1, 2].

Вопросы возделывания суданской травы рассмотрены в работах Лаптиной Ю. А., Жирнова Д. А., Горшенина В. А., Антонова В. Н. и др. Суданская трава отличается высокой урожайностью, засухоустойчивостью, имеет универсальное использование. Хорошо поедается скотом, быстро отрастает после скашивания или стравливания [3].

Однако для более полной реализации биологического потенциала суданской травы в аридных условиях Волгоградской области необходимо усовершенствовать агротехнические приемы ее возделывания, способствующие активизации продукционного процесса и урожайности культуры.

Материалы и методы. Объектом исследований является технология возделывания суданской травы на зеленую массу в орошаемых севооборотах аридной зоны. В 2019 году на базе НИИ перспективных исследований и инноваций в АПК в УНПЦ «Горная Поляна» Волгоградского государственного аграрного университета был заложен полевой опыт [6].

Схема опыта включает изучение двух факторов:

Фактор А – способы обработки почвы с включением 5 вариантов:

A₁ – отвальная вспашка на глубину 0,20-0,22 м (ПЛН-4-35);

A₂ – отвальная вспашка на глубину 0,25-0,27 м (ПЛН-4-35);

A₃ – безотвальная обработка на глубину 0,20-0,22 м (КПГ-2-150);

A₄ – безотвальная обработка на глубину 0,25-0,27 м (КПГ-2-150);

A₅ – поверхностная обработка на 0,10-0,12 м (БДТ – 3,0).

Фактор В – нормы высева, включающие 3 варианта:

B₁ – 1,0 млн всхожих семян на 1 га;

B₂ – 1,5 млн всхожих семян на 1 га;

B₃ – 2,0 млн всхожих семян на 1 га.

Объектом исследований был сорт суданской травы Волга.

Агротехника возделывания суданской травы общепринятая для данной зоны. Предшественник – озимая пшеница. Полив проводился дождевальной машиной «Мини КубаньК» с поддержанием нижнего порога влажности 75 % НВ. Нормы минеральных удобрений рассчитана на получение планируемого урожая 60,0 т/га зеленой массы суданской травы сорта Волга.

Результаты и выводы. Запасы продуктивной влаги в 1-метровом слое почвы при посеве суданской травы на вариантах с вспашкой на 0,25-0,27 м составили 136,0–149,6 мм, с глубокой плоскорезной обработкой на 0,25-0,27 м – 142,6–154,6 мм. Более эффективное использование почвенной влаги на варианте с глубокой плоскорезной обработкой происходило за счёт меньших её потерь на физическое испарение в связи с лучшим сложением почвы. Лучшее использование почвенной влаги на варианте плоскорезной обработки по сравнению с обычной вспашкой связано с действием стерни и мульчи из пожнивных остатков, которые способствуют уменьшению испарения влаги [11].

Влияние различных способов обработки почвы на сохранность растений к уборке было незначительным. Полевая всхожесть на вариантах отвальной обработки равнялась 85-87 %, на безотвальной – 87-89 %.

Способы основной обработки почвы оказали заметное влияние на засорённость почвы. Минимальная засорённость посевов суданской травы в фазу кущения наблюдалась в варианте со вспашкой на 0,25–0,27 м и составила 13,0 шт./м² с их вегетативной массой 252 г/м². Проведение плоскорезной обработки на 0,25–0,27 м способствовало повышению засорённости, максимальное значение которого достигло 16,0 шт./м² с вегетативной массой 386,8 г/м².

Как известно, норма посева семян суданской травы определяет показатели продуктивности растений, такие как кустистость, площадь листовой поверхности, высоту растений, а также качественные показатели получаемой продукции. С увеличением густоты уменьшается освещённость внутри травостоя [7, 8].

Загущенность посевов оказывает влияние и на анатомо-морфологические признаки растений. При умеренной густоте растения достигают оптимальной высоты, а в загущенных посевах высота их всегда ниже из-за плохой освещенности и недостаточной площади питания. Изменяется при этом толщина стебля, а также продолжительность отдельных фаз вегетационного периода [9, 13].

Таблица 1 – Влияние способа обработки почвы и нормы высева на показатели продуктивности сорта суданской травы Волга

Table 1 – Influence of the tillage method and seeding rate on the productivity indicators of the variety of Sudanese grass Volga

Фактор А:	Фактор В:	Число растений на 1 м ² , шт.	Средняя кустистость растений	Облиственность растений, %
отвальная вспашка на глубину 0,20-0,22 м	1,0	53	3,9	31,1
	1,5	71	3,6	32,6
	2,0	85	3,4	33,5
отвальная вспашка на глубину 0,25-0,27 м	1,0	78	5,4	33,0
	1,5	95	5,3	33,8
	2,0	104	5,0	35,3
безотвальная обработка на глубину 0,20-0,22 м	1,0	80	5,3	34,0
	1,5	100	5,9	37,8
	2,0	109	5,1	35,2
безотвальная обработка на глубину 0,25-0,27 м	1,0	90	5,6	40,0
	1,5	105	6,0	45,3
	2,0	107	5,8	43,0
поверхностная обработка на 0,10- 0,12 м	1,0	68	3,3	31,0
	1,5	75	3,5	33,8
	2,0	94	3,4	32,3

Правильная норма высева семян обеспечивает не только нормальную густоту стояния травостоя, но и облегчает борьбу молодых, еще не окрепших растений суданской травы со всходами сорняков. Растения суданской травы в первые 3...4 недели развиваются медленно, поэтому сорняки, которые растут и развиваются значительно быстрее, могут заглушить ее всходы. При густом травостое растения суданской травы энергичнее борются с сорняками, а после выхода в трубку подавляют их [2, 3].

У растений суданской травы в течение всего вегетационного периода протекает процесс кущения, что позволяет оценивать культуру положительно с производственной точки зрения [1]. Помимо биологической способности к кущению, на образование побегов и их число оказывают влияние окружающая среда и применяемая агротехника. Кустистость в среднем за три года при норме высева 1,5 млн шт. на 1 га составила по вариантам обработки почвы 3,6...6,0 стебля на одно растение. На загущенных посевах с нормой высева 2,0 млн шт. на 1 га кустистость суданской травы уменьшилась на 24...31 %. Изменение нормы высева и, как следствие, густоты стояния растений оказывало влияние на изменение доли листьев в урожае зеленой массы. Так, в основном укосе в варианте 1,0 млн шт./га облиственность по вариантам обработки почвы составляла 31,0...40,0 %, 1,5 млн – 32,6... 45,3 %.

Величина продуктивности суданской травы является одним из важных показателей при оценке изучения проводимых агротехнических приемов. Результаты полевых исследований показывают, что на урожайность зеленой массы суданской травы существенное влияние оказала норма высева.

Уборка суданской травы на зеленую массу проводилась в три этапа:

1. – период выхода в трубку суданской травы (III декада июня – I декада июля);
2. – в конце I декады августа;
3. – в конце I декады сентября.

Результаты исследований показали, что продуктивность травостоя суданской травы изменяется в зависимости от нормы высева и обработки почвы.

Таблица 2 – Продуктивность суданской травы (среднее за 2019-2021 гг.)

Table 2 – Productivity of Sudanese grass (average for 2019-2021)

Фактор А:	Фактор В	Урожайность зеленой массы, т/га			
		I укос	II укос	III укос	за вегетацию
отвальная вспашка на глубину 0,20-0,22 м	1,0	10,00	8,25	1,86	20,11
	1,5	12,35	10,10	2,30	24,75
	2,0	10,87	8,95	2,06	21,88
отвальная вспашка на глубину 0,25-0,27 м	1,0	9,75	7,86	1,90	19,51
	1,5	12,14	9,17	2,19	23,50
	2,0	10,60	8,00	1,96	20,56
безотвальная обработка на глубину 0,20-0,22 м	1,0	11,95	8,48	1,79	22,22
	1,5	13,33	10,73	2,44	26,50
	2,0	11,74	8,67	2,10	22,51
безотвальная обработка на глубину 0,25-0,27 м	1,0	13,45	9,71	2,12	25,28
	1,5	15,20	10,85	2,47	28,52
	2,0	13,50	9,77	2,32	25,59
поверхностная обработка на 0,10-0,12 м	1,0	9,28	7,10	1,75	18,13
	1,5	11,48	8,97	2,13	22,58
	2,0	10,40	7,53	1,98	19,91
2019 г					
НСР ₀₅ фактора А		0,29	1,00	0,23	-
НСР ₀₅ фактора В		0,20	0,71	0,16	-
НСР ₀₅ взаимодействие факторов АВ		0,50	1,73	0,40	-
2020 г					
НСР ₀₅ фактора А		0,20	0,63	0,19	-
НСР ₀₅ фактора В		0,18	0,33	0,13	-
НСР ₀₅ взаимодействие факторов АВ		0,35	1,03	0,30	-
2021 г					
НСР ₀₅ фактора А		0,30	1,12	0,28	-
НСР ₀₅ фактора В		0,25	0,82	0,20	-
НСР ₀₅ взаимодействие факторов АВ		0,65	1,84	0,70	-

В целом за три укоса в течение вегетационного периода максимальная урожайность получена на варианте с нормой высева 1,5 млн шт./га и составила 28,52 т/га. Снижение нормы высева на 0,5 млн шт./га приводит к уменьшению продуктив-

ности до 18,13 т/га, а при увеличении нормы высева на 0,5 млн шт./га – урожайность увеличивается незначительно по сравнению с нормой высева 1,0 млн шт./га и составляет 25,59 т/га.

Выводы. В среднем за три года исследований запасы влаги к весне были максимальными при вспашке на глубину 0,25-0,27 м и составили 136,0-149,6 мм, с глубокой плоскорезной обработкой на 0,25-0,27 м – 142,6-154,6 мм. Наименьшее количество и масса сорняков в фазу кущения суданской травы наблюдалось в варианте со вспашкой на 0,25–0,27 м и составило 13,0 шт./м² с их вегетативной массой 252 г/м². Проведение плоскорезной обработки на 0,25–0,27 м способствовало повышению засорённости, максимальное значение которого достигло 16,0 шт./м² с вегетативной массой 386,8 г/м². Максимальная урожайность зафиксирована на варианте безотвальной обработки почвы на глубину 0,25-0,27 м – 28,52 т/га. При бинарном влиянии изучаемых вариантов наибольшая урожайность получена на варианте с нормой высева 1,5 млн шт./га по безотвальной обработке на глубину 0,25-0,27 м, что на 15 % превышает контроль.

Библиографический список

1. Влияние норм высева разных сортов суданской травы на урожай зеленой массы при орошении / В. В. Бородычев, Е. В. Кравченко, Э. Б. Дедова, Г. Н. Кониева // Мелиорация и водное хозяйство. 2012. № 2. С. 14-16.
2. Гайсиева Е. А. Изучение смешанных агрофитоценозов с участием суданской травы // Наука и образование. 2019. № 3 (56). С. 14-19. <https://e.lanbook.com/journal/issue/311397>.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
4. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Кормовые конвейеры для высокопродуктивного крупного рогатого скота на орошаемых землях // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 25-28.
5. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Возделывание суданской травы на корм в условиях орошения // Орошаемое земледелие. 2019. № 3. С. 30-33.
6. Жанаталапов Н. Ж., Насиев Б. Н. Сроки посева, сроки уборки и пастбищный режим использования суданской травы // Наука и образование. 2019. № 4. С. 27-32. <https://e.lanbook.com/journal/issue/311880>.
7. Лаптина Ю. А., Бугреев Н. А., Шарапова Е. А. Продуктивность зерновых культур в богарных условиях на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Аграрный научный журнал. 2019. № 10. С. 27-33.
8. Лаптина Ю. А., Куликова Н. А. Приемы повышения продуктивности суданской травы в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижне-Волжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 211-221.
9. Павлюк Н. Т., Булавский А. А., Каширский А. К. Совершенствование приемов возделывания суданской травы на семена // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 2. С. 93-96. <https://e.lanbook.com/journal/issue/294596>.
10. Плескачев Ю. Н., Лаптина Ю. А., Гиченкова О. Г. Влияние норм высева на продукционный процесс суданской травы при орошении // Орошаемое земледелие. 2020. № 4. С. 41-44.
11. Продуктивность суданской травы в Центральном / С. И. Капустин, А. Б. Володин, А. С. Капустин, А. М. Стройный // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 1 (17). С. 62-70.
12. Троц В. Б., Троц Н. М., Бахтияров Т. Х. Химический состав фитомассы сорго, суданской травы и донника белого однолетнего // Аграрная Россия. 2010. № 2. С. 38-40.
13. Шарко Н. С., Буянкин В. И. Новый сорт суданской травы Волга/ Всероссийский фермер. Волгоград, 2019. С. 14-17.
14. Шишова Е. А. Качество зеленой массы суданской травы // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2. С. 145-151. <https://e.lanbook.com/journal/issue/307360>.

Информация об авторах

Чамурлиев Омарий Георгиевич, заведующий кафедрой «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, Волгоградская область, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, тел. 8 (8442) 41-12-20, e-mail: attika.ge@yandex.ru

Феофилова Людмила Анатольевна, старший научный сотрудник центра экологического испытания и селекции овощных культур ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, Волгоградская область, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: ignateva.l@bk.ru

Йамоах Дерик Гийаси, аспирант кафедры «Земледелие и агрохимия» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Россия, Волгоградская область, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-12-20, e-mail: sualick@gmail.com

Чамурлиев Георгий Омаринович, — старший преподаватель агроинженерного департамента Аграрно-технологического института Российского университета дружбы народов, Российская Федерация, (117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 8); кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: giorgostsamourlidis@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-14

GEOINFORMATION MAPPING OF DEFLATION-HAZARDOUS AGRICULTURAL LAND PLOTS USING SATELLITE IMAGES

V. G. Yuferev, K. P. Sinelnikova, A. N. Berdengalieva

FGBNU "Federal Scientific Center of Agroecology, Integrated Land Reclamation and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences", Volgograd, Russia

Received 15.12.2022

Submitted 05.05.2023

The work was carried out within the framework of the state tasks of the Federal Scientific Center for Agroecology, Integrated Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences No. 122020100406-6 "Theoretical foundations and mathematical and cartographic models of the functioning of agroforestry systems in the protection of soils from deflation", No. 122020100405-9 "Cartographic modeling of the state, functioning and dynamics of processes of deserted territories using information technologies"

Summary

The article presents the results of geoinformation mapping of deflation-hazardous agricultural land plots using satellite images. The assessment of spatial, geometric and geomorphological characteristics of agricultural landscapes used for growing crops has been carried out. The analysis of spatial data revealed the distribution of fields by position, quantity, area and average steepness on the territory of the studied areas. It was found that 53.1% of the total number of cultivated fields are not protected from possible deflation and water erosion.

Abstract

Introduction. The degradation of agricultural land and, first of all, used for arable land is currently associated with the intensification of their use, the use of imperfect agricultural technologies, the lack of proper arrangement of fields aimed at preserving the fertile soil layer. Of all the types of degradation of agricultural land, deflation and water erosion, which are most widespread in cultivated fields, cause the greatest damage. This is due to insufficient attention on the part of economic entities to the problem of organizing the protection of fields from degradation. Currently, only an integrated approach to solving this problem, including agrotechnics, agroforestry and engineering arrangement, can ensure reliable preservation of soil fertility and, accordingly, ensure the receipt of high-quality products. **An object.** Agricultural landscapes in Kotovsky, Kalachevsky, Nekhaevsky and Oktyabsky districts. **Materials and methods.** Geoinformation mapping of cultivated fields and analysis of the current state of deflation-hazardous agricultural land plots is carried out using up-to-date Earth remote sensing data. At the same time, not only the spatial placement of the processed fields is determined, but also their geometric, topological and geomorphological characteristics. Such studies make it possible to determine the degree of protection of such fields by forest plantations and engineering structures, to establish compliance with the use of protection measures with established standards and to identify the spatial location of plantings and structures in the studied areas. **Results and conclusions.** Based on the results of the work performed, a database of spatial geomorphological and geometric

data of the fields being processed has been created, which will provide design organizations and management bodies with the necessary information about the structure and characteristics of agricultural land in the study area. When solving the problem of determining the spatial position of potentially deflation-hazardous areas in the research area, it was found that more than 50% of the entire cultivated area does not have a soil protection system against degradation. In this regard, it is necessary to develop a set of measures to prevent land degradation.

Key words: *degradation, deflation, water erosion, productivity, arable land, satellite images, geoinformation technologies.*

Citation. Yuferev V. G., Sinelnikova K. P., Berdigaliev A. N. Geoinformation mapping of deflation-hazardous agricultural land plots using satellite images. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 125-134 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-14.

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

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

УДК 631.459:528.854

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ДЕФЛЯЦИОННО-ОПАСНЫХ УЧАСТКОВ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОСМОСНИМКОВ

В. Г. Юферов, доктор сельскохозяйственных наук
К. П. Синельникова, младший научный сотрудник
А. Н. Берденгалиева, младший научный сотрудник

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

Работа проведена в рамках выполнения государственных заданий Федерального научного центра агроэкологии, комплексной мелиорации и защитного лесоразведения Российской академии наук № 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции», № 122020100405-9 «Картографическое моделирование состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с применением информационных технологий»

Дата поступления в редакцию 15.12.2022

Дата принятия к печати 05.05.2023

Актуальность. Деградация сельскохозяйственных угодий, и в первую очередь используемых под пашню, в настоящее время связана с интенсификацией их использования, применением несовершенных агротехнологий, отсутствием надлежащего обустройства полей, направленного на сохранение плодородного слоя почвы. Из всех видов деградации сельскохозяйственных угодий наибольший ущерб наносят дефляция и водная эрозия, получившие наибольшее распространение на обрабатываемых полях. Это связано с недостаточным вниманием со стороны хозяйствующих субъектов к проблеме организации защиты полей от деградации. В настоящее время только комплексный подход к решению этой проблемы, включающий агротехнику, агролесомелиорацию и инженерное обустройство, может обеспечить надежное сохранение плодородия почв и, соответственно, обеспечить получение продукции высокого качества. **Объект.** Агроландшафты в Котовском, Калачевском, Нехаевском и Октябрьском районах. **Материалы и методы.** Геоинформационное картографирование обрабатываемых полей и анализ современного состояния дефляционно-опасных участков земель сельскохозяйственного назначения проводится с использованием актуальных данных дистанционного зондирования Земли. При этом определяются не только пространственное размещение обрабатываемых полей, но и их геометрические, топологические и геоморфологические характеристики. Такие ис-

следования дают возможность определить степень защищенности таких полей лесными насаждениями и инженерными сооружениями, установить соответствие использования мер защиты установленным нормам и выявить пространственное расположение насаждений и сооружений на исследуемых участках. **Результаты и выводы.** По результатам выполненных работ создана база пространственных геоморфологических и геометрических данных обрабатываемых полей, которая обеспечит проектные организации и органы управления необходимой информацией о структуре и характеристиках сельскохозяйственных угодий на территории исследования. При решении задачи определения пространственного положения потенциально дефляционно-опасных участков на территории исследований установлено, что более 50 % всей обрабатываемой площади не имеет системы защиты почв от деградации. В связи с этим необходима разработка комплекса мер для предотвращения деградации земель.

Ключевые слова: деградация земель, дефляция, водная эрозия, продуктивность земель, пашни, космоснимки, геоинформационные технологии.

Цитирование. Юферев В. Г., Синельникова К. П., Берденгалиева А. Н. Геоинформационное картографирование дефляционно-опасных участков земель сельскохозяйственного назначения с использованием космоснимков. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 125-134. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-14.

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. Деградация земель в результате дефляции зависит от того, насколько эффективно защищены поля от воздействия ветра. Агролесомелиоративное обустройство агроландшафтов дает возможность предотвратить или существенно снизить потери плодородного слоя почвы в результате дефляции [1]. Лесомелиорация как способ предотвращения дефляции надежно защищает агроландшафты только при соблюдении ряда требований к размещению и конструкции полезащитных лесных насаждений [7]. Главными из них являются размещение основных лесных полос по возможности перпендикулярно направлению преобладающих ветров и соответствие расстояния между основными лесными полосами почвенным и геоморфологическим условиям. Актуальность исследований обусловлена тем, что в настоящее время отсутствует аналитический материал по пространственному размещению, характеристикам и защищенности лесными насаждениями от дефляции обрабатываемых полей. Соответственно, на незащищенных участках существует риск потери плодородного слоя и снижения продуктивности сельскохозяйственных угодий.

Цель проведенной работы заключалась в определении пространственных геоморфологических и геометрических характеристик сельскохозяйственных угодий полей для выявления потенциально деградационно-опасных участков.

Задачей исследований являлось геоинформационное картографирование контуров дефляционно-опасных участков пашни в 4 почвенных зонах: черноземной, темно-каштановой, каштановой и светло-каштановой, и оценка геоморфологических характеристик выделенных участков пашни для уточнения преимущественного вида деградации.

Новизна исследований обусловлена получением и анализом новых данных о форме, пространственном размещении и топологии контуров обрабатываемых земель на территории исследований.

Материалы и методы. Методология проведенного исследования основана на разработанных способах геоинформационного определения деградации пашни [13] с использованием космоснимков. Изображение на космоснимках отражает состояние видимой поверхности на момент съемки, при этом основным дешифровочным признаком агроланд-

шафтов является отображение границ обработанных земель. Степень деградации от дефляции определяется потерей гумуса в верхнем слое почвы. В связи с этим для установления степени деградации от дефляции почвы, находящейся в воздушно-сухом состоянии, используется признак сдвиг тона цифрового растрового изображения в сторону увеличения значения, что вызвано снижением содержания гумуса в верхнем слое почвы [4, 11, 12]. Установленная взаимосвязь деградации поверхности пашни от дефляции с уровнем тона цифрового космоснимка дает возможность количественно установить степень деградации и оценить необходимость принятия мер по борьбе с дефляцией [5].

Геоинформационный анализ и картографирование дефляционно-опасных участков земель сельскохозяйственного назначения проводились методом создания векторных полигонов обрабатываемых полей по космоснимкам сверхвысокого разрешения [14]. Для определения границ полей использовалась мозаика космоснимков ESRI World Imagery с разрешением менее 1 м (<https://bestmaps.ru/map/esri/sat/8/47.408/45.439>). Актуализация данных проводилась по космоснимкам Sentinel-2. Космоснимки находятся в свободном доступе, и как правило, поставляются пользователю уже с географической привязкой, точность которой для снимков Sentinel-2 составляет 12 м. Картографирование границ полей и последующий их анализ производились в геоинформационной среде QGIS 3.26. Картографические слои разработаны в проекции UTM и системе координат WGS-84.

Дефляционная опасность для обработанных полей зависит от особенностей климата, типа почв, применяемых агротехнологий, а также от характеристик рельефа поля [3, 8].

Методика дешифрирования космоснимков для анализа пространственного распределения полей основана на визуальном и полуавтоматическом выделении контуров полей по характерным признакам их обработки, по относительно однородному тону посевов, наличию полевых дорог, лесных насаждений и полевых дорог. Векторизация контуров дает возможность определить геометрические и геоморфологические характеристики участков [2].

Выбор полей для определения возможности развития процессов дефляции основан на проведенных ранее исследованиях эффективности агролесомелиорации обработанных полей [6, 9, 10]. В этих работах установлены параметры полевых лесомелиоративных насаждений, обеспечивающих предохранение верхнего слоя почвы от дефляции. Максимальное расстояние между основными полосами 600 м установлено для полей, расположенных на черноземах. На практике это расстояние не превышает 500 м, при этом длина таких полос в большинстве случаев не превышает 2000 м и обусловлена размещением полей в рельефе, а также оптимизацией площади поля. Максимальная площадь поля, ограниченная основными и вспомогательными полосами, составляет 100 га. Для других типов почв ориентировочная площадь поля составляет: темно-каштановые – 70 га; каштановые – 60 га; светло-каштановые – 50 га. Таким образом, поля, площадь которых превышает 100 га, условно можно отнести к потенциально подверженным дефляции площадям, в связи с чем критерий площади можно использовать при геоинформационном анализе для первоначального выделения опасных с точки зрения возможной дефляции полей.

Влияние рельефа сказывается при наличии уклона поверхности поля. Для равнины и очень пологих склонов характерно практическое отсутствие водной эрозии. На таких территориях основным видом деградации является дефляция. Для пологих и склонов с большей крутизной характерно совместное проявление дефляции и водной эрозии.

При определении формы рельефа можно придерживаться следующих параметров: равнина (крутизна склона менее 0,5°); склон очень пологий (0,5-2°); склон пологий (2-7°); склон покатый (7-15°); склон крутой (15-40°); склон обрывистый (более 40°); холм (до 200 м относительной высоты); гора (более 200 м) [15].

Характеристика почвенного покрова дается с указанием типа, по возможности цвета поверхности, гранулометрического состава и влажности.

Антропогенное воздействие определяется при дешифрировании изображения космоснимков территории исследований по наличию следов деятельности человека и подразделяется по видам хозяйственного использования: пашня, сенокос, выпас скота, рекреация, дороги и т.п.

Результаты и обсуждение. Выявление дефляционно-опасных участков земель сельскохозяйственного назначения в первую очередь необходимо для определения мер по защите сельскохозяйственных угодий, используемых под пашню. В связи с этим на территории Волгоградской области проведена оценка размещения сельскохозяйственных угодий, используемых под пашню с учетом геоморфологических характеристик участков. В 2022 году проведены работы по картографированию обрабатываемых полей на территории четырех районов. Для выполнения этой задачи разработана локальная ГИС «Дефляционно-опасные сельскохозяйственные угодья Волгоградской области». Созданы картографические слои «пашня» по административным районам региона (рисунок 1). При этом разработаны полигоны на все 4713 полей общей площадью 727,1 тыс. га из них 438 полей общей площадью 407,6 тыс. га не обрабатываются и перешли в залежь. На выполненном этапе исследований из всего количества обрабатываемых полей (4275) проведено выделение 2426 полей, не соответствующих нормам защищенности от возможной дефляции по площади. К таким полям отнесены все обрабатываемые поля на территории исследований площадью более 100 га независимо от типов и характеристик почв.

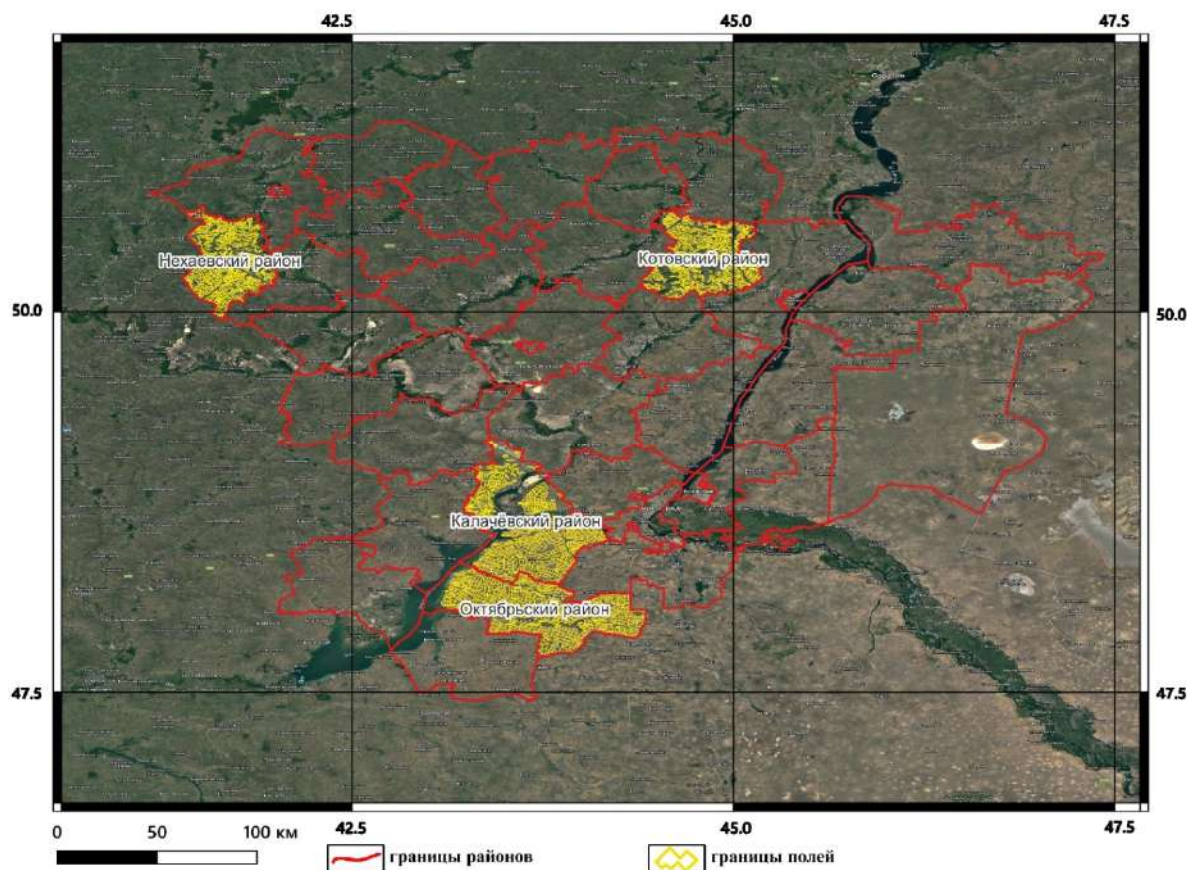


Рисунок 1 – Обзорная карта распределения обрабатываемых полей

Figure 1 – Overview map of the distribution of processed fields

Такой подход принят с допущением того, что некоторая часть полей площадью менее 100 га также может быть отнесена к «незащищенным» по почвенным или геоморфологическим характеристикам, такие поля на этом этапе исследований не учитывались. В последующих исследованиях результаты будут уточнены.

Геоинформационный анализ геоморфологических характеристик дефляционно-опасных полей с использованием цифровой модели SRTM-3 позволил разделить их на преимущественно дефляционно-опасные (со средней крутизной склонов менее 2°) и преимущественно эрозионно-опасные (со средней крутизной склонов более 2°). Результаты геоинформационного картографирования таких полей по 4 районам: Котовскому, Калачевскому, Нехаевскому и Октябрьскому – представлены на рисунке 2. Анализ пространственных данных позволил выявить распределение полей по положению, количеству, площади и средней крутизне на территории исследуемых районов. Результаты анализа приведены в таблицах 1 и 2.

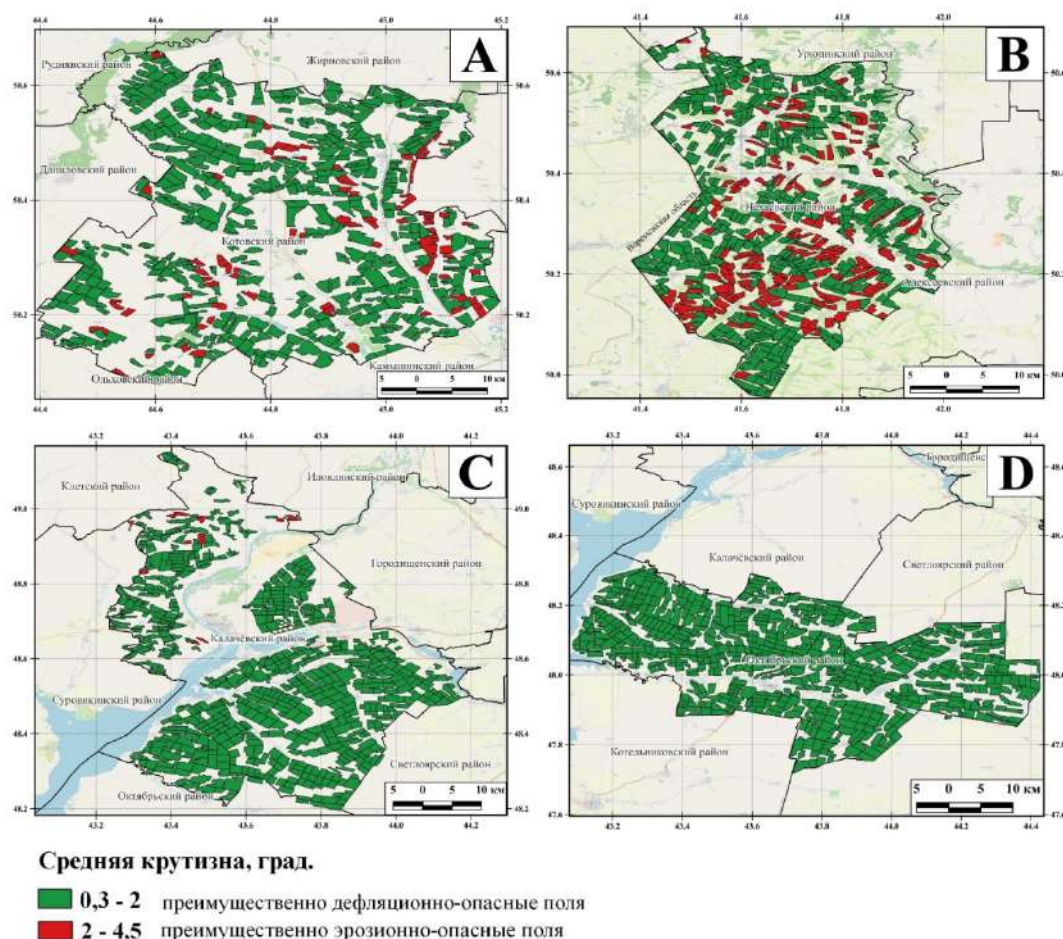


Рисунок 2 – Карты деградационно-опасных полей по районам Волгоградской области:
А – Нехаевский, В – Котовский, С – Калачевский, D – Октябрьский

Figure 2 – Maps of degradation-hazardous fields in the districts of the Volgograd region:
A – Nekhaevsky, B – Kotovsky, C – Kalachevsky, D – Oktyabrsky

При анализе полученных результатов установлено, что 53,1 % от количества всех обрабатываемых полей не защищены от возможной дефляции и водной эрозии. При этом 90 % по количеству и 93 % – по площади из них преимущественно дефляци-

онно-опасные. Это свидетельствует о том, что в рассматриваемых районах Волгоградской области преобладающий вид деградации – дефляция, которой потенциально подвержена большая часть обрабатываемых полей.

Таблица 1 – Распределение полей по преимущественным видам деградации, ед.

Table 1 – Distribution of fields by preferred types of degradation, units.

Количество участков площадью более 100 га по средней крутизне в каждом районе					
Район	Котовский	Нехаевский	Калачевский	Октябрьский	Всего
Почвы Участки	Темно-каштановые	Черноземы	Каштановые	Светло-каштановые	
Преимущественно дефляционно-опасные (0°-2°)	508	418	646	671	2243
Преимущественно эрозивно-опасные (2°-5°)	79	169	12	нет	260
ВСЕГО	587	587	658	671	2503

Таблица 2 – Общая площадь полей площадью более 100 га с учетом средней крутизны склона, тыс. га

Table 2 – The total area of arable land with an area of more than 100 hectares, taking into account the average slope, thousand ha

Район	Котовский	Нехаевский	Калачевский	Октябрьский	Всего
Почвы Участки	Темно-каштановые	Черноземы	Каштановые	Светло-каштановые	
преимущественно дефляционно-опасные (0-2°)	141,7	76,6	187,0	231,7	637,0
преимущественно эрозивно-опасные (2°-5°)	16,2	30,4	2,5	нет	49,1
ВСЕГО	157,9	107,1	189,4	231,7	686,1

Анализ распределения полей по 8-румбовой экспозиции позволил разработать картографические слои ГИС с определением экспозиции каждого деградационно-опасного поля (рисунок 3). В таблице 3 приведены расчетные значения распределения полей на территории исследований по средней экспозиции склона. Учет экспозиции склона имеет значение при определении возможного вида и степени деградации. Для Котовского района характерны поля преимущественно западной экспозиции, для Нехаевского – восточной, для Калачевского – северной, для Октябрьского – северной.

Таблица 3 – Распределение полей по экспозиции склонов

Table 3 – Allocation of fields by aspect

Доля участков по средней экспозиции в каждом районе, %				
Район	Котовский	Нехаевский	Калачевский	Октябрьский
Ю	8	7	7	17
ЮВ	8	11	7	6
В	9	19	5	5
ЮЗ	17	8	12	11
З	18	11	11	7
СЗ	14	15	18	12
СВ	13	14	15	18
С	12	14	24	24

В результате можно сделать вывод о том, что наибольшая опасность возникновения водной эрозии по исследованным районам существует в Нехаевском районе как по площади (таблица 2), так и по экспозиции склона.

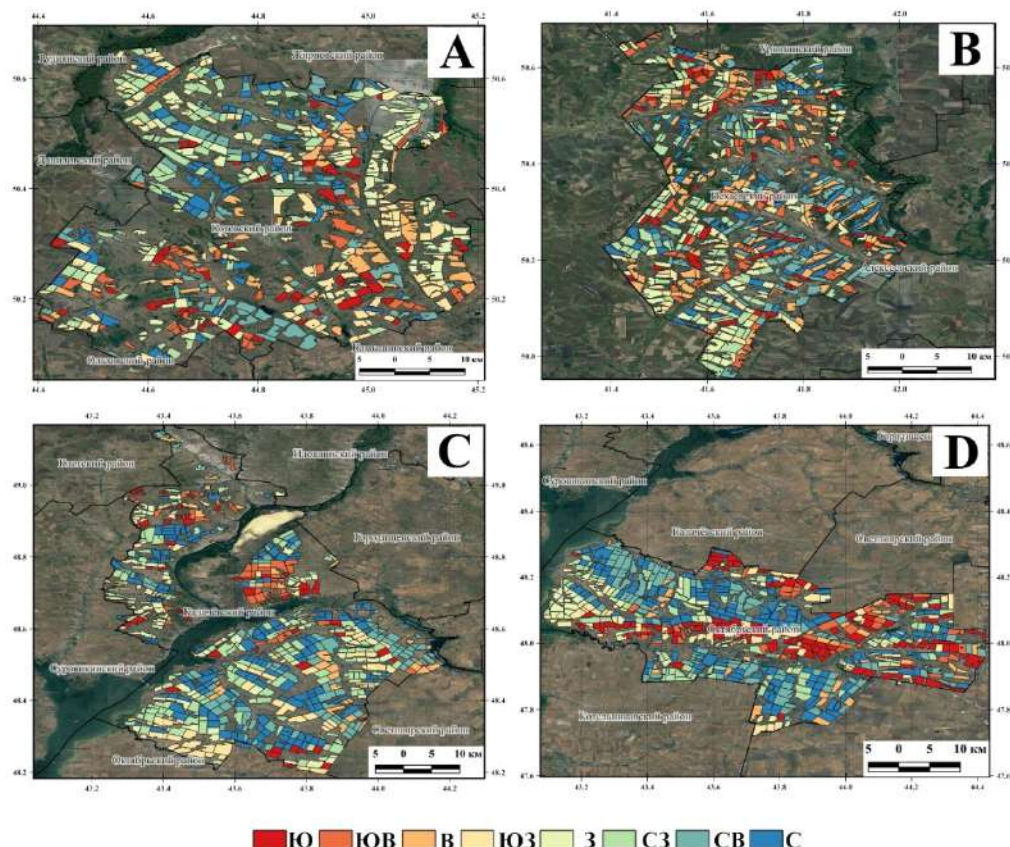


Рисунок 3 – Геоинформационные картографические слои «Средняя экспозиция поля» по районам Волгоградской области: А – Нехаевский, В – Котовский, С – Калачевский, D – Октябрьский

Figure 3 – Geoinformation cartographic layers «Average field aspect» by districts of the Volgograd region: A – Nekhaevsky, B – Kotovsky, C – Kalachevsky, D – Otkyabrsky

Выводы. Исследования, проведенные на территории Волгоградской области, позволили оценить пространственные, геометрические и геоморфологические характеристики агроландшафтов, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур. Разработана локальная ГИС «Дефляционно-опасные сельскохозяйственные угодья Волгоградской области» с векторными картографическими слоями обрабатываемых полей по административным районам региона. Разработаны карты на 4713 полей общей площадью 727,1 тыс. га. Установлены характеристики 438 полей общей площадью 407,6 тыс. га, которые не обрабатываются и перешли в залежь, и 4275, которые используются для производства сельскохозяйственной продукции. Созданы картографические слои на 2426 полей, не соответствующих по площади нормам защищенности от возможной дефляции. Анализ пространственных данных позволил выявить распределение полей по положению, количеству, площади и средней крутизне на территории исследуемых районов. Установлено, что 53 % от количества всех обрабатываемых полей не защищены от возможной дефляции и водной эрозии. При этом 2243 поля общей площадью 637 тыс. га из общей площади пашни 686 тыс. га преимущественно дефля-

ционно-опасные. Это свидетельствует о том, что в рассматриваемых районах Волгоградской области преобладающий вид деградации – дефляция, которой потенциально подвержена большая часть обрабатываемых полей.

Библиографический список

1. Агролесомелиорация / под ред. акад. РАСХН А. Л. Иванова, К. Н. Кулика. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев, С. С. Шинкаренко, В. Н. Бодрова, Н. В. Сидорова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 115-122.
3. Глобальный климат и почвенный покров России: опустынивание и деградация земель, институциональные, инфраструктурные, технологические меры адаптации (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / А. Л. Иванов, Г. С. Куст, И. М. Донник [и др.]. Москва: Издательство МБА, 2019. 476 с.
4. Евстратова Л. Г. Особенности мониторинга земель сельскохозяйственного назначения по различным типам аэрокосмических снимков // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2019. Т. 4. № 2. С. 205-212.
5. Кулик К. Н., Рулев А. С., Сажин А. Н. Глобальные процессы дефляции в степных экосистемах // Метеорология и гидрология. 2018. № 9. С. 72-80.
6. Кулик К. Н., Рулев А. С., Юфеев В. Г. Геоинформационное моделирование структуры и динамики агролесоландшафтов // Экосистемы: экология и динамика. 2017. Т. 1. № 2. С. 5-20.
7. Пугачева А. М. Агролесомелиоративные системы - основа развития земледелия // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 227-237.
8. Сажин А. Н., Кулик К. Н., Васильев Ю. И. Погода и климат Волгоградской области. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2017. 334 с.
9. Синельникова К. П. Оценка состояния агроландшафтов Донской гряды с использованием ГИС-технологий и космоснимков // Успехи современного естествознания. 2022. № 6. С. 21-26.
10. Шинкаренко С. С., Бодрова В. Н., Сидорова Н. В. Влияние экспозиции склонов на сезонную динамику вегетационного индекса NDVI посевных площадей // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 96-105.
11. An assessment of the global impact of 21st century land use change on soil erosion / P. Borrelli, D. A. Robinson, L. R. Fleischer [et al.] // Nature Communications. 2017. V. 8. No 1. P. 1–13.
12. An Overview of Contour Detection Approaches / Xin-Yi Gong, Hu Su, De Xu, Zheng-Tao Zhang, Fei Shen, Hua-Bin Yang // International Journal of Automation and Computing. 2018. Vol. 15. No 6. P. 656-672.
13. Geoinformation system for monitoring and assessment of agricultural lands condition / M. Panasyuk, F. Safiollin, V. Sultanov, A. Sabirzyanov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020. No 579. 012147.
14. Geoinformational Analysis of Desertification of the Northwestern Caspian / K. N. Kulik, V. I. Petrov, V. G. Yuferev [et al.] // Arid Ecosystems. 2020. Vol. 10. No 2. P. 98-105.
15. Land- Productivity Dynamics in Europe – Towards Valuation of Land Degradation in the EU / M. Cherlet, E. Ivits-Wasser, S. Sommer [et al.]. Rome, 2018. 162 p.

Информация об авторах

Юфеев Валерий Григорьевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник-заведующий лабораторией геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: yuferevv@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-1046-0196.

Синельникова Ксения Павловна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: sinelnikova-k@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-0778-1762.

Берденгалиева Асель Нурлановна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: berdengalieva-an@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-5252-7133.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15

EFFICIENCY OF CULTURING GRAIN CROPS IN THE STRUCTURE OF GRASS-ROWED CROPS IN ZONES OF UNSTABLE HUMIDIFICATION

A. A. Aitpaeva, N. V. Tyutyuma

*FGBNU «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
GAOU JSC VO «Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering»*

Received 20.03.2023

Submitted 25.05.2023

Abstract

Relevance. Under modern conditions, the soils of the arid zone are depleted and subject to desertification processes. This is largely due to the destruction of the system of science-based crop rotations and a sharp reduction in grain crops in them. At the same time, potato monoculture negatively affects the state of arid agroecosystems, sharply worsening the phytosanitary situation in them. To solve the emerging problem, an effective method would be to include cereal crops such as winter and spring wheat in crop rotations after potatoes, winter rye, barley and other objects. The object of research was a grass-row crop rotation developed for the conditions of the Limansky district of the Astrakhan region. **Materials and methods.** The study found the use of methods of systemic and complex analysis. **Results and conclusions.** For the conditions of the Limansky district of the Astrakhan region, a crop rotation was developed, which had the following scheme: 1st year - alfalfa -> 2nd year - alfalfa -> 3rd year - alfalfa -> 4th year - early potato + late potato -> 5th year - early potato + winter wheat -> 6th year - Sudanese grass for green fodder mowing sowing 1 mowing. Winter wheat, placed in the crop rotation after potatoes, was less affected by diseases and damaged by the turtle bug. In the winter wheat crops, only annual weeds were recorded, the infestation of crops was low. The profitability of winter wheat production was 47%.

Key words: grain crops, arid zone, grass-row crop rotation, efficiency.

Citation. Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V. Efficiency of cultivation of grain crops in the structure of grass-tilled crop rotations in areas of unstable moisture. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 134-141 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15.

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СТРУКТУРЕ ТРАВЯНОПРОПАШНЫХ СЕВООБОРОТОВ В ЗОНАХ НЕУСТОЙЧИВОГО УВЛАЖНЕНИЯ

А. А. Айтпаева, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
Н. В. Тютюма, доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН,
член-корреспондент РАН

*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет»*

Дата поступления в редакцию 20.03.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. В современных условиях почвы аридной зоны истощены и подвержены процессам опустынивания. Во многом это связано с разрушением системы научно обоснованных севооборотов и резким сокращением зерновых культур в них. Вместе с тем монокультура картофе-

ля негативно влияет на состояние аридных агроценозов, резко ухудшая в них фитосанитарную обстановку. Для решения возникающей проблемы действенным методом будет включение в севообороты после картофеля зерновых культур, таких как озимая и яровая пшеница, озимая рожь, ячмень и др. **Объект.** Объектом исследований выступал травянопропашной севооборот, разработанный для условий Лиманского района Астраханской области. **Материалы и методы.** В исследовании нашли применение методы системного и комплексного анализа. **Результаты и выводы.** Для условий Лиманского района Астраханской области был разработан травянопропашной севооборот, который имел следующую схему: 1-й год – люцерна -> 2-й год – люцерна -> 3-й год – люцерна -> 4-ый год – ранний картофель + поздний картофель -> 5-й год – ранний картофель + озимая пшеница -> 6-й год – суданская трава на зеленый корм (поукосный посев 1 укос). Озимая пшеница, размещаемая в севообороте после картофеля, в меньшей степени поражалась болезнями и повреждалась клопом-черепашкой. В посевах озимой пшеницы фиксировались только однолетние сорняки, засоренность посевов была низкая. Рентабельность производства изучаемой культуры составила 47 %.

Ключевые слова: зерновые культуры, аридная зона, травянопропашные севообороты, эффективность.

Цитирование. Айтпаева А. А., Тютюма Н. В. Эффективность возделывания зерновых культур в структуре травянопропашных севооборотов в зонах неустойчивого увлажнения *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 134-141. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-15.

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. Астраханская область характеризуется засушливым климатом и низким уровнем плодородия почв. Деградация земель в Нижнем Поволжье посвящены труды Ю. Н. Плескачева, М. В. Костина [6], Н. В. Тютюмы, А. А. Айтпаевой, О. Н. Беспаловой [9] и др. Для стабилизации ситуации большое значение имеет внедрение системы научно-обоснованных севооборотов по зонам региона.

Исследованиями установлено, что севооборот играет ведущую роль в сохранении плодородия почвы, улучшении фитосанитарной ситуации в посевах сельскохозяйственных культур. Правильно подобранные культуры в состав севооборота позволяют уйти от сорняков, вредителей и болезней, а растительные остатки после уборки предшествующих культур способствуют накоплению органического вещества в почве [10].

В засушливых регионах особенно актуальна проблема бездефицитного баланса гумуса и плодородия эродированных почв [2]. Основными факторами, оказывающими влияние на изменение состава и структуры энтомокомплексов, являются состав агроценозов, микроклимат и др. В аридных условиях юга России структура посевов выступает важнейшей составляющей экологической сбалансированности агроландшафтов [1].

В севооборотах с многолетними травами повышается стабильность энтомокомплексов агроценозов за счет поддержания процессов саморегулирования энтомоценозов. При этом численность фитофагов не превышает ЭПВ, что способствует сокращению пестицидной нагрузки на агроландшафты (Комарова О. П., Карпова Т. Л. Состав и структура орошаемых севооборотов как основа управления энтомокомплексами // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 11-2. – С. 273-278; URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36938> (дата обращения: 15.02.2023)..

Многолетние травы в структуре севооборотов могут быть хорошими предшественниками зерновых, пропашных культур [3, 5]. В структуре орошаемых травянопропашных севооборотов ценность зерновых культур в качестве предшественников определяется уровнем агротехники и их предшественником, то есть предпредшественником.

В Астраханской области в структуре севооборотов обязательно должны присутствовать зерновые культуры, такие как озимая пшеница, озимая рожь, яровая пшеница, яровой ячмень, овёс и другие. Можно их размещать как непосредственно после многолетних трав, так и после пропашных культур, в том числе и после картофеля.

Вместе с тем система севооборотов каждого хозяйства должна строиться в зависимости от его специализации, почвенных, климатических условий, характера рельефа.

Севооборот в системе земледелия выступает как организующее начало применения наиболее эффективных агрономических, технологических и экономических мероприятий, направленных на более интенсивное использование сельскохозяйственных угодий. Он является одним из важнейших резервов дальнейшей интенсификации использования земли и сохранения ее плодородия, повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Роль севооборота еще более возрастает в условиях углубленной специализации земледелия на производстве отдельных видов продукции. Только в севообороте можно наиболее эффективно использовать пашню, агротехнически верно применять систему обработки почвы, внесения органических и минеральных удобрений, целенаправленно вести борьбу с сорняками, вредителями и болезнями, наиболее экономично осуществлять все мероприятия, направленные на повышение общего уровня культуры земледелия и постоянное увеличение плодородия почвы.

Характерно, что влияние севооборота с завершением одной ротации не исчерпывает своего положительного влияния на величину урожая, оно продолжает оказывать воздействие на увеличение продуктивности полей с каждой последующей ротацией.

Вместе с тем в Астраханском регионе стоит проблема повышения уровня эффективности использования орошаемых земель и увеличения объемов производства зерна, поэтому в данном регионе РФ актуальна разработка инновационных ресурсоберегающих технологий возделывания зерновых культур, размещаемых в структуре зерновых, зернотравянопропашных и травянопропашных севооборотов.

В условиях региона на почвах, характеризующихся среднесуглинистым гранулометрическим составом, получение высоких урожаев зерновых культур возможно только при оптимальном сочетании таких регулируемых факторов, как орошение и удобрение, которые позволяют свести к минимуму негативное влияние погодных условий в период вегетации [4].

В настоящее время в Астраханской области наблюдается тенденция снижения валовых сборов зерна. По сравнению с 1990 годом к 2022 году валовый сбор зерна в регионе сократился в 9 раз – с 260,5 тыс. т до 29 тыс. т. Потери регионального АПК от сокращения посевных площадей, занятых под зерновыми культурами, с 1990 по 2022 годы достигли почти 1447 млн рублей (таблица 1).

Таблица 1 – Потери АПК Астраханской области от сокращения посевов зерновых культур

Table 1 – Losses of the agro-industrial complex of the Astrakhan region from the reduction of grain crops

Годы	Выбытие площадей, тыс. га	Средняя урожайность, т/га	Средняя стоимость, тыс. руб
1990-2000	-118,3	1,4	828 100
2001-2005	-17,7	1,4	173 460
2006-2010	-5,4	1,6	77 760
2011-2022	-14,9	2	367 600
Итого			1 446 920

Уменьшение посевных площадей, занятых под озимой, яровой пшеницей и др., приводит к диспропорциям в развитии растениеводческих отраслей, неблагоприятно отражается на почвенном плодородии, снижает эффективность сельскохозяйственного производства в целом [11, 12].

В связи с необходимостью повышения плодородия почв и улучшения фитосанитарной обстановки в агроценозах нами был разработан травянопропашной севооборот для условий Лиманского района Астраханской области, который имел следующую схему:

1-й год – люцерна -> 2-й год – люцерна -> 3-й год – люцерна -> 4 -й год – ранний картофель + поздний картофель -> 5-й год – ранний картофель + озимая пшеница-> 6-й год – суданская трава на зеленый корм (поукосный посев 1 укос).

В технологическом процессе возделывания зерновых культур механическая обработка почвы представляет одну из самых энергоемких и затратных статей. На нее приходится примерно 40 % энергетических и 25 % трудовых затрат от всего объема полевых работ. Неправильно выбранная система механической обработки способствует развитию эрозии почв, снижению плодородия, угнетающе действует на рост и развитие культурных растений и способствует сильному развитию сорняков.

В разработанном севообороте озимую пшеницу размещали после картофеля. Доля озимой пшеницы в структуре севооборота составила 8,3 %. Картофель является хорошим предшественником для озимой пшеницы в силу того, что он, как пропашная культура, не имеет с зерновыми общих сорняков, вредителей и болезней. В наших исследованиях обработка почвы под зерновые культуры зависела от предшественника, засоренности, угла склона и других особенностей поля и почвы. После уборки предшествующей культуры обработка происходила по схеме системы зяблевой обработки. Вспашка осуществлялась на глубину 22-25 см. После картофеля систему зяблевой обработки почвы осуществляли сразу же после уборки. Это повышало влагозапасы в почве, уменьшало число сорняков и вредителей (таблица 2).

Таблица 2 – Основная обработка почвы под посевы зерновых после картофеля

Table 2 – Basic tillage for grain crops after potatoes

Вид работы	Марка		Качественные показатели	Срок проведения работ
	трактора	сельхозмашины и орудия		
Лущение стерни	ДТ-75М Т	ЛДГ-10А	На 5—7 см	Вслед за уборкой
Внесение минеральных удобрений	МТЗ-82	1РМГ-4	Поверхностно	Перед вспашкой
Основная обработка почвы	Бюллер	Amazonе Catros	На 12-15 см	Не позднее 10 дней после лущения

В современных условиях возрастает роль минимизации затрат при возделывании зерновых культур в аридной зоне.

В настоящее время экономическая эффективность производства озимой пшеницы определяется такими факторами, как затраты на ее возделывание, цена реализации единицы продукции, величина прибыли. Обеспеченность сельскохозяйственного предприятия основными фондами играет значимую роль в повышении эффективности зернового производства [7].

В современных условиях многие сельскохозяйственные предприятия стремятся минимизировать издержки за счет совмещения технологических операций и других мероприятий. Проведенные исследования показали, что стоимость механизированных работ при производстве озимой пшеницы, размещаемой по картофелю осенью 2021 г. и в весенне-летний период 2022 г., достигла 4000 рублей из расчета на 1 га (таблица 3).

Таблица 3 – Затраты на механизированные работы при производстве озимой пшеницы, размещаемой по картофелю

Table 3 – Costs of mechanized work in the production of winter wheat placed on potatoes

№	Вид работ	Стоимость механизированных работ, выполненных осенью 2021 г. и в весенне-летний период 2022 г, руб./га
1	Лушение	210
2	Внесение минеральных удобрений	330
3	Основная обработка	430
4	Посев	328
5	Боронование	334
6	Вегетационные поливы	1200
7	Хим. обработка штанговым опрыскивателем (3-х кратн.)	500
8	Уборка	668
9	Итого затрат	4000

Предшественник озимой пшеницы также оказывал влияние на засоренность ее посевов (таблица 4).

Таблица 4 – Влияние предшественника на засоренность озимой пшеницы

Table 4 – The effect of the precursor on the contamination of winter wheat

Культура	Степень засоренности посевов озимой пшеницы, %
	Предшественник картофель
Озимая пшеница	15%

В посевах озимой пшеницы, размещаемой после картофеля, фиксировались в основном однолетние сорняки, наибольший удельный вес из которых занимали солянка южная и марь белая.

Картофель оказал влияние на повреждаемость растений озимой пшеницы клопом-черепашкой (таблица 5).

Таблица 5 – Влияние предшественника на повреждаемость растений озимой пшеницы вредителями

Table 5 – The effect of the precursor on the damage of winter wheat plants by pests

Культура	Степень повреждаемости растений озимой пшеницы вредителями, %
	Предшественник картофель
Озимая пшеница	18 %

Степень повреждаемости растений озимой пшеницы, размещаемой после картофеля, клопом-черепашкой не превышала 18 % рубеж.

Оценка поражаемости растений изучаемой культуры болезнями показала, что при размещении озимой пшеницы после картофеля она достигала 10 % (таблица 6).

Наибольшее распространение в посевах озимой пшеницы получили ржавчинные болезни, в частности бурая ржавчина. Развитие болезни наблюдалось, начиная с фазы колошения.

Таблица 6 – Влияние предшественника на поражаемость растений озимой пшеницы болезнями (бурая ржавчина)

Table 6 – The effect of the precursor on the infectability of winter wheat plants with diseases (brown rust)

Культура	Степень поражаемости растений озимой пшеницы болезнями, %
	Предшественник картофель
Озимая пшеница	10 %

Исследования показали, что на производство озимой пшеницы, предшественником которой выступал картофель, осенью 2021 г. и в весенне-летний период 2022 г. было затрачено порядка 50,9 тыс. руб./га (таблица 7). В структуре себестоимости наибольшую долю составили затраты на удобрения и оплату труда (25,7 и 30,6 соответственно).

Таблица 7 – Структура себестоимости производства озимой пшеницы, размещаемой после картофеля

Table 7 – Structure of the cost of production of winter wheat placed after potatoes

№	Статьи затрат	тыс. руб./га	структура, %
1	Затраты на оплату труда	12	23,5
2	Начисление на оплату труда	3,6	7,1
3	Затраты на орошение	10	19,7
4	Затраты на СЗР	5,2	10,2
5	Затраты на удобрения	13,1	25,7
6	Затраты на все виды механизированных работ	4,0	7,9
7	Затраты на семена	3	5,9
8	Итого затрат	50,9	100

Прибыль имеет особое значение для оценки деятельности сельскохозяйственного предприятия. Она напрямую зависит от выручки, полученной в результате реализации озимой пшеницы за минусом затрат на ее производство [8].

Экономическая эффективность определяется путем сопоставления полученного результата с использованными для его получения ресурсами или затратами. Эти показатели рассмотрены в таблице 8.

Таблица 8 – Экономическая эффективность возделывания озимой пшеницы, (площадь 1 га)

Table 8 – Economic efficiency of winter wheat cultivation, (area of 1 ha)

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Предшественник картофель
1	Урожайность	т/га	5,0
2	Валовый сбор	т/га	5,0
3	Затраты на оплату труда	тыс./руб.	12
4	Начисление на оплату труда	тыс./руб.	3,6
5	Затраты на орошение	тыс./руб.	10
6	Затраты на СЗР	тыс./руб.	5,2
7	Затраты на удобрения	тыс./руб.	13,1
8	Затраты на все виды механизированных работ	тыс./руб.	4,0
9	Затраты на семена	тыс./руб.	3
10	Итого затрат	тыс./руб.	50,9
11	Цена реализации	тыс./руб тонна	15
12	Выручка от реализации	тыс./руб.	75
13	Прибыль	тыс./руб.	24,1
14	Экономическая эффективность, прибыль/руб. затрат	руб.	0,47
15	Рентабельность	%	47

Анализ таблицы 8 показал, что в 2022 году рентабельность производства озимой пшеницы, размещаемой по картофелю, составила 47 %. Рост урожайности и снижение затрат на средства защиты улучшили результативные экономические показатели, такие как прибыль, экономический эффект и рентабельность. Средняя урожайность озимой

пшеницы на орошении в условиях Астраханской области, как правило, не превышает 4 т/га. При этом размещают ее в основном после кукурузы на силос. При размещении по данному предшественнику озимая пшеница в средней степени повреждается вредителями и поражается болезнями. Размещение озимой пшеницы после картофеля благоприятно отражается на устойчивости изучаемой культуры по отношению к вредным объектам.

Выводы. Проведенные исследования показали эффективность возделывания зерновых культур в структуре травянопропашных севооборотов аридной зоны. Размещение озимой пшеницы после картофеля способствует уменьшению количества сорняков в посевах, снижению поражаемости растений ржавчинными заболеваниями, повреждаемости клопом-черепашкой. Уровень урожайности озимой пшеницы на орошении в Лиманском районе Астраханской области достигает 5 т/га и обеспечивает рентабельность производства зерна на уровне 47 %. Насыщение травянопропашных севооборотов зерновыми культурами позволит улучшить фитосанитарную обстановку в посевах и сохранить почвенное плодородие в засушливых условиях юга России.

Библиографический список

1. Беляков А. М., Назарова М. В. Структура посева как фактор экологической сбалансированности агроландшафтов засушливой зоны юга России // Научно-агрономический журнал. 2020. № 3 (110). С. 31-37.
2. Веретельников В. П., Рядовой В. А. Бездефицитный баланс гумуса и плодородие эродированных почв // Земледелие. 1996. № 1. С. 12.
3. Гиниятова Ф. Ф. Возделывание зернобобовых культур в республике Башкортостан // Сортовую агротехнику полевых культур – в производство: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Пермь, 2020. С. 23-28.
4. Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. СПб.: КВАДРО, 2013. 680 с.
5. Майсак Г. П. Перспективы выращивания тритикале озимой в Пермском крае // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2018. № 4. С. 46-52.
6. Плескачев Ю. Н., Костин М. В. Деграция земель в Нижнем Поволжье // Полевые исследования. 2020. № 7. С. 124-133.
7. Столярова О. А. Роль основных средств в повышении эффективности сельскохозяйственного производства // Актуальные проблемы финансирования и налогообложения АПК в условиях глобализации экономики: сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции. 2018. С. 214–217.
8. Текеева Х. Э. Критерии эффективности сельскохозяйственного производства // International Agricultural Journal. 2020. Т. 63. № 1. С. 13.
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 // International scientific conference "Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: response to global challenges. Volgograd, 2019. V. 39. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/cssdre-19/125909685>.
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 // International scientific conference "Competitive, sustainable and safe development of the regional economy: a response to global challenges. Volgograd, 2018. V. 39. <https://www.atlantis-press.com/proceedings/cssdre-18/25896334>.

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, кв.-л Северный, 8). Email: arman.bisaliev2012@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, кв.-л Северный, 8). Email. pniiiaz@mail.ru. ORCID ID № 0000-0001-6582-2628.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-16

THE QUESTION OF QUALITY ASSESSMENT OF DRAINAGE WATERS OF IRRIGATED LANDS OF THE ALTAI TERRITORY ON THE EXAMPLE OF THE ALEISK IRRIGATION SYSTEM

M. V. Vlasov, S. V. Kupriyanova

Federal State Budget Institution

«Russian Research Institute of Land Reclamation Problems», Novocherkassk

Received 17.03.2023

Submitted 25.05.2023

The research was carried out within the framework of the project No.2.1.14 "To conduct research and develop regulatory documents for assessing the state of degradation of agricultural land and the use of drainage waters" (Reg. No . R&D 122031600225-4) The basis for the work on the topic 2.1.14 was the thematic plan for the implementation of scientific and methodological support, research, experimental development, and the provision of services for the implementation of educational programs of higher education by the federal state budgetary scientific institution "Russian Research Institute of Land Reclamation Problems" (FSBI "RosNIIPM") on the state the task of the Ministry of Agriculture of Russia for 2023 and the planning period of 2024 and 2025.

Summary

The article presents a comparative analysis of the qualitative indicators of drainage waters from the Aleisk irrigation system of the Altai Territory and the waters of surface water sources - drainage water receivers, as well as the adaptation of existing methods for calculating quantitative indicators of runoff to the calculation of drainage water runoff of irrigated lands. The research results have shown that the drainage waters of irrigated lands do not worsen the background indicators of the Verkhneob basin district, therefore, it is necessary to continue research in this direction in order to accumulate the necessary and sufficient statistical material that will allow collecting all the evidence base to confirm the need to establish regional standards that take into account the background concentration of pollutants in natural water bodies.

Abstract

Introduction. The purpose of the research was to conduct a comparative analysis of the qualitative indicators of drainage waters from the Aleisk irrigation system of the Altai Territory and the waters of surface water sources – drainage water receivers, as well as the adaptation of existing methods for calculating quantitative indicators of runoff to the calculation of drainage water runoff of irrigated lands. **Object.** The object of research is samples of drainage water from the Aleisk irrigation system of the Altai Territory. **Materials and methods.** The initial information for the comparative analysis of the quality of drainage waters was the test report of the quality of water samples provided by the hydrogeologomeliorative party of the Rubtsovsky branch of the «Altaymeliovodkhoz» Management. **Results and conclusion.** Assessing the quality indicators of drainage waters from the Aleisk irrigation system, it can be concluded that they do not contain chlorides, ammonium nitrogen, nitrate and nitrite anions, the content of sulfate anion is less than the Maximum Permissible Concentration in 50 times in the third quarter of 2021 and in 6.7 times in the second quarter of 2022, and the Biological oxygen demand – total, is completely less than the Maximum Permissi-

ble Concentration in 10.3 times in the third quarter of 2021 and absent in the second quarter of 2022. To develop and implement methods and methods for improving the quality indicators of drainage waters, it is necessary to establish the causes and factors of their formation in the irrigated area, as well as to determine the quality indicators, composition and properties of drainage waters of irrigated lands, which will contribute to the elimination of pollution of natural water bodies with polluting substances used in agricultural production on irrigated lands. The conducted analysis of drainage waters from the facility of the representative of the Aleisk irrigation system showed that the diverted waters do not worsen the background indicators of the Verkhneobsky basin district.

Key words: *irrigated lands, water protection activities, drainage waters, analysis of quality indicators, composition of drainage and discharge waters.*

Citation. Vlasov M.V., Kupriyanova S.V. The question of quality assessment of drainage waters of irrigated lands of the Altai territory on the example of the Aleisk irrigation system. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 141-150 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-16.

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

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

УДК 631.452:631.474

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ДРЕНАЖНЫХ ВОД ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ АЛТАЙСКОГО КРАЯ НА ПРИМЕРЕ АЛЕЙСКОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

М. В. Власов, кандидат физико-математических наук

С. В. Куприянова, кандидат сельскохозяйственных наук

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, г. Новочеркасск

Дата поступления в редакцию 17.03.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Исследования проведены в рамках выполнения проекта №2.1.14 «Провести исследования и разработать нормативные документы по оценке состояния деградации сельскохозяйственных земель и использованию дренажных вод» (Рег. № НИОКТР 122031600225-4) Основанием для проведения работ по теме 2.1.14 являлся тематический план выполнения работ по научно-методическому обеспечению, проведению научных исследований, экспериментальным разработкам, и оказания услуг по реализации образовательных программ высшего образования федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (ФГБНУ «РосНИИПМ») по государственному заданию Минсельхоза России на 2023 г. и плановый период 2024 и 2025 годов.

Актуальность. Целью исследований являлось проведение сравнительного анализа качественных показателей дренажных вод с Алейской оросительной системы Алтайского края и вод поверхностных водоисточников – водоприемников дренажных вод, а также адаптация существующих методик расчета количественных показателей стока к расчету стока дренажных вод орошаемых земель. **Объект.** Объектом исследований являются образцы дренажных вод с Алейской оросительной системы Алтайского края. **Материалы и методы.** Исходной информацией для сравнительного анализа качества дренажных вод являлся протокол испытаний качества проб воды, предоставленный гидрогеологомелиоративной партией Рубцовского филиала «Управления «Алтаймелиоводхоз». **Результаты и выводы.** Оценивая показатели качества дренажных вод с Алейской оросительной системы, можно сделать вывод о том, что они не содержат хлориды, азот аммонийный, нитрат- и нитрит-анионы, содержание сульфат-аниона меньше ПДК в 50 раз в третьем квартале 2021 г. и в 6,7 раза во втором квартале 2022 г., а БПК полный меньше ПДК в 10,3 раза в третьем квартале 2021 г. и отсутствует во втором квартале 2022 г. Для разработки и внедрения методов и способов улучшения качественных показателей дренажных вод требуется установление причин и

факторов их формирования на орошаемой территории, а также определение качественных показателей, состава и свойств дренажных вод орошаемых земель, что будет способствовать устранению загрязнения природных водных объектов загрязняющими веществами, используемыми при сельскохозяйственном производстве на орошаемых землях. Проведенный анализ дренажных вод с объекта представителя – Алейской оросительной системы – показал, что отводимые воды не ухудшают фоновых показателей Верхнеобского бассейнового округа.

Ключевые слова: орошаемые земли, качество дренажных вод, дренажные воды, анализ качественных показателей воды, состав дренажно-сбросных вод.

Цитирование. Власов М. В., Куприянова С. В. К вопросу оценки качества дренажных вод орошаемых земель Алтайского края на примере Алейской оросительной системы. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 141-150. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-16.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Сельскохозяйственное производство в значительной степени зависит от наличия и качества водных ресурсов, особенно в аридной зоне земледелия. Дефицит водных ресурсов может быть снижен, в том числе и за счет повторного использования дренажных вод орошаемых земель. В статье рассмотрены и проанализированы актуальные проблемы водохозяйственной, водосберегающей и водоохранной деятельности, которые охватывают процессы, протекающие на водных объектах, в границах водохранных территорий, связанные с работой оросительных систем. Основным документом, регулирующим водное законодательство в нашей стране, является Водный кодекс (ВК) [4], на его основе формируются иные федеральные законы, законы Субъектов РФ, а также законы, издаваемые органами местного самоуправления в пределах своих полномочий и не противоречащие ВК и федеральным законам [12, 13]. В России в настоящий момент государство сохраняет централизованное управление водными ресурсами во всех областях, большое количество отраслевых министерств и ведомств принимают участие в управлении водными ресурсами, занимаются вопросами регулирования водных отношений: гидроэнергетики, сельского и рыбного хозяйства, здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства, промышленности. Вопросы водопользования для целей сельского хозяйства и гидроэнергетики находятся в ведении Министерства природных ресурсов и экологии РФ, Федерального агентства водных ресурсов РФ, Бассейновых водных управлений, Отделов водных ресурсов по субъектам РФ и др. Административным регламентом урегулирован порядок передачи полномочий Российской Федерацией органам государственной власти субъектов Российской Федерации, в части предоставления в пользование водными объектами, расположенными на их территориях и находящимися в федеральной собственности, без взимания государственной пошлины или иной платы (п. 40 Административного регламента) [9].

К важнейшим проблемам сельскохозяйственного водопользования можно отнести:

- неудовлетворительное качество воды в водных объектах;
- поступление опасных веществ в водные экосистемы;
- неэффективность нормирования и контроля количества и качества потребляемой и отводимой воды;
- несовершенство нормативно-правового обеспечения и существующей законодательной базы;
- ухудшение технического состояния производственного фонда водного хозяйства (снижение безопасности эксплуатации ГТС, безвозвратные потери воды).

Материалы и методы. При эксплуатации оросительных систем зачастую необходим отвод за пределы орошаемых земель дренажно-сбросных вод, которые влияют на качество воды в водоприемниках, поэтому они подлежат учету и контролю. Необходимость нормирования качества вод, в том числе дренажных вод орошаемых земель обусловлена определением допустимых значений показателей их состава и свойств, при которых гарантируются защита здоровья населения и экологическое благополучие природных водных объектов.

Дренажные воды орошаемых земель являются составной частью смеси подземных и поверхностных вод, отводимых за пределы орошаемых земель системой коллекторов. Сброс в реки и водоемы этих вод, согласно анализу данных по эксплуатации оросительных, составляет до 30-40 % от водозабора и представлен рассредоточенно, что затрудняет проведение наблюдений за величиной стока именно дренажных вод, поэтому для расчета объема дренажного стока на орошаемых землях часто применяется метод водного баланса, а также математическое моделирование, основанное на нахождении интегральных кривых дифференциальных уравнений.

Объем дренажного стока методом водного баланса может быть найден по формуле:

$$V = R + V_{\phi} + V_n + V_{инф},$$

где V – объем дренажного стока, м³/га; R – разность между притоком поверхностных и оттоком грунтовых вод, м³/га; V_{ϕ} – объем фильтрационных потерь из оросительной сети, идущий на питание дренажных вод, м³/га; V_n – объем подземных вод, поступивших в дренажные воды с нижележащих горизонтов, м³/га; $V_{инф}$ – объем инфильтрационных вод (сформированных просачивающимися в дренажные воды атмосферными осадками), м³/га.

Объем фильтрационных потерь из оросительной сети определяется по разности единовременных расходов в начальном и конечном ее створах, по данным объектов-аналогов или гидродинамическими расчетами.

Согласно ВСН [8], фильтрационные потери из оросительной сети могут быть определены по формуле:

$$V_{\phi} = [(1-\eta)/\eta] \cdot V_{op},$$

где η – коэффициент полезного действия оросительной сети; V_{op} – величина оросительной нормы, м³/га.

Объем подземных вод, поступивших в дренажные воды с нижележащих водоносных горизонтов, в случае напорного питания находят по формуле:

$$V_n = \frac{k}{h} (H_{n,2} - H_{n,1}),$$

где k – коэффициент фильтрации разделяющего слоя, м/сут; h – высота разделяющего слоя, м; $H_{n,2}$ – напор вод нижележащего водоносного горизонта, м; $H_{n,1}$ – напор первого от поверхности водоносного горизонта, м.

Объем стока дренажных вод (v) за пределы орошаемого участка за расчетный период может быть найден из соотношения, м³/(га·сут.):

$$v = \frac{k}{2zL} (H_2^2 - H_1^2),$$

где k – средневзвешенный по площади орошаемого участка коэффициент фильтрации водонасыщенной толщи, м/сут.; z – расстояние между расчетными скважинами, м; L – длина орошаемого участка по уклону, м; H_2^2 , H_1^2 – напоры в расчетных скважинах, м.

Объем инфильтрационных вод за период t можно рассчитать либо на основе регулярных наблюдений за уровнем подземных вод, либо используя модель влагопереноса или иные аналитические решения.

Например, если определена средняя по времени t влажность почвы, то после математических преобразований зависимостей, изложенных в [1], объем инфильтрационных вод можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_{\text{инф}} = \frac{k[\omega_m^n - \exp(-h_s n / 2h_{\text{вр}})] \cdot 10000 \cdot t}{1 - \exp(-h_s n / 2h_{\text{вр}})},$$

где k – средний коэффициент фильтрации, м/сут.; ω_m – средняя за период времени t влажность почвы, доли от единицы; N – величина, определяемая экспериментально, диапазоны которой в зависимости от вида грунтов приведены в таблице 1, h_s – уровень грунтовых вод, м; $h_{\text{вр}}$ – величина капиллярного поднятия, м; t – время, сут.

Таблица 1 – Диапазоны величины n в зависимости от вида грунта

Table 1 – Ranges of n values depending on the type of soil

Вид грунта	Песок	Супесь	Суглинки легкие	Суглинки средние	Суглинки тяжелые, гли- на
Значение n	3,5-4,5	4-5	4,5-5,5	5,5-6	6-12

Результаты и обсуждение. При ведении постоянных наблюдений объем стока дренажных вод орошаемых земель можно достаточно точно определить, используя прямые измерения при помощи использования специальных емкостей, в которых будет измеряться объем дренажных вод, поступивших за заданный интервал времени в водосборный коллектор.

По причине технического несовершенства существующих оросительных систем, а также в большинстве случаев вследствие их критического износа с орошаемых земель в Российской Федерации отводятся значительные объемы дренажно-сбросных вод, которые попадают в природные водные объекты, повышают их минерализацию и загрязняют продуктами химизации сельскохозяйственного производства. Вычленение и определение качественных показателей исключительно дренажных вод орошаемых земель является практически неразрешимой задачей, так как они являются составной частью дренажно-сбросных вод, формируемых из, как правило, минерализованных – дренажных, причем величина их минерализации в различные периоды года подвержена значительным колебаниям [1] и слабоминерализованных, но время от времени содержащих загрязняющие вещества – сбросных вод.

Дренажные воды орошаемых земель в зависимости от времени года, геоморфологических и гидрогеологических особенностей орошаемого участка, водно-физических характеристик почвогрунтов имеют различные качественные показатели, например качественные характеристики дренажных вод, отобранных вблизи крупных каналов и водоемов, как правило, имеют минерализацию и концентрацию загрязняющих веществ не превышающие предельно допустимые. После проведения на орошаемых землях агротехнических и агрономелиоративных мероприятий, а также внесения минеральных и органических удобрений, инсектицидов, гербицидов и пестицидов, дренажный сток может содержать их остатки, вымываемые из почв в область грунтовых вод, а также повышенное содержание солей тяжелых металлов.

В таблице 2 представлен ориентировочный перечень показателей для первого этапа исследования дренажных вод орошаемых земель, который необходимо уточнять по результатам рекогносцировочного обследования рассматриваемого орошаемого участка [11].

Таблица 2 – Перечень показателей состава и свойств воды, определяемых в районе воздействия дренажных вод орошаемых земель

Table 2 – List of indicators of the composition and properties of water determined in the area of drainage waters of irrigated lands

Наименование показателя	Стоки с сельскохозяйственных территорий
Температура	+
Цветность	+
Запах	+
Водородный показатель	+
Растворенный кислород	+
Взвешенные вещества	+
Хлоридные ионы	+
Сульфатные ионы	+
Кальция ионы	+
Магния ионы	+
Калия ионы	+
Натрия ионы	+
Удельная электрическая проводимость	+
Азот аммонийный	+
Азот нитратный	+
Азот нитритный	+
Азот общий	+
Фосфор фосфатов	+
Фосфор общий	+
Химическое потребление кислорода	+
Биохимическое потребление кислорода	+
Смолы	+
Фенолы летучие	+
Фенол	+
Орто-крезол	+
Мета-крезол	+
Пара-крезол	+
СПАВ анионные	+
Пестициды	+
Цинк	+
Медь	+
Железо общее	+
Алюминий	+

Характеристика химического состава дренажных вод орошаемых земель может быть определена аналитически путем проведения ряда лабораторных анализов либо расчетным методом на основании целого ряда данных о почвах, технологиях выращивания сельхозкультур, метеоусловиях, техническом состоянии оросительной системы и многих

других. Вариативность концентрации ионов загрязняющих веществ в дренажных и дренажно-сбросных водах с оросительных систем по пяти федеральным округам Российской Федерации, в которых практикуется орошаемое земледелие, приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав дренажных и дренажно-сбросных вод с оросительных систем по округам РФ, г/дм³ воздействия дренажных вод орошаемых земель

Table 3 – Chemical composition of drainage and drainage-discharge waters from irrigation systems by districts of the Russian Federation, g/dm³ effects of drainage waters of irrigated lands

Показатель	Округ РФ				
	ЮФО	СФО	ЦФО	СКФО	ПФО
Ca ²⁺	0,011-0,930	0,043-0,108	0,063-0,133	0,052-0,077	0,047-0,069
HCO ₃	0,069-0,738	0,127-0,493	0,210-0,370	0,249-0,399	0,129-0,206
Cl ⁻	0,013-0,530	0,029-0,457	0,017-0,043	0,012-0,023	0,035-0,059
Na ⁺ , K ⁺	0,002-6,111	0,210-0,698	0,008-0,016	0,025-0,110	0,005-0,041
SO ₄ ²⁻	0,019-13,846	0,060-0,885	0,042-0,116	0,024-0,220	0,07-0,099
Mg ²⁺	0,004-1,009	0,009-0,071	0,010-0,035	0,018-0,030	0,009-0,020

Анализируя данные, представленные в таблице 3, получаем, что Южный федеральный округ лидирует по количеству загрязняющих веществ в дренажных и дренажно-сбросных водах, за ним следует Сибирский федеральный округ, затем Центральный и Северо-Кавказский федеральные округа, а наилучшие результаты по исследованным показателям наблюдаются в Приволжском федеральном округе.

Как показывают исследования российских ученых, минерализация дренажных вод орошаемых земель на объектах-представителях в указанных выше федеральных округах колеблется в пределах 0,3-6,7 г/л³ [2, 3, 6, 7], имеет неизменный ионный состав, в основном определяемый характеристиками почвогрунтов, протяженностью дренажа и качеством поливной воды.

Определение качественных показателей, состава и свойств дренажных вод орошаемых земель позволит установить причины и факторы их формирования на орошаемой территории, разработать и внедрить методы и способы улучшения качественных показателей дренажных вод, что будет способствовать исключению загрязнения природных водных объектов.

Минерализация, состав и концентрация химических элементов в воде определяется при помощи лабораторных химических анализов с использованием специальных приборов и оборудования.

Исходной информацией для сравнительного анализа качества дренажных вод с оросительной системы являлись протоколы испытаний качества проб воды, предоставленные гидрогеолого-мелиоративной партией – филиалом ФГБУ «Управление «Алтаймелиоводхоз».

На основании решения Главного управления природных ресурсов и экологии Алтайского края от 13 ноября 2015 г. № 168 сброс сточных, в т.ч. дренажных вод, с орошаемых земель Алейской оросительной системы производится в реку Алей в 1 км севернее села Безрукавка Рубцовского района Алтайского края через рассеивающий выпуск и осуществляется через головной коллектор ГК-4, выполненный в земляном открытом русле (протяженность – 29,4 км). Расстояние от береговой линии до точки сброса – 20 м, уровень места сброса от поверхности воды в меженный период – 0,4 м.

В таблице 4 приведены результаты качественного анализа проб воды с Алейской оросительной системы, полученные в Рубцовском филиале ФГБУ «Управление «Алтаймелиоводхоз»: за 3 квартал 2021 г. (графа 6), за 2 квартал 2022 г. (графа 7), ко-

которые сравнивались с нормативами качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения (графа 3) [10], гигиеническими нормативами и требованиями к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания (графа 4) [5], 95 % вероятностной концентрацией загрязняющих веществ (графа 5), определенной Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. 2020. <https://gidrohim.com/node/44>).

Таблица 4 – Состав дренажных вод с Алейской оросительной системы

Table 4 – The composition of drainage waters from the Aleisk irrigation system

Определяемый показатель	Ед. изм.	ПДК _{РХ}	ПДК _{ХП}	X ₉₅	Дренажная вода 3 кв. 2021 г.	Дренажная вода 2 кв. 2022 г.
1	2	3	4	5	6	7
БПК полный	мг/дм ³	3,0	3,0	–	0,29	0,00
Взвешенные вещества	мг/дм ³	фон. +0,75	–	–	12,0	4,00
Сульфат-анион	мг/дм ³	100	100	192	2,0	15,00
Хлориды	мг/дм ³	300	350	195	0,00	0,00
Азот аммонийный	мг/дм ³	0,5	1,5–2,0	0,84	0,00	0,00
Нитрат-анион	мг/дм ³	40	45	4,59	0,00	0,00
Нитрит-анион	мг/дм ³	0,08	3,3	0,064	0,00	0,00

Оценивая показатели качества дренажных вод с Алейской оросительной системы, можно сделать вывод о том, что они не содержат хлориды, азот аммонийный, нитрат- нитрит-анионы, содержание сульфат-аниона меньше ПДК в 50 раз в третьем квартале 2021 г. и в 6,7 раза во втором квартале 2022 г., а БПК полный меньше ПДК в 10,3 раза в третьем квартале 2021 г. и отсутствует во втором квартале 2022 г., что иллюстрируют рисунки 1 и 2.

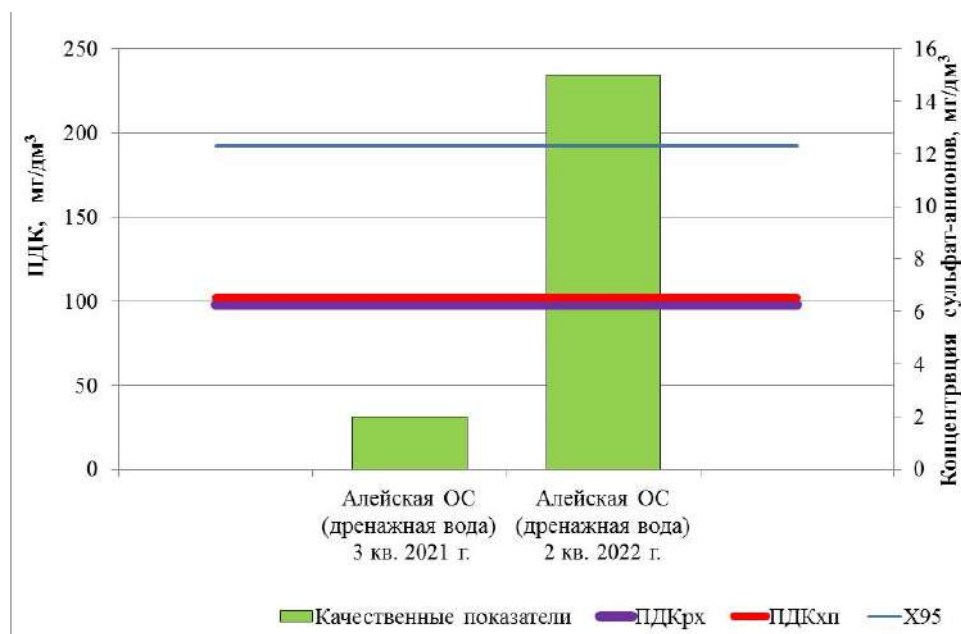


Рисунок 1 – Массовая концентрация сульфат-анионов

Figure1 – Mass concentration of sulfate anions

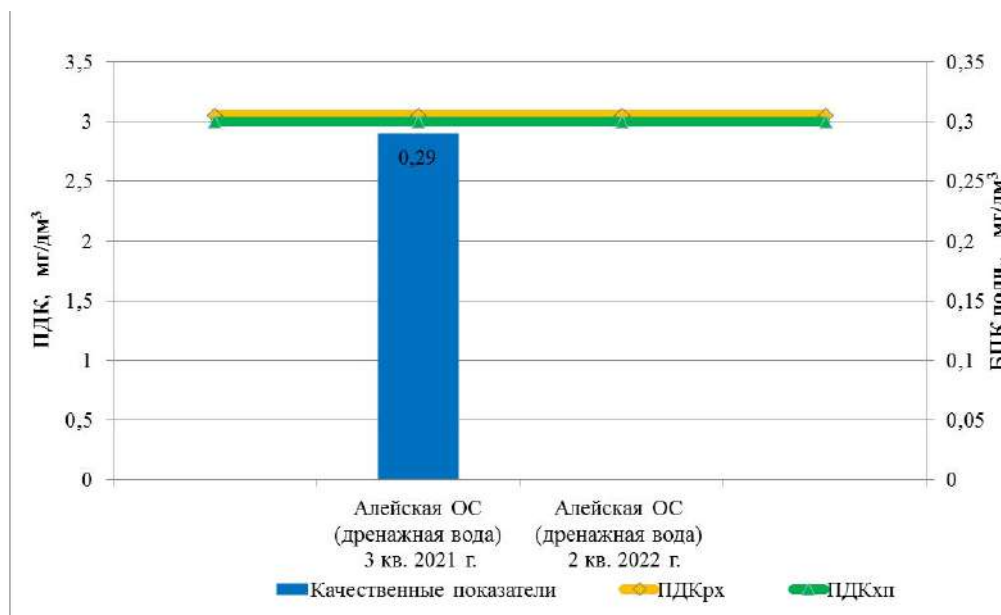


Рисунок 2 – Массовая концентрация БПК полный

Figure 2 – Mass concentration of Biological oxygen consumption full

Для использования лабораторных методов анализа качества дренажных вод орошаемых земель требуется наличие достаточно большого количества времени, специалистов, специальных приборов и оборудования, а для контроля за соблюдением качественного состава дренажных вод орошаемых земель, получения достоверных результатов и расчета массы сброса загрязняющих веществ в составе дренажных вод в природные водные объекты пробы необходимо отбирать из коллекторов в местах, максимально приближенных к точкам сброса.

Выводы. Дренажные воды с исследованной оросительной системы не ухудшают фоновых показателей речного бассейна объекта-представителя, поэтому необходимо продолжить исследования в данном направлении с целью накопления необходимого и достаточного статистического материала, который позволит собрать всю доказательную базу для подтверждения необходимости установления региональных нормативов, учитывающих фоновую концентрацию загрязняющих веществ в природных водных объектах, что позволит для ФГБУ, подведомственных Департаменту мелиорации, исключить существующие платежи за негативное воздействие дренажных вод на природные водные объекты.

Библиографический список

1. Бандурин М. А. Необходимость системы постоянного мониторинга водопроводящих сооружений для рационального водопользования на юге России // Инженерный вестник Дона. 2016. № 2 (41). С. 99. <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3652>.
2. Бандурин М. А. Эксплуатационный мониторинг и остаточный ресурс водопроводящих сооружений мелиоративных систем: монография. Новочеркасск: Лик, 2021. 233 с.
3. Вершинская М. Е., Шабанов В. В., Маркин В. Н. Эколого-водохозяйственная оценка водных систем: монография. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2016. 148 с.
4. Водный кодекс Российской Федерации: ФЗ от 3 июня 2006 г. № 74-ФЗ. http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/.
5. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: СанПиН 1.2.3685-21 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

6. Домашенко Ю. Е., Проценко Н. Н. Анализ зарубежного опыта утилизации сбросных и дренажных вод в оросительных мелиорациях // Экология и водное хозяйство. 2022. Т. 4. № 1. С. 1–13.

7. Кирейчева Л. В. Основные направления снижения антропогенной нагрузки на водные объекты за счет уменьшения сброса дренажных вод с мелиорируемых территорий // Природообустройство. 2015. № 5. С. 64–69.

8. Мелиоративные системы и сооружения. Дренаж на орошаемых землях. Нормы проектирования: ВСН 33-2.2.03-86 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

9. Об утверждении Административного регламента по предоставлению органами государственной власти субъектов Российской Федерации государственной услуги в сфере переданного полномочия Российской Федерации по предоставлению водных объектов или их частей, находящихся в федеральной собственности и расположенных на территориях субъектов Российской Федерации, в пользование на основании решений о предоставлении водных объектов в пользование: приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 29 июня 2020 года N 400.

10. Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения: приказ Минсельхоза России от 13 декабря 2016 г. № 552 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

11. Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши: РД 52.24.309-2016 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

12. Разъяснения Росводресурсов об особенностях ведения учета объема сброса сточных и дренажных вод, их качества: письмо Росводресурсов о рассмотрении обращения от 2 августа 2021 г. № ВН-02-21/6625 // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

13. Системы и сооружения мелиоративные. Термины и определения: ГОСТ Р 70523-2022. // ИС «Техэксперт: 6 поколение» Интранет.

Информация об авторах

Власов Михаил Вячеславович, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат физико-математических наук, тел. 8 (918)5354292, e-mail: m_vlasov@bk.ru.

Куприянова Светлана Вячеславовна, научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», (346421, Ростовская область, г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 190), кандидат сельскохозяйственных наук, тел. 8 (918) 5527085, e-mail: schedrikova@bk.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-17

STUDY AND SELECTION OF INITIAL MATERIAL FOR SOYBEAN BREEDING UNDER IRRIGATED CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

A.V. Kazarina, E.A. Atakova, I.S. Abramenko

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,

Volga Region Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov, Kinel

Received 14.04.2023

Submitted 15.05.2023

Abstract

Introduction. For Russia, it is important to increase soybean production by increasing yields and expanding sown areas, including in new regions, and placing high-yielding soybean varieties, ecologically plastic, adapted to specific growing conditions, on new areas. **Object.** The study of the soybean collection in the amount of 112 samples was carried out in 2019 - 2021. at the breeding station of the Volga Region 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, in conditions of rainfed. **Materials and**

methods. The studied collection included samples of various origins provided by the All-Russian Institute of Plant Industry named after N. I. Vavilov and other research institutions, as well as own breeding material in total of 112 samples. As a standard, the variety *Yuzhanka*, zoned in the Middle Volga region, was used, the location of the standard every 10 numbers. Predecessor - spring grain crops. The accounting area of the plot is 1.8 m². The sowing of the nursery was carried out in the optimal agrotechnical terms. The laying of field experiments and the analysis were carried out in accordance with generally accepted methods. **Results and conclusions.** It was established that most of the collection was represented by samples that belong to the ripeness groups: early (91-100 days) - 65 samples or 57.3% and from early to medium early (101 - 110 days) - 43 samples or 39.1% . In the collection nursery, six of the earliest maturing specimens were identified, the growing season of which was consistently within 92–96 days: BN-12/18, UAC *Erin*/2012-4, D-1262/11-2, *FiskebyV*/20-4, SM5M4509 /73, *Kenchawol* (Great Britain). Highly productive samples with a complex of economically valuable traits (number of beans per plant, weight of seeds from 1 plant, weight of 1000 seeds) were isolated from the totality of the studied samples belonging to different ripeness groups: L-422, OH 299/23, L- 60/2017, L-71/2018, L-680-11, L-073-05, *IHAR-NK* (Poland), L-8/2018, *Kinelyanka* (Russia). The selected samples are promising for purposeful use in breeding programs for high potential yields in non-irrigated conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region.

Key words: soybean, productivity, growing season, breeding material, economically valuable traits.

Citation. Kazarina A.V., Atakova E.A., Abramenko I.S. Study and selection of initial material for soybean breeding under irrigated conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 150-160 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-17.

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 interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.34:631.526.32

ИЗУЧЕНИЕ И ПОДБОР ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОИ В НЕОРОШАЕМЫХ УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

А. В. Казарина, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. А. Атакова, младший научный сотрудник

И. С. Абраменко, научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН,
Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства
им. П. Н. Константинова, г. Кинель, Россия

Дата поступления в редакцию 14.04.2023

Дата принятия к печати 15.05.2023

Актуальность. Для России актуально увеличение производства сои за счет повышения урожайности и расширения посевных площадей, в том числе в новых регионах, и размещение на новых площадях высокоурожайных сортов сои, экологически пластичных, адаптированных к конкретным условиям выращивания. **Объект.** Изучение коллекции сои в количестве 112 образцов проводили в 2019-2021 гг. на селекционном стационаре Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН в условиях богары. **Материалы и методы.** Изучаемая коллекция включала образцы различного происхождения, предоставленные ВИР и другими научно-исследовательскими учреждениями, а также собственный селекционный материал всего в количестве 112 образцов. В качестве стандарта использовали районированный по Средневолжскому региону сорт Южанка, расположение стандарта через каждые 10 номеров. Предшественник – яровые зерновые культуры. Учетная площадь делянки – 1,8 м². Посев питомника осуществлялся в оптимальные агротехнические сроки. Закладка полевых опытов и проведение анализов выполнено в соответствии с общепринятыми методиками. **Результаты и выводы.** Установлено, что большая часть коллекции была представлена об-

разцами, которые относятся к группам спелости: скороспелые (91-100 суток) – 65 образцов или 57,3 % и от скороспелых до среднескороспелых (101 – 110 суток) – 43 образца или 39,1 %. В коллекционном питомнике было выделено шесть наиболее скороспелых образцов, вегетационный период которых стабильно находился в пределах 92-96 суток: BN-12/18, ОАК Erin/2012-4, Д-1262/11-2, FiskebyV/20-4, SM5M4509/73, Kenchawol (Великобритания). Из совокупности изучаемых образцов, относящихся к разным группам спелости, были выделены высокопродуктивные образцы, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков (количество бобов на растении, масса семян с 1 растения, масса 1000 семян): Л-422, ОХ 299/23, Л-60/2017, Л-71/2018, Л-680-11, Л-073-05, ИНАР-NK (Польша), Л-8/2018, Кинелянка (Россия). Выделенные образцы перспективны для целенаправленного использования в селекционных программах на высокую потенциальную урожайность в неорошаемых условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Ключевые слова: соя, продуктивность сои, вегетационный период сои, селекционный материал сои, хозяйственно-ценные признаки сои.

Цитирование. Казарина А. В., Атакова Е. А., Абраменко И. С. Изучение и подбор исходного материала для селекции сои в неорошаемых условиях лесостепи Среднего Поволжья. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 150-160. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-17.

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. Соя (*Glycine max* (L.) Merr.) является основной белково-масличной культурой в мировом земледелии. Столь глобальное значение соя приобрела благодаря своему уникальному биохимическому составу и связанному с этим многофункциональному использованию, а также высокой рентабельности промышленного производства [8]. Семена сои содержат высококачественный растительный белок (до 40-50 %), содержание масла в семенах достигает 25-28 %, углеводов – свыше 30 %, значительное количество витаминов и других веществ, ценных для рациона питания человека и животных [1, 5]. Мировой рынок сои уверенно растет на фоне увеличения спроса со стороны животноводства, производства биодизеля и продуктов питания. За последние десять лет валовой сбор сои превысил 350 млн тонн, из которых 1,5 % произведено в России. За десятилетие мировое производство сои увеличилось более чем на 46,0 % [3, 10].

По данным международной статистики, средняя мировая урожайность сои составляет 2,3-2,7 т/га, в России средняя урожайность сои находится на уровне 1,4-1,6 т/га, что говорит о недостаточной реализации биологического потенциала продуктивности данной культуры [9, 13]. Таким образом, для России актуально увеличение производства сои за счет повышения урожайности и расширения посевных площадей, в том числе в новых регионах, и размещение на новых площадях высокоурожайных сортов сои, экологически пластичных, адаптированных к конкретным условиям выращивания [8, 11].

В последние годы в Среднем Поволжье отмечается значительный прирост площадей, занятых под посевами сои как на орошении, так и на богаре. В контрастных природно-климатических условиях Средневожья главной задачей селекции данной культуры является создание сортов с высоким потенциалом продуктивности в сочетании с экологической пластичностью и устойчивостью к изменениям средовых факторов [6, 7]. Большое значение при этом имеет изучение и выявление генетических источников хозяйственно-ценных признаков, устойчивости к негативным факторам среды, которые будут использованы при моделировании генотипа [3, 4]. Выделить селек-

ционно значимые коллекционные образцы сои, которые способны повысить потенциал продуктивности создаваемых сортов, возможно после комплексного изучения в конкретной зоне возделывания [2, 12].

Целью исследований являлось изучение и оценка коллекции сои по комплексу хозяйственно-ценных признаков в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья для создания нового исходного материала с высоким потенциалом продуктивности.

Материалы и методы. Изучение коллекции сои проводили в 2019-2021 гг. на селекционном стационаре Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН в условиях богары. Согласно агрохимическому обследованию, почва опытного участка представлена черноземом типичным среднегумусным среднесильным среднеглинистым механического состава. Содержание гумуса – 5,7-6,9 %. Обеспеченность подвижными формами фосфора в пахотном слое почвы – 133,6-156,5 мг/кг, обменного калия – 154,0-180,0 мг/кг, pH солевой вытяжки почвы – 4,5 ед.

Изучаемая коллекция включала образцы различного происхождения, предоставленные ВИР и другими научно-исследовательскими учреждениями, а также собственный селекционный материал всего в количестве 112 образцов. В качестве стандарта использовали районированный по Средневолжскому региону сорт Южанка, расположение стандарта через каждые 10 номеров. Предшественник – яровые зерновые культуры. Учетная площадь делянки – 1,8 м². Посев питомника осуществлялся в оптимальные агротехнические сроки. Закладка полевых опытов и проведение анализов выполнено в соответствии с методиками Б. А. Доспехова (1985 г.), Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур (2019 г.) и Международного классификатора СЭВ рода *Glycine* Willd (1990 г.).

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия в годы проведения опытов значительно различались по температурному режиму, количеству осадков, а также их распределением по вегетационному периоду (рисунок 1). Контрастные погодные условия позволили более полно оценить изучаемые образцы сои.

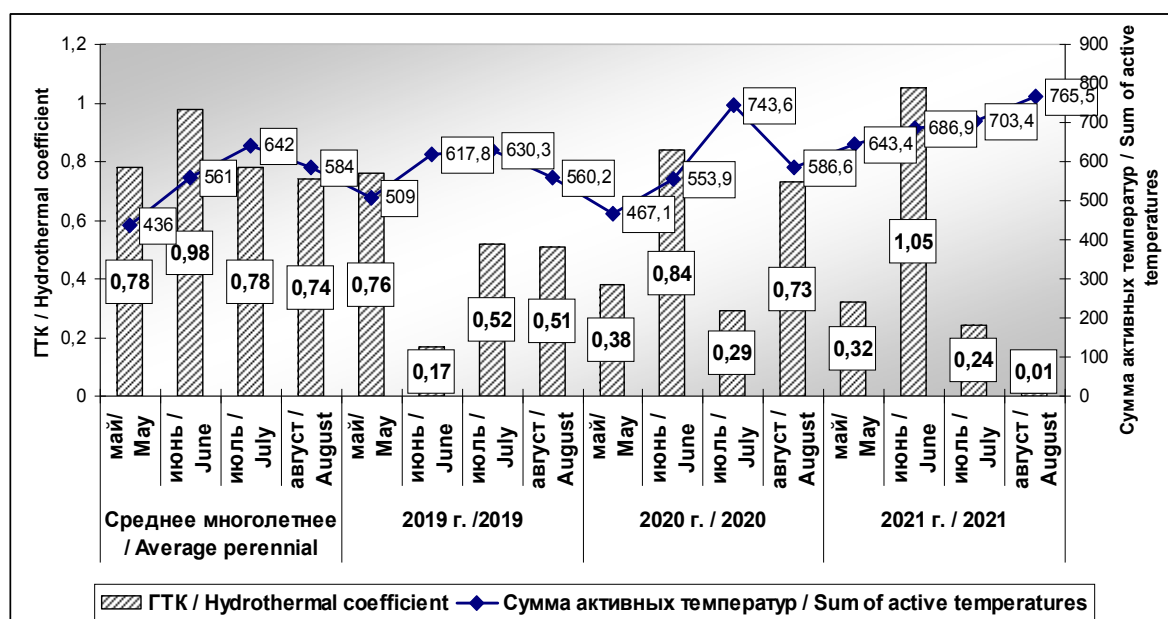


Рисунок 1 – Характеристика гидротермических условий в годы проведения исследований, 2019-2021 гг.

Figure 1 - Characteristics of hydrothermal conditions during the years of research, 2019-2021

Среднемноголетний показатель суммы активных температур за вегетационный период сои (май – август) в регионе составляет 2223,0 °С. Средняя сумма активных температур в годы проведения опытов находилась на уровне 2455,9 °С, превышая среднемноголетний показатель на 232,9 °С. Максимальная сумма активных температур от фазы всходов до фазы созревания отмечена в 2021 г. – 2699,1 °С, минимальная – 2317,3 °С в 2019 году.

Наиболее благоприятно для роста и развития растений сои метеорологические условия вегетационного периода складывались в 2019 году, в начальный период онтогенеза сои (май) складывалась теплая погода с суммой активных температур 509,0 °С на фоне достаточного увлажнения, гидротермический коэффициент (ГТК) был близок к среднемноголетним показателям и составил 0,76. В июне наблюдался дефицит осадков на фоне повышенных среднесуточных температур, ГТК=0,17, сумма активных температур составила 617,8 °С, превысив среднемноголетние значения на 56,8 °С. В июле и августе суммы активных температур находились в пределах 630,3 и 560,2 °С и были близки к среднемноголетним значениям, ГТК составил 0,52 и 0,51 соответственно. В 2020 году май отличался пониженными среднесуточными температурами и недостаточным увлажнением, ГТК = 0,38 (среднемноголетнее – 0,78). В июне выпали обильные осадки, сумма активных температур была близка к среднемноголетним значениям (553,9 °С), такие условия способствовали активному вегетативному развитию растений сои. В июле наблюдались повышенные среднесуточные температуры на фоне дефицита осадков. Сумма активных температур на 101,6 °С превысила среднемноголетние показатели и составила 743,6 °С. Сложившиеся погодные условия негативно отразились на уровне продуктивности сои. Выпавшие в третьей декаде августа осадки не оказали значительного влияния на продуктивность сои, гидротермический коэффициент был на уровне среднемноголетнего – 0,73. Вегетационный период 2021 года отличался большим диапазоном варьирования гидротермических условий. В мае складывалась жаркая, засушливая погода, сумма активных температур составила 586,6 °С, превысив среднемноголетние значения на 150,6 °С, ГТК = 0,32 (среднемноголетнее – 0,78). В июне выпали обильные ливневые дожди, на фоне повышенных среднесуточных температур ГТК составил 1,05, превысив среднемноголетние значения. Июль отличался значительным недостатком увлажнения и повышенными среднесуточными температурами, сумма активных температур была на уровне 703,4 °С, при среднемноголетних значениях – 642,0 °С. В августе продолжалось нарастание температур при практически полном отсутствии осадков, сумма активных температур превысила среднемноголетние на 181,5 °С, ГТК = 0,01. Такие жесткие гидротермические условия негативно отразились на развитии растений сои и способствовали снижению урожайности.

Основным признаком, который определяет возможность возделывания сорта сои в определенной зоне, является вегетационный период. В годы изучения все 112 коллекционных образцов вызревали в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья. В наших исследованиях продолжительность вегетационного периода изучаемых образцов колебалась от 83 до 120 суток и зависела от генотипа и от гидротермических условий, складывающихся в период роста и развития растений (таблица 1). Продолжительность вегетационного периода стандартного сорта Южанка в среднем за годы изучения составила 100 суток.

Ежегодно подавляющее большинство образцов (67,9-99,1 %) созревало за 91-110 суток.

Согласно Международному классификатору СЭВ рода *Glycine* Willd, изучаемые образцы по средней продолжительности вегетационного периода были дифференцированы на три группы: скороспелые (91-100 суток), от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) и среднескороспелые (111-120 суток). Установлено, что большая

часть коллекции была представлена образцами, которые относятся к группам спелости: скороспелые (91-100 суток) – 65 образцов или 57,3 % и от скороспелых до среднескороспелых (101 – 110 суток) – 43 образца или 39,1 % (рисунок 2). Среднескороспелая группа была представлена 3,6 % (4 образца). Стандартный сорт Южанка был отнесен к группе скороспелых образцов.

Таблица 1 – Распределение продолжительности вегетационного периода коллекции сои по группам спелости

Table 1 - Distribution of the duration of the growing season of the soybean collection by ripeness groups

Группа спелости	Продолжительность вегетационного периода, суток	Год		
		2019	2020	2021
Очень скороспелые	80 – 90	0	0	20
Скороспелые	91 – 100	65	1	79
От скороспелых до среднескороспелых	101 – 110	11	110	13
Среднескороспелые	111 – 120	36	1	0

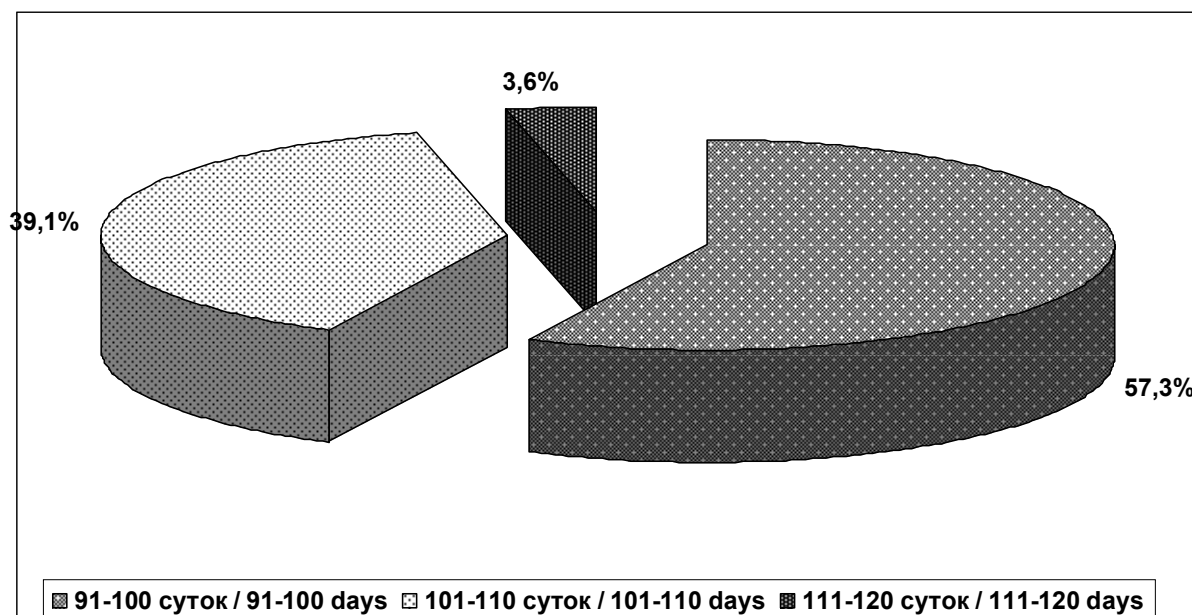


Рисунок 2 – Распределение образцов сои в коллекционном питомнике по продолжительности вегетационного периода (2019-2021 гг.)

Figure 2 - Distribution of soybean samples in the collection nursery by the duration of the growing season (2019-2021)

Среди изученных коллекционных образцов были выделены шесть наиболее скороспелых, вегетационный период которых стабильно находился в пределах 92-96 суток. Данные образцы перспективны в качестве генетических источников для селекции на скороспелость: BN-12/18, ОАК Erin/2012-4, Д-1262/11-2, FiskebyV/20-4, SM5M4509/73, Kenchawol (Великобритания). Самым продолжительным вегетационным периодом (116-120 суток) отличались четыре образца: УМ 7/16, Соер 326/99, Соер 12/1-88 и Кинелянка (Россия). За годы изучения все образцы группы среднескороспелых стабильно вызревали в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья, однако их вегетация завершалась во II-III декаде сентября, когда в регионе наблюдается неустойчивая погода с высокой вероятностью дождей.

Основной результирующий признак образца при изучении – это уровень урожайности относительно стандарта. За годы изучения продуктивность коллекционных образцов имела статистически значимые различия по годам и зависела от генетического потенциала и гидротермических условий, складывающихся в период вегетации. Урожайность стандартного сорта Южанка колебалась в пределах от 103,8 г/м² (2020 г.) до 266,6 г/м² (2019 г.) и в среднем составила 209,0 г/м² (таблица 2).

Средняя урожайность образцов в группе спелости с вегетационным периодом 91-100 суток составляла 108,5±11,6 - 258,5±18,4 г/м². Коэффициент вариации урожайности по годам у данной группы спелости составил 40,9 % и был наименьшим среди изучаемых групп. Следовательно, образцы данной группы обладали большей компенсирующей реакцией на изменение условий среды. Генотипические коэффициенты вариации в группе спелости 91-100 суток находились в пределах 24,7 % (2021 г.) – 42,6 % (2020 г.). Самый значительный показатель варьирования урожайности в данной группе отмечен в неблагоприятных климатических условиях 2020 г. – 42,6 %, что указывает на различную реакцию генотипов на стрессовые условия среды.

Таблица 2 – Показатели урожайности семян сои в коллекционном питомнике и варьирование признака за 2019-2021 гг.

Table 2 – Yield indicators of soybean seeds in the collection nursery and variation of the trait for 2019-2021

Год	Минимальная урожайность, г/м² / Minimum yield, g/m²	Максимальная урожайность, г/м² / Maximum yield, g/m²	Среднее, г/м² (x _{ср} ±t ₀₅ x S _{хср}) / Average, g/m²(x _{ср} ±t ₀₅ x S _{хср})*	Коэффициент вариации (V), % / Coefficient of variation (V), %	
				генотип / genotype	среда / environment
Группа спелости скороспелые (91 – 100 суток) / Maturity group early (91 - 100 days)					
2019	68,3	409,4	258,5±18,4	28,3	40,9
2020	31,4	326,9	108,5±11,6	42,6	
2021	63,8	376,3	249,3±15,5	24,7	
Группа спелости от скороспелых до среднескороспелых (101 – 110 суток) / Ripeness group from early to medium early (101 - 110 days)					
2019	67,9	554,1	283,4±28,6	32,8	47,2
2020	30,1	180,6	97,3±11,7	39,1	
2021	47,7	341,9	220,8±22,9	33,6	
Группа спелости среднескороспелые (111 – 120 суток) / Maturity group mid-early (111 - 120 days)					
2019	233,3	387,0	337,6±11,9	20,8	87,9
2020	29,2	141,3	77,9±17,5	59,8	
2021	59,3	136,4	167,6±28,5	77,3	

* ($x_{cp} \pm t_{05} \times S_{xcp}$) – доверительный интервал

Средняя урожайность совокупности образцов в группе спелости 101-110 суток по годам колебалась в пределах 97,3±11,7 - 283,4±28,6 г/м² и отличалась значительной степенью варьирования по годам – 47,2 %. Колебания генотипических коэффициентов варьирования были наименьшими среди изучаемых групп спелости и составляли 32,8 – 39,1 %, что говорит о наименьшей разнокачественности реакции изучаемых образцов на изменения условий возделывания.

Наименьшей стабильностью продуктивности по годам отличались образцы среднескороспелой группы (111-120 суток) – V=87,9 %. Средняя урожайность колебалась в пределах 77,9±17,5 - 337,6±11,9 г/м². Образцы данной группы формировали высо-

кую урожайность в благоприятных условиях среды и резко снижали ее под воздействием стрессовых факторов. Наибольший диапазон варьирования реакции среднескороспелых генотипов на метеорологические условия вегетационного периода отмечены в 2021 году ($V=77,3\%$).

Основными признаками, определяющими технологичность сои, являются высота растений и высота прикрепления нижних бобов. По данным, полученным в 2019-2021 гг., средняя высота растений находилась в пределах 48,0-49,3 см и практически не различалась по группам спелости (таблица 3). Большее влияние на выраженность данного признака оказывали особенности метеорологических условий в годы проведения опытов, коэффициент вариации по годам находился в пределах 21,6-36,5 %, наибольшая вариабельность по высоте растений отмечалась в группе спелости 91-100 суток. Наиболее высокорослые растения формировали образцы Л-1-4099/68, Краснодарская (Россия) и Л-1262, высота которых в среднем за годы изучения составила 56,8-60,3 см, превысив стандарт на 6,6-10,1 см.

Таблица 3 – Изменчивость элементов структуры урожайности коллекционных образцов различных групп спелости, 2019-2021 гг.

Table 3 – Variability of elements of the yield structure of collection samples of different maturity groups, 2019 – 2021

Признак / Feature	Среднее значение признака / Mean value of a feature			Коэффициент вариации (V), % / Coefficient of variation (V), %					
				генотип / genotype			среда / environment		
	91-100 суток / 91-100 days	101-110 суток / 101-110 days	111-120 суток / 111-120 days	91-100 суток /91-100 days	101- 110 суток / 101- 110 days	111- 120 суток / 111- 120 days	91-100 суток /91-100 days	101- 110 суток / 101- 110 days	111- 120 суток / 111- 120 days
Высота растения, см / Plant height, cm	49,3	49,1	48,0	8,30	10,2	12,6	36,5	28,9	21,6
Высота прикрепления нижнего боба, см / Lower bob attachment height, cm	12,6	13,8	16,4	13,8	11,4	10,2	16,3	19,5	15,8
Масса семян с 1 растения, г / Weight of seeds from 1 plant, g	6,97	7,42	5,75	27,4	28,1	47,5	28,6	32,9	33,2
Количество бобов на растении, шт. / The number of beans per plant, pcs.	26,0	27,4	20,5	22,2	26,6	24,9	17,2	31,3	18,7
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	127,48	131,61	138,65	7,4	9,8	4,3	10,5	7,2	3,4

Высота прикрепления нижнего боба в среднем за 2019-2021 гг. находилась в пределах 12,6-16,4 см. Наименьшая высота прикрепления и наибольшая генотипическая вариативность данного признака (13,8 %) была характерна для скороспелой группы (91-100 суток). Вариативность признака по годам была средняя и составляла 15,8-19,5 %.

Основным признаком, тесно связанным с урожайностью семян сои, является масса семян с одного растения. В наших опытах среднее значение данного показателя по группам спелости колебалось от 5,75 до 7,42 г, стандарт – 6,76 г и в значительной степени зависело от условий вегетационного периода ($V=28,6 - 33,2$ %). Образцы с вегетационным периодом 101-110 суток в среднем формировали наибольшую индивидуальную продуктивность растения. Значительные различия генотипов по данному показателю отмечены в группе среднескороспелых образцов ($V=47,5$ %). По данному признаку выделено шесть образцов, превышающих стандарт на 4,95-7,08 г: Л-680-11, Л-422, ОХ 299/23, Л-62/2018, Ника (Россия), Л-59/2018.

Количество бобов на растении – важный признак продуктивности сои. В наших опытах данный признак имел среднюю генотипическую изменчивость (22,2-26,6 %) и варьировался в пределах 20,5-27,4 шт., у сорта Южанка – 25,0 шт. Наибольшее колебание числа бобов на растении по годам отмечено у группы образцов с вегетационным периодом 101-110 суток – 31,3 %. За годы изучения были выделены шесть образцов, значительно превышающих по количеству бобов на растении стандартный сорт: Л-422, Л-60/2018, Ника (Россия), Дельта (Россия), Мон 53 (США), Л-6/2018, количество бобов на растении у данных образцов в среднем составляло 40,5-47,3 шт.

Таблица 4 - Урожайность образцов сои выделенных по основным хозяйственно-ценным признакам (2019-2021 гг.)

Table 4 - Yields of soybean samples selected for the main economically valuable traits (2019-2021)

Группа спелости / Ripeness group	Количество образцов, шт. / Number of samples, pcs.	Средняя минимальная урожайность, г/м ² / Average minimum yield, g/m ²	Средняя максимальная урожайность, г/м ² / Average maximum yield, g/m ²	Выделившиеся образцы / Released samples
91 – 100 суток / 91-100 days	20	237,8	317,1	Л-422, Л-152, Ю-58/2018, Урожайная (Россия), Л-53/2018, FiskebyV/20-4, ОХ 299/23, Дина (Россия), Вилия (Белоруссия), Л-7/2018, Л-25/2018, Л-26/2015, Л-31/2018, Самер 1 (Россия), Л-42/2018, Белоцветковая 4 (Россия), Л-54/2018, Л-59/2018, Л-60/2017, Л-71/2018
101 – 110 суток / 101-110 days	14	214,4	285,3	McCall (США), Sito (Германия), Л-680-11, Herb 22-4/17, Л 856-3-34, Л-112/16, Л-073-05, Л-19112, Л-20/19, SM5M4509/73, ИНАР-НК (Польша), Л-2/2018, Л-8/2018, Мавка (Россия)
111 – 120 суток / 111-120 days	2	191,7	195,7	Соер 326/99, Кинелянка (Россия)

Масса 1000 семян, признак, характеризующий крупность и выполненность семян сои, в наших опытах колебался в пределах 127,48-138,65 г и отличался низким коэффициентом вариации по группам спелости 4,3-9,8 %. Наиболее крупные семена формировали среднескороспелые образцы, в среднем по годам 138,65 г. наименьшей крупностью семян отличалась группа скороспелых образцов – 127,48 г. По данному признаку наиболее чувствительны к условиям внешней среды оказались образцы с продолжительностью вегетационного периода 91-100 суток. Самой высокой массой 1000 семян из всей совокупности изучаемых образцов выделялись: UM-7/16, Л-152, IHAR-NK (Польша), Л-073-14, показатели которых находились в пределах 150,95-168,55 г. Самые мелкие семена (106,5-110,17 г) формировали образцы Ника (Россия), Подяка (Украина), Л-1262, Л-12N.

Контрастные условия 2019-2021 гг. позволили выделить среди изучаемых коллекционных образцов те, которые стабильно превышают стандарт по продуктивности (таблица 4). В группе скороспелых образцов с вегетационным периодом от 91 до 100 суток было выделено наибольшее количество образцов (20 шт.) со средней продуктивностью 237,8-317,1 г/м², средняя урожайность стандарта составила 209,0 г/м².

В группе с вегетационным периодом от 101 до 110 суток в результате изучения было выделено 14 образцов с уровнем урожайности 214,4-285,3 г/м². Продуктивность в группе среднераннеспелых образцов (111-120 суток) была в целом ниже, чем у раннеспелых образцов. Это связано с неблагоприятными гидротермическими условиями 2020 и 2021 годов, сложившимися в период цветения и формирования бобов, что отрицательно сказалось на среднем уровне показателя урожайности образцов данной группы.

Выводы. Проведенная оценка 112 коллекционных образцов сои различного происхождения в условиях юга лесостепи Среднего Поволжья позволила дифференцировать изучаемые образцы по средней продолжительности вегетационного периода на три группы: скороспелые (91-100 суток) – 57,3 %, от скороспелых до среднескороспелых (101-110 суток) – 39,1 % и среднескороспелые (111-120 суток) – 3,6 %. Из совокупности изучаемых образцов, относящихся к разным группам спелости, были выделены высокопродуктивные образцы, обладающие комплексом хозяйственно-ценных признаков (количество бобов на растении, масса семян с 1 растения, масса 1000 семян): Л-422, ОХ 299/23, Л-60/2017, Л-71/2018, Л-680-11, Л-073-05, IHAR-NK (Польша), Л-8/2018, Кинелянка (Россия). Выделенные образцы перспективны для использования в селекционных программах, направлены на высокую потенциальную урожайность в неорошаемых условиях лесостепи Среднего Поволжья.

Библиографический список

1. Байкунирова А. К., Григорчук Н. Ф. Результаты изучения коллекции сои в ТОО «Опытное хозяйство масличных культур» // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 4 (210). С. 5-10.
2. Белявская Л. Г., Рыбальченко А. М. Скрининг коллекции сои по скороспелости и продуктивности в условиях левобережной лесостепи Украины // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 1 (29). С. 63-69.
3. Васина Е. А., Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. Т. 183. № 4. С. 19-29.
4. Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе / Л. Ю. Новикова [и др.] // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018. Т. 22. № 6. С. 708-715.
5. Изучение и создание исходного материала сои в условиях Северного Казахстана / Г. А. Кипшакбаева [и др.] // Аграрный вестник Урала. 2022. № 2 (217). С. 40-47.

6. Казарина А. В., Атакова Е. А. Оценка экологической пластичности и стабильности селекционного материала сои в неорошаемых условиях Самарского Заволжья // Аграрный научный журнал. 2020. № 12. С. 14-17.
7. Казарина А. В., Атакова Е. А., Абраменко И. С. Взаимосвязь продуктивности и гидротермических условий выращивания сои на неорошаемых землях Среднего Поволжья. // Аграрная наука. 2020. № 11-12. С. 85-88.
8. Некрасов А. Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 1. С. 48-52.
9. Селекция сортов сои на скороспелость и высокий биологический потенциал продуктивности в условиях орошения / В. В. Толоконников [и др.] // Известия НВ АУК. 2022. № 1 (65). С. 78-86.
10. Соя в мире и России: производство, внутреннее потребление, внешняя торговля. Москва: Восточный центр государственного планирования, 2022. <https://vostokgosplan.ru/wp-content/uploads/soja-v-mire-i-rossii-proizvodstvo-vnutrennee-potreblenie-vneshnjaja-torgovlja.pdf>.
11. Шепель О. Л., Асеева Т. А., Зволимбовская М. П. Зависимость хозяйственно-биологических признаков сои от гидротермических условий Среднего Приамурья // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 16-22.
12. Assessment of phenotypic variations and correlation among seed composition traits in mutagenized soybean populations / Z. Zhou [et al.] // Genes. 2019. № 10 (12). P. 975.
13. Effective cultivation of extra-early soybean cultivar CV. «VNIIOZ 86» / V. V. Tolokonnikov [et al.] // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. V. 13. № 4. P. 353-359.

Информация об авторах

Казарина Александра Владимировна, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией «Интродукции, селекции кормовых и масличных культур» Самарского федерального исследовательского центра РАН, Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, кандидат сельскохозяйственных наук. Тел.: 8(84663)46243, 8 92772-325796; e-mail: kazarinaav@bk.ru **ORCID** 0000-0001-9535-7691

Атакова Елена Александровна, младший научный сотрудник лаборатории «Интродукции, селекции кормовых и масличных культур» Самарского федерального исследовательского центра РАН, Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, Тел.: 8(84663)46243, 8 9277025250; e-mail: atakovaxamina@mail.ru **ORCID** 0000-0003-3944-3530

Абраменко Ирина Степановна, научный сотрудник лаборатории «Интродукции, селекции кормовых и масличных культур» Самарского федерального исследовательского центра РАН, Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова, Тел.: 8(84663)46243, 8 9376619866 **ORCID** 0000-0002-8112-105

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-18

DEPENDENCE OF THE YIELD OF SPRING BARLEY ON METEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE CENTRAL ZONE OF THE ORENBURG REGION

R.D. Kamaleev¹, O.S. Grechishkina¹

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences», Orenburg*

Received 28.02.2023

Submitted 10.05.2023

*The research work was carried out in accordance with the topic of the state task
No. FNWZ - 2022 – 0015*

Summary

The research work shows the influence of weather factors on the variation in the yield of spring barley in the central zone of the Orenburg region based on long series of observations (data on the yield of the standard in competitive variety testing for 1980-2019).

Abstract

Introduction. Undoubtedly, the main influence on the productivity of spring barley is exerted by weather conditions, especially in the zone of insufficient moisture. What is characteristic is the sum of a set of factors (temperature, precipitation, etc.) and their share of influence on the yield of barley in each zone will be different. For further progress in the breeding process, identification of the contribution of weather factors to the dispersion of spring barley yields in the central zone of the Orenburg region will allow more targeted selection of material (numbers, lines) in breeding nurseries. **Object.** Spring barley. **Materials and methods.** The research materials were long series (1980-2019) of spring barley yields in the competitive test of the 2nd year, as well as materials from the agrometeorological bulletins of the Orenburg Regional Center for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (weather station - Chebenki village, Orenburg district) for those same years. The soils on which the breeding nurseries are located are ordinary chernozem, low-humus, medium-thick, clayey and heavy loamy. Variants in the competitive test of the 2nd year were arranged sequentially. The plots were planted in 3-fold repetition. Accounting was carried out from an area equal to 16 sq. m. **Results and conclusions.** The resulting regression model explains the variation in barley yield in almost 60% of cases (determination coefficient - 0.598), which is six years out of ten. The main role in the formation of barley productivity is played by May precipitation - 13.7% and June temperature - 31.8%. Such a strong influence is due to the fact that barley in our zone during these months goes through the main periods of its development, the secondary root system is laid, the productive stem and spike are formed, and the vegetative mass grows. Unfavorable weather conditions in May and June will reduce the productivity of barley. At the final stages of breeding, it is necessary to select those breeding numbers that are best adapted to the abiotic stresses of May and June - high air temperature and low rainfall.

Key words: spring barley, dependence, regression, trend deviations.

Citation. Kamaleev R.D., Grechishkina O.S. Dependence of the yield of spring barley on meteorological conditions in the central zone of the Orenburg region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 160-167 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-18.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the analysis of this material. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 633.16:631.559(470.56)

**ЗАВИСИМОСТЬ УРОЖАЙНОСТИ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ
ОТ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЗОНЕ
ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ**

Р. Д. Камалеев, кандидат сельскохозяйственных наук,
О. С. Гречишкина, кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

Дата поступления в редакцию 28.02.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

**Исследовательская работа выполнена согласно теме государственного задания
№ FNWZ – 2022 – 0015**

Актуальность. Несомненно, основное влияние на продуктивность ярового ячменя оказывают погодные условия, особенно это касается зоны недостаточного увлажнения. При этом сумма набора факторов (температура, осадки и др.) и их доля влияния на урожайность ячменя в каждой зоне будет своя. Выявление вклада погодных факторов в дисперсию урожайности ярового ячменя в центральной зоне Оренбургской области для прогресса в селекционном процессе позволит проводить более целенаправленный отбор материала (номеров, линий) в селекционных питомниках. **Объект.** Яровой ячмень. **Материалы и методы.** Материалами исследования послужили длительные ряды (1980-2019 гг.) урожайности ярового ячменя в конкурсном испытании

2-го года, а также материалы агрометеорологических бюллетеней Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция – п. Чебеньки, Оренбургский район) за те же годы. Почвы, на которых размещены селекционные питомники, – чернозем обыкновенный малогумусный среднесиловый глинистый и тяжелосуглинистый. Варианты в конкурсном испытании 2-го года располагали последовательно. Делянки закладывали в 3-х кратной повторности. Учёт проводили с площади, равной 16 кв. м. **Результаты и выводы.** Полученная регрессионная модель объясняет вариацию урожайности ячменя почти в 60 % случаев (коэффициент детерминации – 0,598), что составляет шесть лет из десяти. Основную роль в формировании продуктивности ячменя играют осадки мая – 13,7 % и температура июня – 31,8 %. Такое сильное влияние связано с тем, что ячмень в нашей зоне в эти месяцы проходит основные периоды своего развития, происходит заложение вторичной корневой системы, формирование продуктивного стеблестоя и колоса, нарастание вегетативной массы. Неблагоприятные погодные условия мая и июня будут снижать продуктивность ячменя. На завершающих этапах селекции необходимо отбирать те селекционные номера, которые лучше приспособлены к абиотическим стрессам мая и июня – высокой температуре воздуха и низкому количеству осадков.

Ключевые слова: яровой ячмень, урожайность ярового ячменя, условия возделывания ярового ячменя.

Цитирование. Камалеев Р. Д., Гречишкина О. С. Зависимость урожайности ярового ячменя от метеорологических условий в центральной зоне Оренбургской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 160-167. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-18.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ячмень (*Hordeum vulgare* L.) является одной из старейших возделываемых сельскохозяйственных культур в мире и по сравнению с другими злаками он приспособлен для выращивания во многих различных средах и на многих различных широтах от экватора до полярного круга [14, 15]. Возделываемый человеком на протяжении более 10 000 лет он служит отличной моделью для изучения влияния изменяющихся климатических условий на сельское хозяйство. Его широкое распространение дает представление об адаптации к различным агроэкологическим условиям [14].

По утверждению многих исследователей [7, 11], из природных и антропогенных факторов на продуктивность зерновых культур наибольшее влияние оказывают погодные условия, а затем, по убыванию, располагаются минеральные удобрения, севооборот и др.

Жученко А. А. [5] отмечает, что «...вариабельность урожайности по годам для большинства сельскохозяйственных культур на 60-80 % зависит от изменения погоды...». По мнению ряда авторов [1-4], изменение климата повсеместно приводит к снижению урожайности ячменя. При этом лимитирующими факторами служит сумма осадков и величина гидротермического коэффициента.

На сегодняшний день причины глобального потепления достоверно не установлены. Последние три десятилетия были самыми тёплыми в ряду инструментальных наблюдений за глобальной приповерхностной температурой с середины XIX в. [8].

С глобальными изменениями климата связаны региональные, причём в России, и особенно в Оренбургской области, потепление происходит более высокими темпами, чем на Земле в целом [9].

Максютов Н. А. с соисследователями [6] указывает, что одной из причин часто повторяющейся засухи в Оренбургской области является изменение погодных условий за последние 25–30 лет, которое сводится к повышению температуры воздуха на 2,1 °С

за сельскохозяйственный год и резким среднесуточным её перепадам, и увеличению количества суховейных дней по сравнению со среднемноголетними показателями. Основным фактором, влияющим на продуктивность полевых культур в севооборотах, является повышенный температурный режим.

Для дальнейшего прогресса в селекции ячменя, совершенствования и подбора агроэкотипа сорта для степной зоны Предуралья следует посмотреть, от каких факторов внешней среды зависит ежегодное колебание урожайности данной культуры в этом регионе.

Целью нашего исследования являлось определение доли влияния погодных факторов в формировании урожайности ярового ячменя.

Материалы и методы. Материалами исследования послужили длительные ряды (1980-2019 гг.) урожайности стандартного сорта ячменя в конкурсном испытании 2-го года ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, который находится в п. Чебеньки Оренбургского района (центральная зона Оренбургской области), а также материалы агрометеорологических бюллетеней Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (метеостанция – п. Чебеньки, Оренбургский район) за те же годы. Тенденция урожайности ячменя рассчитывалась методом гармонических весов (Полевой А. Н., 1988). Для поиска переменных и построения модели применялись методы многомерного регрессионного анализа в программе «Statistica».

Почвы, на которых размещены селекционные питомники, – чернозем обыкновенный малогумусный среднемощный глинистый и тяжелосуглинистый с содержанием гумуса 4,2-6,0 %, pH – 7,0-7,2. Сумма поглощенных оснований 33,2-34,4 мг/экв. на 100 г почвы. Обеспеченность подвижными формами фосфора – средняя, обменным калием – высокая.

Средняя температура января: - 15,6 °С, июля: 20,8 °С. Максимум температуры – в июле до + 40 °С. Вегетационный период равен 171 день, с 18 апреля по 10 октября. Последний заморозок бывает в первой декаде июня, а первый – осенью, в конце августа – начале сентября. Сумма среднесуточных температур выше 10 °С составляет 2560 °С. За год выпадает 386 мм осадков. Число дней с влажностью воздуха менее 30 % достигает 40, с суховеями – 40-50. Основные показатели тепло- и влагообеспеченности показаны в таблицах 3 и 4.

До 2002 года селекционные питомники располагались по яровой пшенице, идущей по пару, с 2003 года – по черному пару. Агротехника по пару заключалась в отвальной вспашке после уборки зернового предшественника, в следующем году закрытия влаги и 4-5 культиваций в течение всего теплого периода, по мере отрастания сорняков. В год посева закрытия влаги и одной предпосевной культивации.

Варианты в конкурсном испытании 2-го года располагали последовательно. Делянки закладывали в 3-х кратной повторности. Учёт проводили с площади, равной 16 кв. м.

Результаты. Изменчивость урожая на Южном Урале достигает весьма больших значений, поэтому в самих рядах урожайности заложена информация о метеорологических условиях вегетации. Если из ряда урожайности выделить тренд, обусловленный ростом культуры земледелия, то в первом приближении отклонения урожайности от тренда можно рассматривать как вклад погоды в урожайность конкретного года, а динамику этих отклонений во времени отождествлять с ходом показателя, характеризующего условия вегетации в каждом году.

Ввиду изложенного выше, а также по причине смены предшественника мы изучали влияние погодных факторов не на абсолютную урожайность ячменя, а на относительную (отклонение абсолютной урожайности от тренда, выраженное в процентах).

Тренд (от английского trend – общее направление, тенденция) представляет собой направление отзывчивости системы (временного или пространственного ряда наблюдений) под влиянием возмущающего воздействия на нее внутренних или внешних факторов. Следовательно, тренд – некоторая неслучайная функция времени или пространства (Полевой А. Н., 1988).

Для удобства интерпретации полученных результатов в самом тексте словосочетание *отклонения от тренда* заменяли словом «урожайность» или «продуктивность».

В результате поиска получена аддитивная модель множественной регрессии. Свободный член уравнения и коэффициенты регрессии при переменных имеют уровень значимости менее 0,05, что говорит об их достоверности. Само уравнение будет работать в пределах тех значений переменных, которые отражены в таблице 1.

Таблица 1 – Описательная статистика зависимой и независимых переменных, входящих в уравнение регрессии

Table 1 – Descriptive statistics of dependent and independent variables included in the regression equation

Показатель	Количество наблюдений	Диапазон	Размах	Среднее	S*,	V**, %
Отклонение от тренда (Y), %	40	20-203	183	98,5	43,7	44,4
Температура июля (X ₁), °C	40	15,7-24,8	9,1	20,5	2,3	11,1
Осадки мая (X ₂), мм	40	1-82,3	81,3	32,1	20,9	64,9
Осадки 2-й декады октября (предшествующие периоду вегетации) (X ₃)	40	0-38	38	8,5	9,7	113,8
Осадки 3-й декады апреля (X ₄)	40	0-50,8	50,8	13,5	14,2	104,6
Осадки 3-й декады июня (X ₅)	40	0-86	86	16,8	20,2	120,5

Наибольшая вариация значений признака отмечена у осадков 3-й декады июня и осадков 2-й декады октября, коэффициенты вариации соответственно составили: 120,5 и 113,8 %, наименьшая дисперсия наблюдалась у температуры июля – 11,1 %.

Уравнение множественной регрессии (таблица 2) объясняет вариацию урожайности ячменя почти в 60 % случаев (что составляет шесть лет из десяти). На теплый период приходится 52 % объясненной дисперсии.

Таблица 2 – Влияние погодных факторов в формировании урожайности ячменя

Table 2 – Influence of weather factors in the formation of barley yield

Факторы погоды	Коэффициент регрессии	Уровень значимости	Доля влияния фактора, %
Свободный член	377,19	0,0000	-
Температура июля (X ₁)	-13,91	0,0000	31,75
Осадки мая (X ₂)	0,61	0,0247	13,65
Осадки 2-й декады октября (предшествующие периоду вегетации) (X ₃)	-1,63	0,0043	7,43
Осадки 3-й декады апреля (X ₄)	0,89	0,0265	4,86
Осадки 3-й декады июня (X ₅)	-0,69	0,0179	2,1

Для полной регрессии: $R^2 = 0,598$; F-факт = 10,1; $p < 0,00001$

Основную долю влияния в разбросе значений имели два фактора: это осадки мая – 13,65 % и температура июля – 31,75 %. Зависимость от осадков мая положительная, что говорит, что с увеличением осадков урожайность повышается, такая закономерность связана с тем, что в этом месяце проходят начальные периоды развития ячменя от посева до кущения. Зависимость от температуры июля обратная (коэффициент регрессии отрицательный), с повышением температуры продуктивность ячменя снижается. Свой критический период развития от выхода в трубку до колошения в нашей зоне культура проходит именно в этом месяце. Необходимо еще раз отметить, что данный предиктор – самый важный в модели, его влияние будет в трех случаях из десяти.

Осадки третьей декады апреля будут определять урожайность в пяти случаях из ста, в эти годы хорошее предпосевное увлажнение будет определяющим в формировании продуктивного стеблестоя.

Доля влияния осадков третьей декады июня составляет 2 % и здесь связь отрицательная, что связано с тем, что излишнее увлажнение в этой декаде (в два года из ста лет) будет вызывать поражение ячменя листовыми болезнями и вызывать его полегание.

Обсуждение. Поиском зависимости урожайности ячменя от факторов погоды занимались многие исследователи.

Тимаков А. Г. с соавторами [12] отмечает что, высокий ГТК в период посева – всходов является определяющим для формирования урожая растений.

Пасынкову А. В. и Пасынковой Е. Н. [10] не удалось получить уравнение множественной регрессии, адекватно отражающее зависимость урожайности зерна ячменя от ГТК за вегетативный период развития растений, что связано, видимо, с небольшим периодом наблюдений.

В Оренбургской области изучением зависимости продуктивности ячменя от метеоусловий занимались Тихонов В. Е., Неверов А. А., Кондрашова О. А. [13] они проводили исследования на длительных рядах наблюдений 40-60 лет.

В сухостепной зоне Заволжской провинции Оренбургской области (южная зона области) на темно-каштановых почвах на долю осенне-зимних осадков приходится почти 35 % разброса урожайности ячменя, на долю летних факторов – 39 %.

Таблица 3 - Основные показатели теплообеспеченности западной и центральной зон Оренбургской области

Table 3 - The main indicators of heat supply in the western and central zones of the Orenburg region

Метеостанция	Среднегодовое значение параметров			
	$\Sigma t^{\circ} > 10$	Температура воздуха, °С		Глубина промерзания почвы (см)
		июля	января	
Бузулук (западная зона)	2533	21,0	-14,4	100-120
Чебеньки (центральная зона)	2560	20,8	-15,6	100-120

Таблица 4 - Основные показатели влагообеспеченности западной и центральной зон области

Table 4 - The main indicators of moisture supply in the western and central zones of the region

Метеостанция	Среднегодовое значение параметров						
	количество осадков, мм					коэффициент годового атмосферного увлажнения (КУ)	
	За год	V	VI	VII	VIII	P/ Σd	P/f
Бузулук (западная зона)	368	25	49	52	36	0,21	0,46
Чебеньки (центральная зона)	386	29	49	47	32	0,20	0,44

Примечание: P – осадки, f – испаряемость, Σd – сумма среднесуточных величин дефицита влажности воздуха, мм. ($f = 0.45 \cdot \Sigma d$).

В степной зоне Заволжской провинции (западная зона Оренбургской области) в 49 % случаев (почти каждый второй год) урожайность детерминируется суммой осадков мая и июня. Результат, полученный в этой зоне, схож с результатами нашего исследования. В нашей модели в 45 % случаях урожайность тоже определяется элементами погоды мая и июня. Все это можно объяснить почти одинаковыми показателями тепло- и влагообеспеченности (таблицы 3 и 4) в данных зонах.

Выводы. В условиях центральной зоны Оренбургской области основной вклад в дисперсию урожайности (% отклонения от тенденции урожайности) вносят факторы погоды (температура, осадки) двух месяцев мая и июня, причем непосредственно июня почти 32 %, что связано, что в этом месяце яровой ячмень проходит свой критический период развития. В многолетнем ряду наблюдений именно недостаток влаги в мае и высокая температура в июне будут снижать продуктивность ячменя. В питомнике конкурсного испытания необходимо отбирать номера для передачи на государственное испытание, которые лучше приспособлены к неблагоприятным погодным условиям мая и июня по сравнению со стандартом.

Библиографический список

1. Анисимова Н. Н., Ионова Е. В., Филиппов Е. Г. Морфологические критерии оценки уровня продуктивности и засухоустойчивости ярового ячменя // *Зерновое хозяйство России*. 2011. № 2. С. 9-12.
2. Гаевая Э. А. Урожайность ярового ячменя в зависимости от погодных условий Ростовской области // *Известия Оренбургского ГАУ*. 2017. № 4. С. 71-74.
3. Действие водного стресса и соединений кремния на содержание эндогенных фитогормонов и рост ярового ячменя / И. В. Сластя, В. Н. Ложникова, В. В. Кондратьева, Н. Т. Нилова // *Агрохимия*. 2013. № 8. С. 38-48.
4. Дериглазова Г. М. Влияние природных и антропогенных факторов на урожай и качество ярового ячменя // *Земледелие*. 2012. № 6. С. 43-45.
5. Жученко А. А. Экологическая генетика культурных растений как самостоятельная научная дисциплина: теория и практика. Краснодар: Просвещение-Юг, 2010. 485 с.
6. Засуха и урожай / Н. А. Максютлов, А. А. Зоров, В. Ю. Скороходов [и др.] // *Научное обеспечение инновационного развития сельского хозяйства в условиях часто повторяющихся засух: сб. науч. трудов*. Оренбург: ООО «Агентство Пресса», 2017. С. 26–33.
7. Максимов Р. А., Шадрин Е. А. Реакция нового сорта ячменя Памяти Чепелева на тип почвы и удобрения в условиях Среднего Урала // *АПК России*. 2016. Т. 23. № 5. С. 939–942.
8. Мохов И. И., Семёнов В. А. Погодно-климатические аномалии в российских регионах и их связь с глобальными изменениями климата // *Метеорология и гидрология*. 2016. № 2. С. 16-28.
9. Неверов А. А. Влияние глобальных изменений в климатической системе планеты на погодно-климатические условия Оренбуржья и продуктивность растений // *Известия Оренбургского гос. аграрного ун-та*. 2020. № 4 (84). С. 19-25.
10. Пасынков А. В., Пасынкова Е. Н. Урожайность зерна ячменя и ее зависимость от минерального питания и гидротермических условий в период вегетации // *Агрохимический вестник*. 2019. № 2. С. 33-38.
11. Самохвалова Е. В. Агрометеорологическая оценка территории Самарской области применительно к возделыванию зерновых культур // *Достижения науки и техники АПК*. 2011. № 6. С. 14–17.
12. Тимаков А. Г., Мамеев В. В., Павловская Н. Е. Влияние новых биологических препаратов на структуру урожая ярового ячменя в зависимости от метеоусловий // *Агрохимический вестник*. 2019. № 2. С. 53-57.
13. Тихонов В. Е., Кондрашова О. А., Неверов А. А. Агроклиматические ресурсы степного Предуралья: изменчивость и прогнозирование // *Оренбургский НИИСХ*. Оренбург: ООО «Агентство»Пресса», 2013. 324 с.
14. A translational model for adaptation to climate change / I. K. Dawson [et al.] // *New Phytologist*. 2015. V. 206. No 3. P. 913-931.
15. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security / A. C. Newton [et al.] // *Food security*. 2011. V. 3. P. 141-178.

Информация об авторах

Камалеев Рамиль Дамирович, заведующий лабораторией селекции проса посевного отдела селекции и семеноводства зерновых культур ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, (460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29), кандидат сельскохозяйственных наук, тел: 8 (3532) 30-81-70, e-mail: kamaleevramil79@yandex.ru.

Гречишкина Ольга Сергеевна, заведующий лабораторией селекции ярового ячменя отдела селекции и семеноводства зерновых культур ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН, (460000, Оренбургская область, г. Оренбург, ул. 9 Января д. 29), кандидат сельскохозяйственных наук, тел: 8 (3532) 30-81-70, e-mail: fncbc2022@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-19

LINEAR INDICES OF INITIAL PLANT GROWTH AND WEIGHT OF 1000 GRAINS OF SPRING SOFT WHEAT VARIETIES

**A.I. Kincharov, M.N. Kincharova, E.A. Demina,
T.Yu. Taranova, K.Yu. Chekmasova**

*Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Volga Region Research Institute of Breeding and Seed Production
named after P.N. Konstantinov, Kinel*

Received 14.04.2023

Submitted 25.05.2023

Abstract

Introduction. The search for new genetic sources and breeding approaches to significantly increase yields and increase their stability in years is still relevant in the development of new varieties. **Object.** Grains of 8 spring wheat varieties of different years of yield in competitive trials. **Materials and methods.** The research was carried out in 2017-2021 on the basis at the laboratory of breeding and seed production of spring wheat of the Volga Region Research Institute of Breeding and Seed Production named after P.N. Konstantinov - the branch of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The aim of the work was to find out the possibility of using genetic differences between the varieties of the studied group by weight of 1000 grains, coleoptile length, seedlings and stubs, taking into account the diversity of genotype response to changes in weather conditions in breeding for adaptability. **Results and conclusions.** The analysis of the research results shows not only genetic differences between the studied varieties in 1000 grains weight, but also in the diversity of their response to changes in conditions of grain formation and ripening. It was noted that the conditions after earing subsequently affect such parameters of the initial growth of the plant as seedling length and sprout length, and insignificantly on the coleoptile length. The genetic differences in coleoptile length of the varieties studied should be used to rank the sowing dates. For early sowing with shallow seeding depth (3-4 cm), the Kinelskaya Niva and / or Kinelskaya 59 varieties are recommended, for later sowing dates Kinelskaya 2010 is preferable, which formed the coleoptile with the highest average length over the years of testing - 5.5 cm. Under the conditions of climate change and the rapid increase in temperature background in the post-sowing period, varieties with intensive initial growth, such as Kinelskaya Yubileynaya with a rate of initial growth of seedling length by 20% above the average for the experiment and almost 40% higher than the rates of Kinelskaya Niva variety widely distributed in the Samara region are especially relevant.

Key words: *spring wheat (*Triticum aestivum* L.), variety, weight of 1000 grains, coleoptile length, sprout, stub.*

Citation: Kincharov A.I., Kincharova M.N., Demina E.A., Taranova T.Y., Chekmasova K.Y. Linear indices of initial plants growth and weight of 1000 grains of spring soft wheat varieties. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 167-177 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-19.

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

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

УДК 633.111.1:631.53.011.2

ЛИНЕЙНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАЧАЛЬНОГО РОСТА РАСТЕНИЙ И МАССА 1000 ЗЕРЕН СОРТОВ ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ

А. И. Кинчаров, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник, директор

М. Н. Кинчарова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник

Е. А. Дёмина, кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник, зав. лабораторией

Т. Ю. Таранова, младший научный сотрудник

К. Ю. Чекмасова, младший научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский
научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова
(СамНЦ РАН, ПНИИСС им. Константинова), г. Кинель

Дата поступления в редакцию 14.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. При создании новых сортов актуальным остается поиск новых генетических источников и селекционных подходов к значительному увеличению урожайности и повышению ее стабильности по годам. **Объекты исследования.** Зерно разного года урожая, 8 образцов яровой мягкой пшеницы конкурсного испытания. **Материалы и методы.** Исследования проводили в 2017-2021 гг. на базе лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН. Цель работы – выяснить возможность использования генетических различий между сортами изучаемой группы по массе 1000 зерен, длине coleoptile, проростков и корешков с учетом разнообразия откликов генотипов на изменения погодных условий в селекции на адаптивность. **Результаты и выводы.** Анализ результатов исследований свидетельствует не только о генетических различиях между изучаемыми сортами по массе 1000 зерен, но и по разнообразию их откликов на изменения условий формирования и налива зерна. При этом отмечено, что условия после колошения в последующем влияют на такие параметры начального роста растения, как длина проростков и длина корешков, и незначительно – на длину coleoptile. Генетические различия длины coleoptile исследованных сортов, необходимо использовать для ранжирования сроков сева. Для раннего посева с мелкой глубиной (3...4 см) заделки семян рекомендуются сорта Кинельская нива и/или Кинельская 59, а для более поздних сроков сева предпочтительнее сорт Кинельская 2010, который формировал coleoptile с самой высокой средней длиной за годы испытания – 5,5 см. В условиях изменения климата и быстрого нарастания температурного фона в послепосевной период, особую актуальность приобретают сорта с интенсивным начальным ростом, такие как Кинельская юбилейная с темпом начального роста длины проростков на 20 % выше среднего значения по опыту и почти на 40 % выше показателей широко распространенного в Самарской области сорта Кинельская нива.

Ключевые слова: яровая пшеница, *Triticum aestivum* L., сорта яровой пшеницы, масса 1000 зерен, длина coleoptile, проростки яровой пшеницы.

Цитирование. Кинчаров А. И., Кинчарова М. Н., Дёмина Е. А., Таранова Т. Ю., Чекмасова К. Ю. Линейные показатели начального роста растений и масса 1000 зерен сортов яровой мягкой пшеницы. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 167-177. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-19.

Авторский вклад. Все авторы принимали непосредственное участие в анализе источников литературы, сборе информации, написании и редакции статьи. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Введение. В практике создания сельскохозяйственных культур актуальным остается поиск новых генетических источников и селекционных подходов к значительному увеличению урожайности и повышению ее стабильности по годам.

Одним из важных показателей при оценке исходного материала зерновых культур служит длина coleoptile [2]. Ранее исследованиями многих авторов было показано взаимосвязь между длиной coleoptile и многими хозяйственно ценными признаками. У однодольных растений coleoptile представляет собой защитную оболочку, которая служит для того, чтобы помочь появлению первого листа через барьер почвенной корки [10]. Аллан и соавторы еще в 1962 году впервые сообщили о корреляции между окончательным формированием густоты стояния и длиной coleoptile у озимой пшеницы. Они отмечали, что в целом более длинные coleoptile позволяют увеличить глубину посева и обеспечить оптимальные условия влажности и температуры почвы для прорастания семян, появления всходов и правильного формирования густоты стояния, что является ранним предиктором высокого потенциала урожайности [9, 12]. Глубокая посадка имеет дополнительные преимущества, поскольку защищает семена от поедания птицами, а также защищает проростки от фитотоксического воздействия, вызванного дождями гербицидными опрыскиваниями [8].

Поскольку все большее количество сельскохозяйственных производств страдает от засухи из-за глобального потепления, селекционные программы начали переориентироваться на выведение пшеницы с длинными coleoptile, поскольку короткие coleoptile определены как потенциальные факторы, ограничивающие укоренение культуры и урожайность зерна [8, 11].

Исследованиями ряда авторов выявлена взаимосвязь между длиной coleoptile, полевой всхожестью и высотой растений у пшеницы. Установлено, что проростки с укороченным coleoptile могут не достигать поверхности почвы и что глубина заделки семян при посеве не должна превышать длину coleoptile. Также отмечается положительная корреляция между длиной coleoptile и урожайностью [7].

Ряд ученых предлагают отбор генотипов на засухоустойчивость проводить у пшеницы по количеству формируемых зародышевых корней и рассматривают данное свойство в качестве селекционного показателя [6]. Кроме того, к числу важнейших эффективных признаков для отбора высокопродуктивных форм относится также масса 1000 зерен [4]. В сравнении с другими элементами структуры урожая данный признак довольно устойчивый. Чем меньше изменяется масса 1000 зерен у сортов, тем выше их экологическая пластичность и приспособленность к местным условиям возделывания [5].

Установлено, что в каждой экологической зоне при выращивании растений одного и того же генотипа формируются разные по урожайным качествам семена. Масса 1000 зерен отображает накопление веществ в зерне, его крупность и считается показателем качества семенного материала, а размер зерна анализируется как элемент, обуславливающий выход муки [1].

Цель данной работы – выяснить возможность использования генетических различий между сортами изучаемой группы по массе 1000 зерен, длине coleoptile, проростков и корешков с учетом разнообразия откликов генотипов на изменения погодных условий в селекции на адаптивность.

Материалы и методы. Исследования проводили в 2017-2021 гг. на базе лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН. Объектом исследования было зерно разного года урожая 8 образцов яровой мягкой пшеницы конкурсного испытания, в том числе 5 сортов, включенных в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Полевые опыты закладывали на первом селекционном севообороте по предшественнику чистый пар в 4-х кратной повторности с учетной площадью делянки, равной 25 м². Посев делянок проводился модернизированной селекционной сеялкой СКС-6-10 с фрикционным высевальным аппа-

ратом на 10 сошников в оптимальные для культуры агротехнические сроки (в зависимости от года 5...11 мая). Норма высева – 450 всхожих семян на м². В качестве стандарта в полевых исследованиях использовали сорт Кинельская нива.

Показатель депрессии (D) массы 1000 зерен рассчитывали как отношение разности значений признака в неблагоприятных и благоприятных условиях к значениям благоприятного года, выраженное в процентах (1):

$$D = \frac{X_{\min} - X_{\max}}{X_{\max}} * 100\%, \quad (1)$$

где D – депрессия признака масса 1000 зерен, %; X min – минимальное значение признака в неблагоприятный год; X max – максимальное значение признака в благоприятный год.

Лабораторный анализ проводили методом проращивания семян в рулонах фильтровальной бумаги по ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Для анализа брали 4 рабочие пробы по 100 семян. На двух слоях увлажненной бумаги размером 10x100 см (±2 см) раскладывали одну пробу семян зародышами вниз по линии, проведенной на расстоянии 2-3 см от верхнего края листа. Сверху семена накрывали полоской увлажненной бумаги такого же размера, затем полосы неплотно сворачивали в рулон и помещали в вертикальном положении в растильню, проращивали при температуре 22 °С в течение 7 суток, а затем измеряли длину корешков, coleoptиле и проростков с точностью до 0,1 см.

Метеорологические условия вегетационного периода и этапа формирования зерна определенного года урожая имели существенные различия по годам и практически охватывали весь спектр наблюдаемого разнообразия условий за последнее десятилетие. Урожай зерна 2017 года был получен в наиболее благоприятных условиях, с максимальными значениями продуктивности культуры за последние два десятилетия. 2018-2021 гг. были засушливые, но отличались друг от друга и от многолетней нормы как по выпавшим осадкам за вегетацию, так и по температурному режиму. Гидротермический коэффициент увлажнения (ГТК) имел значения: 2018 год – 0,51, 2019 г. – 0,48, 2020 г. – 0,52, 2021 г. – 0,39, что существенно ниже многолетней нормы – 0,73 и показателей 2017 года – 1,04.

Вегетационный период 2017 года характеризовался тем, что после посева в оптимальные сроки установилась наиболее благоприятная для развития растений погода с температурой воздуха в мае 13,8 °С и в июне – 16,5 °С, что несколько ниже климатической нормы и с существенным преобладанием осадков за эти месяцы: май – плюс 37,4 мм к норме 33 мм, июнь – дополнительно 90,8 к норме 39 мм. Фазы формирования и налива зерна проходили при дефиците атмосферных осадков (июль – минус 24,6 мм от нормы 44) и близким к многолетним значениям среднесуточной температуре воздуха – 20,9 °С. Сухой и жаркий август (выпало всего 1,3 мм осадков и температура 21,4 °С) создали благоприятные условия для уборки урожая во второй декаде месяца.

Начальный период роста и развития растений (май-июнь) 2018 года сопровождался прохладной погодой и дефицитом осадков. Основное количество осадков выпало во второй-третьей декадах июля, что оказало положительное влияние на налив зерна. Средняя температура воздуха за вегетацию составила 19,8 °С, что немного выше среднемноголетнего значения (18,1 °С), выпало 124,7 мм осадков при климатической норме в регионе 163 мм.

Вегетация яровой пшеницы в 2019 году проходила в засушливых (острозасушливых – июнь) условиях. Начальный период роста и развития растений, включая фазы колошения и цветения (третья декада мая и июнь) сопровождалась повышенными тем-

пературами воздуха и дефицитом осадков, за данный период выпало всего около 12 мм осадков. Осадки июля и первой декады августа немного выправили положение и положительно повлияли на налив зерна пшеницы.

Вегетационный период 2020 года проходил в условиях летней засухи. Начальный период роста растений сопровождался небольшими осадками и теплой погодой. В первой половине июня выпала месячная норма осадков (45,2 мм). В дальнейшем вегетация проходила в достаточно жестких засушливых условиях. Осадки третьей декады июля (15,9 мм) оказали положительное влияние на налив зерна и формирование качественных показателей.

Результаты и обсуждение. В лабораторных исследованиях получены экспериментальные данные начального роста растений по таким линейным параметрам, как длина coleoptile, длина проростков и длина корешков 8 сортов яровой мягкой пшеницы селекции Поволжского НИИСС – филиала СамНЦ РАН.

Условиями для дружного прорастания зерна принято считать главным образом наличие влаги, тепла и воздуха, и при оптимальном сочетании параметров данных факторов начинается стадия прорастания. Однако при проведении исследований необходимо также учитывать длительность послеуборочного дозревания зерна, которая в определенной степени обусловлена сортовыми различиями. Для исключения данного эффекта проращивание семян проводилось по истечении не менее 6 месяцев после уборки урожая. После набухания зерновки первым в рост трогается зародышевый корешок, а затем – стебелек, покрытый прозрачным coleoptile – заостренной защитной оболочкой с жесткими стенками, покрывающий появляющийся побег и первые листья. Coleoptile состоит из особых клеток, которые специализируются на быстром растягивании. При этом они не делятся, а только увеличиваются в размерах по мере накопления большего количества воды. Таким образом, чем он длиннее, тем выше потенциал всходов при посеве на большую глубину. У яровой пшеницы по длине coleoptile выделяются три группы: короткоcoleoptильные (менее 4 см), среднеcoleoptильные (от 4 до 6 см) и длинноcoleoptильные (более 6 см). В среднем, за четыре года исследований анализируемые сорта конкурсного испытания по длине coleoptile относились к группе среднеcoleoptильных (таблица 1).

Таблица 1 – Длина coleoptile сортов в лабораторных условиях по годам исследований, 2018-2021 гг.

Table 1 – Coleoptile length of varieties in laboratory conditions by year of study, 2018-2021

Сорт/ Variety	Длина coleoptile (см) по годам урожая/ Coleoptile length (cm) by crop year					C _v , %
	2017	2018	2019	2020	сред- няя/average	
Кинельская нива/ Kinelskaya Niva	3,84	3,79	4,41	4,01	4,01	7,01
Кинельская юбилейная/ Kinelskaya Yubileynaya	3,71	4,16	3,99	4,54	4,10	8,47
Кинельская 59/ Kinelskaya 59	4,02	3,71	4,38	4,09	4,05	6,79
Кинельская 2010/ Kinelskaya 2010	4,38	4,49	5,50	4,54	4,73	10,99
Кинельская отрада/ Kinelskaya Otrada	4,18	4,13	4,66	4,36	4,33	5,53
Кинельская волна/ Kinelskaya Volna	4,62	4,07	4,50	4,81	4,50	6,97
Эритроспермум 4144/ Erythrospermum 4144	4,37	4,00	4,74	4,43	4,39	6,92
Эритроспермум 4146/ Erythrospermum 4146	4,17	3,97	4,59	4,30	4,26	6,10
Средняя по сортам/ Average by variety	4,16	4,04	4,60	4,38	4,30	
C _v , %	7,20	5,99	9,38	5,86		

* C_v – коэффициент вариации/ variation coefficient

Наибольшая средняя длина coleoptile изучаемых сортов наблюдалась в 2019 году и составила 4,60 см, наименьшая в 2018 году – 4,04 см. Таким образом, можно отметить, что данный показатель в среднем по годам урожая имеет незначительный уровень вариабельности. Небольшие отличия отмечены и по средним значениям сортов в опыте. Следует отметить, что сорт Кинельская нива в исследованиях за 4 года показал самые низкие значения длины coleoptile – 4,01 см. При этом за два первых года значения показателя характеризовали сорт как короткоcoleoptильный. Относительно более высокие значения длины coleoptile отмечены у сорта Кинельская 2010 – 4,73 см. данный сорт показал и наибольшее варьирование признака по годам ($C_v = 10,99\%$). Однако, несмотря на незначительные расхождения средних значений признака по сортам, с учетом засушливых условий региона исследований, приводящих к быстрой потере влаги в верхнем слое почвы, можно условно рекомендовать в производственных условиях установить следующую очередность посева обследованных сортов вслед за поэтапным увеличением глубины заделки семян от минимальных 3...4 до максимально допустимых 6...8 см. Ранний посев с мелкой глубиной заделки семян (3...4 см) – Кинельская нива и Кинельская 59. По мере высыхания верхних слоев почвы и увеличения глубины заделки семян (4...5 см) – Кинельская юбилейная, Кинельская отрада. Для наиболее поздних сроков сева предпочтительнее использовать сорт Кинельская 2010, который в лабораторных условиях показал максимальную длину coleoptile – 5,5 см – при изучении зерна урожая 2019 года.

Не менее важным признаком, характеризующим потенциал начального роста растений, является длина проростков на начальных этапах развития растения. За годы исследований средняя длина проростков изучаемых сортов составила 9,71 см (таблица 2).

Таблица 2 – Длина проростков в лабораторных условиях, 2018-2021 гг.

Table 2 – Sprout length under laboratory conditions, 2018-2021

Сорт / Variety	Длина проростков (см) по годам урожая / Sprout length (cm) by crop year					$C_v, \%$
	2017	2018	2019	2020	средняя/average	
Кинельская нива/ Kinelskaya Niva	7,48	8,05	9,62	8,20	8,34	10,91
Кинельская юбилейная/ Kinelskaya Yubileynaya	9,79	13,59	10,44	12,75	11,64	15,60
Кинельская 59/ Kinelskaya 59	9,51	11,14	11,30	10,44	10,60	7,70
Кинельская 2010/ Kinelskaya 2010	8,27	10,07	10,17	9,83	9,59	9,27
Кинельская отрада/ Kinelskaya Otrada	8,21	9,23	10,09	9,04	9,14	8,44
Кинельская волна/ Kinelskaya Volna	8,71	9,52	9,59	10,55	9,59	7,85
Эритроспермум 4144/ Erythrospermum 4144	7,91	8,95	11,51	9,05	9,36	16,32
Эритроспермум 4146/ Erythrospermum 4146	7,93	8,69	11,11	9,98	9,43	14,90
Средняя по сортам/ Average by variety	8,48	9,91	10,48	9,98	9,71	
C_v по сортам/ C_v by variety, %	9,52	17,73	7,13	13,74		

Наиболее высокие значения признака – 10,48 см – отмечены у образцов, выращенных из зерна урожая 2019 года. При этом большинство сортов имели длину проростков на уровне 10,0...11,5 см. Минимальные значения признака (7,5...9,8) отмечены при изучении сортов, выращенных из зерна, полученного в благоприятных условиях вегетационного пе-

риода 2017 года. Также необходимо обратить внимание на то, что размах варьирования длины проростков изучаемых сортов в определенной степени зависел от условий созревания зерна (год урожая), о чем свидетельствуют данные коэффициента вариации признака по сортам в условиях определенного года. Минимальное значение коэффициента вариации (7,13 %) признака длина проростков составило при изучении зерна урожая 2019, а максимальное (17,73 %) – 2018 года. Эти значения свидетельствуют о различной реакции сортов на одинаковые условия формирования и созревания зерновок, проявляющиеся в последующем на свойствах начального роста растений. Важными и информативными являются также средние показатели длины проростков по сортам. С учетом засушливых и жарких условий региона исследований, где часто наблюдается интенсивное нарастание температуры воздуха весной уже в начальные фазы развития ранних зерновых культур, способствующее прогреванию поверхности почвы в дневные часы до 58 °С [3], важным является быстрое смыкание междурядий. Принимая во внимание, что в некоторые годы оптимальные сроки сева вписываются в интервалы от трех до пяти дней на определенных участках и микроразнообразиях, особо ценным считается наличие сортов с быстрым начальным ростом надземной части. В исследованиях наибольшую среднюю длину проростков за годы изучения показали сорта Кинельская юбилейная (11,64) и Кинельская 59 (10,60 см). Следует отметить, что данные сорта имеют широкое распространение в Средневолжском и Уральском регионах, в частности – засушливых регионах Оренбургской области и Республики Башкортостан.

Для зоны проведения исследований и схожих по климатическим (засушливым) условиям регионов быстрое развитие корневой системы на начальных этапах развития растений часто является одним из главных факторов получения дружных всходов и высокой полевой всхожести. В исследованиях средняя длина корешков изучаемых сортов за годы исследований составила 9,85 см (таблица 3).

Таблица 3 – Длина корешков в лабораторных условиях, 2018-2021 гг.

Table 3 – Stub length in laboratory conditions, 2018-2021

Сорт/ Variety	Длина корешков (см) по годам урожая/ Stub length (cm) by crop year					C _v , %
	2017	2018	2019	2020	средняя/ average	
Кинельская нива/ Kinelskaya Niva	8,46	7,82	10,68	8,72	8,92	13,82
Кинельская юбилейная/ Kinelskaya Yubileynaya	9,10	11,77	10,24	11,10	10,55	10,93
Кинельская 59/ Kinelskaya 59	10,12	10,27	11,84	10,68	10,73	7,26
Кинельская 2010/ Kinelskaya 2010	10,84	9,54	11,39	10,09	10,47	7,79
Кинельская отрада/ Kinelskaya Otrada	9,27	8,39	7,06	8,84	8,39	11,40
Кинельская волна/ Kinelskaya Volna	11,20	8,77	10,12	10,39	10,12	9,98
Эритроспермум 4144/ Erythrospermum 4144	8,29	9,38	11,44	8,51	9,41	15,27
Эритроспермум 4146/ Erythrospermum 4146	8,86	9,67	12,69	9,64	10,22	16,56
Среднее/ Average	9,52	9,45	10,68	9,75	9,85	
C _v по сортам/ C _v by variety, %	11,39	12,90	15,85	10,01		

При этом необходимо отметить, что средние значения длины корешков по годам отличались незначительно и максимальная разница показателей данного признака урожаев 2018 и 2019 года составила всего 1,23 см. Согласно полученным данным, характеристики зерна урожаев 2017, 2018 и 2020 гг. по длине корешков практически были схожими и особо выделяется только 2019 год. Необходимо обратить внимание на тот факт, что средняя длина корешков изучаемого набора сортов из зерна урожая 2019 года была самой высокой – 10,68 см, но при этом сорт Кинельская отрада в этот год показал минимальное (7,06 см) значение признака за все время исследований. По остальным сортам минимальные значения признака отмечались при анализе зерна урожая 2017 – Кинельская 59, Кинельская юбилейная, Эритроспермум 4144, Эритроспермум 4146 и урожая 2018 года – Кинельская нива, Кинельская волна, Кинельская 2010. Максимальные значения признака сорта показали при анализе зерна первых трех лет испытания: в 2017 году – Кинельская волна, Кинельская отрада, в 2018 – Кинельская юбилейная, в 2019 году оставшиеся пять сортов. Значения 2020 года вписывались в интервалы изменений предыдущих лет. Полученные результаты свидетельствуют о наличии сортовых различий, разнообразии реакции сортов на условия формирования зерновки на материнском растении и различных потенциальных возможностях начального роста корневой системы одного и того же сорта при выращивании в разных условиях.

Для выявления некоторых зависимостей, с учетом того что крупность зерна определенным образом влияет на показатели начального роста растений, так как их питание в этот период осуществляется за счет запасов зерновки, проанализированы данные изучаемых образцов по массе 1000 зерен (таблица 4). Как показывают результаты, масса 1000 зерен является наименее вариабельным признаком в исследованиях. Коэффициент вариации признака по сортам за годы изучения, даже с учетом благоприятных условий вегетационного периода 2017 года, не выходил за пределы 9,1 %.

Таблица 4 – Масса 1000 зерен, выращенных в условиях 2017-2020 гг.

Table 4 – Weight of 1000 grains grown under 2017-2020 conditions

Сорт/ Variety	Масса 1000 зерен по годам, г/ Weight of 1000 grains by year, g					C _v , %
	2017	2018	2019	2020	средняя/average	
Кинельская нива/ Kinelskaya Niva	38,6	33,6	33,8	34,4	35,1	6,72
Кинельская юбилейная/ Kinelskaya Yubileynaya	38,2	33,6	33,6	32,2	34,4	7,61
Кинельская 59/ Kinelskaya 59	42,9	37,0	39,1	41,0	40,0	6,33
Кинельская 2010/ Kinelskaya 2010	37,1	36,3	36,7	34,5	36,2	3,17
Кинельская отрада/ Kinelskaya Otrada	33,4	30,2	32,2	30,8	31,7	4,54
Кинельская волна/ Kinelskaya Volna	39,6	35,6	36,7	35,0	36,7	5,56
Эритроспермум 4144/ Erythrospermum 4144	41,2	36,0	35,5	37,2	37,5	6,89
Эритроспермум 4146/ Erythrospermum 4146	39,4	32,7	34,7	33,1	35,0	8,79
Среднее/ Average	38,8	34,4	35,3	34,8	35,8	
C _v по сортам/ C _v by variety, %	7,29	6,61	6,20	9,10		

Минимальную вариабельность признака показали сорта Кинельская 2010 и Кинельская отрада, однако по средним значениям массы 1000 зерен сорта они имели существенные различия (в среднем за 4 года различия между сортами составили 4,5 г или 14,2 %). В исследованиях сорт Кинельская отрада являлся самым мелкозерным – 31,7 г, а сорт Кинельская 2010 сформировал близкий к средним значениям по опыту массу 1000 зерен. Максимальную крупность зерна за годы исследований показал сорт Кинельская 59 со средним значением – 40,0 г, что присуще большинству современных сортов озимой пшеницы в регионе.

Необходимо отметить, что максимальная масса 1000 зерен была сформирована у всех сортов в условиях благоприятного 2017 года. Однако минимальные значения признака сорта показали в разные годы: в 2018 – Кинельская 59, Кинельская отрада, Кинельская нива, Эритроспермум 4146, в 2019 – Эритроспермум 4144, в 2020 – Кинельская 2010, Кинельская юбилейная и Кинельская волна. Анализ результатов свидетельствует о том, что условия вегетации сильно влияют на сортовую специфику накопления питательных веществ в зерновке и формирование крупности зерна. Таким образом, даже в изучаемом наборе сортов наблюдаем разнообразие генотипов по массе 1000 зерен (средние значения сортов). Однако более ценным в этих исследованиях является разнообразие откликов генотипов на меняющиеся условия среды и в первую очередь здесь необходимо обратить внимание на изменение минимального значения признака сортов по годам исследований. В этом плане информативным является показатель депрессии массы 1000 зерен, рассчитываемый как отношение разности значений признака в неблагоприятных и благоприятных условиях к значениям благоприятного года, выраженное в процентах. Самое низкое значение депрессии массы 1000 зерен в исследованиях отмечено по сорту Кинельская 2010 (-7,0 %), что свидетельствует о высокой стабильности признака в засушливых условиях и это на фоне средних (36,2 г) значений массы 1000 зерен. При этом максимальное значение депрессии массы 1000 зерен $((32,7-39,4) / 39,4 \cdot 100\% = 17,0 \%)$ отмечено у сорта Эритроспермум 4146.

Для выявления зависимости показателей начального роста растений от массы 1000 зерен проведен корреляционный анализ. Полученные данные по опыту свидетельствуют о невысоких значениях корреляционных связей между признаками. Зависимость признака длина корешков от массы 1000 зерен в исследованиях по всем сортам и годам (32 наблюдения) составила $r = 0,127$, длина проростков – $r = -0,249$ и длина coleoptile – $r = -0,071$. Однако в разрезе сортов имеются определенные различия, но с учетом малого количества наблюдений (4 года) по каждому сорту можно отметить только некоторые тенденции для использования в дальнейших исследованиях. По длине проростков получена отрицательная корреляционная зависимость от массы 1000 зерен по каждому сорту, и эта зависимость составляет от -0,412 до -0,890, по длине coleoptile – от -0,884 до 0,443 и по длине корешков – от -0,822 до 0,672 в зависимости от сорта.

Выводы. Анализ результатов исследований свидетельствует не только о генетических различиях между сортами изучаемой группы по массе 1000 зерен, но и по разнообразию их откликов на изменения условий формирования и налива зерна. При этом отмечается, что условия после колошения в последующем влияют на такие параметры начального роста растения, как длина проростков и длина корешков, и незначительно на длину coleoptile. Генетические различия длины coleoptile исследованных сортов необходимо изучить в полевых опытах и использовать для ранжирования сроков сева. Для раннего сева с мелкой глубиной (3...4 см) заделки семян рекомендуется использовать сорта Кинельская нива и/или Кинельская 59, а для более поздних сроков сева предпочтительнее иметь сорт Кинельская 2010, который в лабораторных условиях формировал coleoptile с самой высокой средней длиной за годы испытания – 5,5 см.

В условиях изменения климата и быстрого нарастания температурного фона в послепосевной период особую актуальность приобретают сорта с интенсивным начальным ростом. Сорт Кинельская юбилейная имеет темп начального роста длины проростков на 20 % выше среднего значения по опыту и почти на 40 % превышает показатели широко распространенного в Самарской области сорта Кинельская нива, это необходимо учитывать как в селекционной практике, так и в сфере аграрного производства.

Библиографический список

1. Амунова О. С. Влияние метеоусловий превегетации на урожайность и урожайные качества семян мягкой яровой пшеницы // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. № 20 (5). С. 437-446.
2. Влияние длины coleoptilia и глубины посева на урожайность яровой тритикале / Г. А. Мефодьев, Л. Ш. Шашкаров, А. Н. Александрова, С. Л. Толстова // Вестник Казанского ГАУ. 2019. № 1 (52). С. 40-45.
3. Кинчаров А. И., Демина Е. А. Анализ и краткосрочный прогноз изменения климатических условий в адаптивной селекции яровых зерновых // Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 1. С. 23-30.
4. Левакова О. В., Банникова М. А. Анализ генетических источников ценных признаков сортов озимой мягкой пшеницы в целях создания исходного материала // Аграрная наука. 2019. № 7-8. С. 38-40.
5. Левакова О. В., Жаркова Е. Д. Влияние массы 1000 зерен на урожайность и качество зерна озимой пшеницы разных групп спелости в Рязанской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2022. № 3. С. 22-25.
6. Сидоров А. В., Федосенко Д. Ф. Результаты селекции яровой пшеницы на увеличение числа и степени развития зародышевых корней // Вестник КрасГАУ. 2015. № 3 (102). С. 77-82.
7. Юсова О. А., Горбунова М. П., Ларионов Ю. С. Анализ корреляционных связей длины coleoptilia с основными элементами продуктивности и урожайностью сортов яровой твердой пшеницы // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2011. № 1 (1). С. 15-19.
8. Coleoptile length comparison of three winter small grain cereals adapted to the Great Plains / A. Alam, M. Kashif [et al.] // Cereal Research Communications. 2022. No 50. P. 127-136. DOI: 10.1007/s42976-021-00151-3.
9. Effect of GA-sensitivity on wheat early vigor and yield components under deep sowing / A. Amram, A. Fadida-Myers, G. Golan, K. Nashef, R. Ben-David, Z. Peleg // Frontiers in plant science. 2015. No 6. P. 487.
10. Genome-Wide Association Study Uncovers Novel Genomic Regions Associated With Coleoptile Length in Hard Winter Wheat / J. S. Sidhu [et al.] // Frontiers in Genetics. 2020. No 10. P. 1345.
11. Mohan A., Schillinger W. F., Gill K. S. Wheat Seedling Emergence from Deep Planting Depths and Its Relationship with Coleoptile Length // PLoS ONE. 2013. No 8 (9). e73314.
12. Use of a large multiparent wheat mapping population in genomic dissection of coleoptile and seedling growth / G. J. Rebetzke [et al.] // Plant Biotech Journal. 2014. No 12. P. 219-230.

Информация об авторах:

Кинчаров Александр Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, директор, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная д. 76), ORCID 0000-0001-5492-8582, тел. 8 (84663) 46-2-43, e-mail: kincharov_ai@mail.ru

Кинчарова Марина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории инновационных технологий в сфере селекции, семеноводства и семеноведения, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная д. 76), ORCID 0000-0002-1987-8708, e-mail: potatolab@mail.ru

Дёмина Елена Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией селекции и семеноводства яровой пшеницы, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная д. 76), ORCID 0000-0002-4470-8022, elena_pniiss@mail.ru

Таранова Татьяна Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная д. 76), ORCID 0000-0003-3090-8549, tatyana_0710.88@mail.ru

Чекмасова Кристина Юрьевна, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства яровой пшеницы, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова (446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная д. 76), ORCID 0000-0002-2156-2075, kristina.chekmasova@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20

ANALYSIS OF CHANGES IN THE MAIN CLIMATIC INDICATORS IN THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF KALMYKIA OVER A LONG-TERM PERIOD

G. N. Konieva, V. I. Ivanova, M. G. Aduchieva

*Kalmyk Branch, Kostyakov All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering
and Land Reclamation, Elista, Russia*

Received 17.02.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

The article presents the main climatic characteristics (annual air temperature and precipitation) of the weather stations of the Republic of Kalmykia. The dynamics of average annual air temperatures, total annual precipitation, and their linear trends indicate a steady warming trend.

Abstract

Introduction. Plant growth and development are under the constant influence of the environment. The characteristic climate feature of the Kalmyk republic is the shortage of the precipitation and its uneven distribution with significant fluctuation by years and regions. The change in average annual air temperature and the amount of precipitation is unequal in different regions of Kalmykia. In this regard, the study of regional manifestations of climate change makes special sense, since the more we take into account the relationship between the organisms and external environment, the better we can influence on the environment, providing and regulating necessary conditions for organisms. **An object.** Long-term series of observations of the main climatic characteristics (average annual air temperatures and precipitation amounts) of the Republic of Kalmykia to identify trends in change and their impact on vegetation development. **Materials and methods.** The calculation of quantitative climate indicators for the territory of the Republic of Kalmykia for the period 1960-2022 is based on the use of arrays of data on average annual air temperatures and precipitation amounts. The study was carried out at 5 meteorological stations: “Gorodovikovsk”, “Elista”, “Malye Derbety”, “Yashkul” and “Lagan”. The changes in average annual air temperature and atmospheric precipitation for each meteorological station separately are estimated in the article. The consistency of changes in the studied characteristics was estimated with the help of correlation, statistical and variance analyses. **Results and conclusion.** On Kalmyk territory, located in the arid zone, worldwide rise in average annual air temperature and decrease in total annual precipitation for a period over 60 years has been one of the factors, leading to further climate aridization and land desertification. For the studied period the air temperature has increased by 1,7...2,6°C according to 5 meteorological stations. The amount of atmospheric precipitation in the territory varies widely: in Gorodovikovsk 300...750 mm of precipitation falls per year, in Elista and Malye Derbety – 130...490 mm, in drier regions (Lagan, Yashkul keep on level 70...390 mm). In Kalmykia, in general, steady trends are revealed: positive for average annual air temperature and nega-

tive for annual amount of atmospheric precipitation. The results of statistical analysis of average long-term characteristics of annual air temperature and the amount of rainfall according to meteorological stations are presented in the article.

Key words: arid climate, air temperature, precipitation, long-term changes, trends, anomalies, global warming, vegetation.

Citation: Konieva G. N., Ivanova V. I., Aduchieva M. G. Analysis of changes in the main climatic indicators in the territory of the Republic of Kalmykia over a long-term period. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 177-184 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20.

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

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

УДК 631.92

АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЙ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЛМЫКИЯ ЗА МНОГОЛЕТНИЙ ПЕРИОД

Г. Н. Кониева, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

В. И. Иванова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

М. Г. Адучиева, аспирант, младший научный сотрудник

Калмыцкий филиал Russia «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова», г. Элиста, Россия

Дата поступления в редакцию 17.02.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Рост и развитие растений протекают под постоянным воздействием окружающей среды. Характерной особенностью климата Республики Калмыкия является недостаточное количество осадков и неравномерное их распределение при значительном колебании по годам и районам. Изменение средней годовой температуры воздуха и сумм осадков неодинаково в различных районах Калмыкии. Поэтому необходимо изучать изменения климатических параметров, так как при учете взаимосвязи между организмами и внешней средой, эффективнее сможем воздействовать на окружающую среду, создавая и регулируя условия, которые необходимы для развития растительности. **Объект.** Многолетние ряды наблюдений основных климатических характеристик (среднегодовых температур воздуха и сумм атмосферных осадков) Республики Калмыкия и их влияние на развитие растительности. **Материалы и методы.** В работе представлены данные количественных показателей климата для территории Республики Калмыкия за период 1960-2022 гг., выполненные на основе использования массивов данных по среднегодовым температурам воздуха и сумм осадков. Исследование выполнено на 5 метеорологических станциях: «Городовиковск», «Элиста», «Малые Дербеты», «Яшкуль» и «Лагань». В статье представлены анализ, динамика по среднегодовой температуре воздуха и атмосферных осадков для каждой из метеорологических станций в отдельности. Согласованность изменений исследуемых характеристик оценивалась с помощью корреляционного, статистического, дисперсионного анализов. **Результаты и выводы.** Результаты исследований показали, что в аридной зоне Республики Калмыкия повышение показателей среднегодовых температур воздуха и уменьшение количества сумм годовых осадков за период более 60 лет приводит к значимому усилению аридизации климата и опустыниванию засушливых земель. За исследуемый период температура воздуха возросла на 1,7...2,6°C по данным 5 метеорологических станций. Количество атмосферных осадков по территории изменяется в широких пределах: в Городовиковске за год выпадает 300...750 мм осадков, в Элисте и Малых Дербетах – 130...490 мм, в более засушливых районах (Лагань, Яшкуль) держатся на уровне 70...390 мм. В Республике Калмыкия в целом выявлены устойчивые тренды: положительный по среднегодовой температуре воздуха и отрицательный – по годовой сумме атмосферных осадков. В статье представлены результаты статистического анализа среднелетних характеристик годовых температур воздуха и сумм осадков по метеостанциям.

Ключевые слова: аридный климат, температура воздуха, атмосферные осадки, многолетние изменения климата, глобальное потепление.

Цитирование. Кониева Г. Н., Иванова В. И., Адучиева М. Г. Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 177-184. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-20.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исследования климатических условий проводятся не только в глобальном масштабе, но и на региональном уровне. Изучение условий среды и характера реакции растений на изменения климатических показателей необходимы для правильной, плановой организации сельскохозяйственного производства, а также определения степени угрозы вредных для сельского хозяйства явлений погоды [1, 3-5, 11].

Метеорологические условия региона оказывают большое влияние на рост и развитие, урожайность сельскохозяйственных культур. Все сельскохозяйственные культуры различаются по потребностям в тепле, свете, влаге. Все растения нуждаются в умеренном количестве влаги, так как при ее недостатке растения истощаются, а при избытке – нарушается процесс поступления кислорода к корням растений [2, 10, 15].

Республика Калмыкия расположена на юго-востоке европейской части России. Площадь территории – 75,9 тыс. км². Большая часть территории Калмыкии занята низменностью, а меньшая – западная – заполнена отрогами возвышенностей. Метеорологические условия сельскохозяйственных угодий складываются под влиянием различных факторов, действия которых отличаются.

Взаимодействие внешних и местных факторов создает своеобразие климата, который характеризуется засушливостью, резкой континентальностью, большим дефицитом влаги, суховеями [12-14].

Почвы Калмыкии постепенно переходят от предкавказских черноземов на юго-западе, каштановых с преобладанием светло-каштановых солонцовых комплексов сухих степей – в центре, до бурых почв полупустыни на востоке.

Возделывание полевых культур в основном сосредоточено на почвах, обладающих рядом отрицательных свойств: содержанием вредных солей, трудной обработкой, подверженностью эрозии и т.д. Эти отрицательные свойства почв в соединении с неблагоприятными проявлениями климата предъявляют сложные требования к системе земледелия (севообороты, система обработки почв, система удобрений и т.д.), которые должны строиться строго с учетом почвенно-климатических особенностей каждой отдельной зоны республики [6-9].

Материалы и методы. В исследованиях по влиянию климатических изменений на развитие растительности использованы два метеорологических фактора: температура воздуха и атмосферные осадки. В работе представлены фактические данные по мониторингу климатических изменений Института глобального климата и экологии Росгидромета и РАН, главной геофизической обсерватории имени А. И. Воейкова, Всероссийского научно-исследовательского института гидрометеорологической информации. В качестве источника данных использованы ERA5, атмосферный реанализ глобального климата пятого поколения ECMWF. Статистическую обработку материала проводили методами корреляционного, дисперсионного анализа.

В работе представлены данные количественных показателей климата для территории Республики Калмыкия за период 1960-2022 гг., выполненные на основе использования массивов данных по среднегодовым температурам воздуха и сумм осадков.

Исследование выполнено на 5 метеорологических станциях по продолжительным рядам данных наблюдений на станциях «Городовиковск» (46°09' с.ш., 41°93' в.д.), расположенной в степной зоне республики Калмыкия, «Элиста» (46°31' с.ш., 44°26' в.д.) – в сухостепной зоне, «Малые Дербеты» (47°95' с.ш., 44°68' в.д.) – на севере республики, в полупустынной ее части, а метеостанции «Яшкуль» (46°17' с.ш., 45°34' в.д.) и «Лагерь» (45°39' с.ш., 47°37' в.д.) – в засушливой части пустынной территории республики, отличающейся резко континентальным климатом.

Оценка развития климатических изменений была проведена по таким показателям, как среднегодовые температуры воздуха, сумма положительных и отрицательных годовых температур, температурные экстремумы, годовое количество осадков, тренды, аномалии.

Результаты и обсуждение. По данным метеорологических станций Республики Калмыкия проведен анализ региональной изменчивости среднемноголетних характеристик годовых температуры воздуха и сумм осадков за период 1960-2022 гг.

Динамика среднегодовой температуры за 1979-2021 годы по метеорологическим станциям «Малые Дербеты» и «Лагерь» (рисунок 1) показывает наличие в развитии многолетних среднегодовых температур достаточно четко выраженных периодов. Температурные изменения в направлении с севера на юг подчиняются закономерностям широтной зональности. На метеорологической станции «Малые Дербеты», севера Калмыкии, средняя годовая температура составляет от 6,7...7,7 °С (1987, 1993 гг.) до 11,2...11,3 °С (2010, 1995, 2020, 2021 гг.), на южной метеостанции «Лагерь» – до 9,3...9,5 °С (1993, 1987 гг.) – 12,4...13,0 °С (1995, 2010, 2020 гг.), различие между годовыми температурами севера и юга достигает 1,7...2,6 °С за счет зимних температур. На севере республики зимний период более суровый и продолжительный, а летний – менее жаркий, чем на юге. При продвижении с севера на юг климатические условия становятся более теплыми и менее континентальными, так как температура самого холодного месяца уменьшается. Среднегодовые температуры воздуха на остальных метеорологических станциях колеблются незначительно: от 8,5 °С до 12,6 °С («Городовиковск» и «Яшкуль»), от 7,8 °С до 11,9 °С («Элиста»).

Данные температуры воздуха для каждого года наблюдений аппроксимировались величиной линейного тренда. Показано, что среднемноголетние значения амплитуд годовых колебаний для всех метеостанций региона имеют тенденцию к повышению. Наибольшие изменения среднегодовой температуры воздуха в рассматриваемый период наблюдались особенно в северной части республики.

Аномалия температуры – это отклонение температуры данного места (широта и долгота) от соответствующей многолетней температуры. Анализ временных рядов температурных индексов показывает, что временной ряд вписывается в наблюдаемую климатическую тенденцию потепления.

Показано, что число лет с высокими температурами заметно возрастает. Этот рост начинается в 2000-х годах. Заметные положительные аномалии наблюдались в 2010...2021 годах и составляли 1,2...1,7 по данным метеостанции «Лагерь» и 1,7...1,9 – «Малые Дербеты», где местами отмечены экстремальные среднемесячные температуры воздуха.

В результате многолетних наблюдений за годовыми атмосферными осадками установлена величина их изменений. На рисунке 2 приводятся показатели климата по пяти рядам метеорологических станций. Уменьшение количества осадков прослеживается в каждом ряду метеостанций. Количество атмосферных осадков по территории изменяется в широких пределах. Например, в Городовиковске за год выпадает 300...750 мм осадков, в Элисте и Малых Дербетах – 130...490 мм. В то же время в более засушливых районах (Лагерь, Яшкуль) держатся на уровне 70...390 мм (рисунок 2).

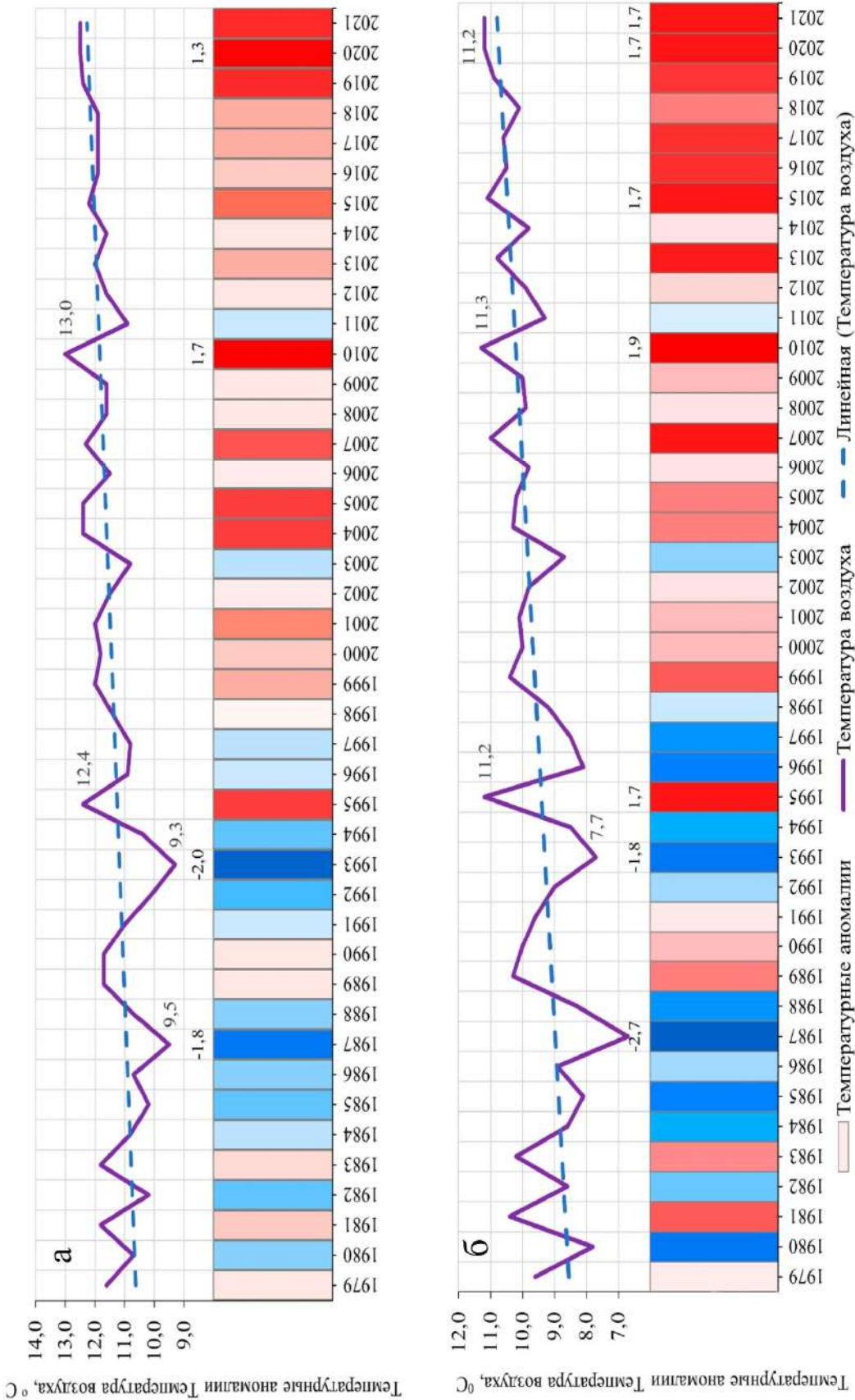


Рисунок 1 – Температурные условия в разных частях Калмыкии (а – Логань, б – Малые Дербеты)

Figure 2 – Temperature conditions in different parts of Kalmykia (a – Lagan, b – Malyye Derbety)

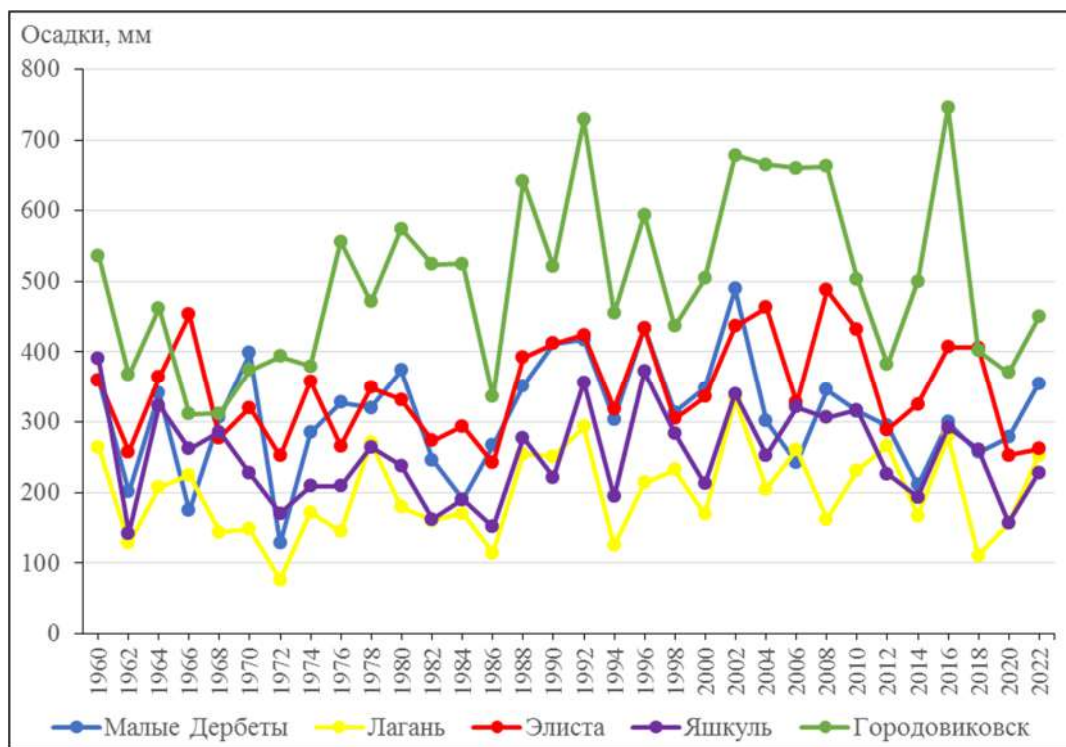


Рисунок 2 – Среднегодовое количество осадков по метеостанциям Калмыкии

Figure 2 – Average annual precipitation by weather stations of Kalmykia

Анализ динамики суммарных атмосферных осадков исследуемого периода для метеостанции Городовиковск показал, что процессу формирования увлажненности территории Калмыкии свойственны следующие годы: 1992 г. – атмосферные осадки составили 729,0 мм, аномалия – 155,1 мм; 2016 г. – 746,0 мм, аномалия – 133,8 мм, что соответствовало обеспеченности осадков до 9 %.

А также наблюдались годы с наименьшим количеством выпавших осадков: в 1986 году – 336,0 мм (аномалия – -124,7 мм), в 2020 году – 371,0 мм (аномалия – -209,9 мм), что соответствовало обеспеченности осадков от 82 до 91 %. По данным остальных метеостанций имело место наличие равномерных аномальных отклонений.

Приводятся статистические характеристики годовой температуры воздуха и осадков по данным всех метеостанций. Амплитуда среднегодовых колебаний температур воздуха меняется от $9,48 \pm 0,01$ °C до $11,12 \pm 0,01$ °C за весь рассматриваемый период, с стандартным отклонением – $0,06 \dots 0,40$ °C и коэффициентом вариации – $0,52 \dots 3,73$.

Среднемноголетние значения годовых сумм атмосферных осадков по метеостанции «Городовиковск» ($509,69 \pm 22,44$ мм) больше, по сравнению с метеостанцией «Лагань» ($218,83 \pm 6,63$ мм), а также «Малые Дербеты», «Яшкуль», «Элиста», разброс значений этой характеристики составил $266,83 \pm 12,50 \dots 366,86 \pm 11,98$ мм ($\sigma = 69,63 \dots 99,23$ мм, $C_v = 21,13 \dots 37,19$) (таблица 1).

Климатические, эдафические, антропогенные факторы довольно тесно взаимосвязаны друг с другом. Изменение одного из факторов влечет за собой изменение других. Воздействие пастбищной нагрузки и сезонные, погодные инверсии влияют на те, или иные показатели отдельных растительных сообществ. Различное воздействие осадков на растения зависит от фазы их развития, состояния культур, интенсивности и продолжительности самих осадков.

Таблица 1 - Статистические данные среднегодовых климатических показателей
по метеостанциям Республики Калмыкия

Table 1 - Statistical data of average annual climatic indicators for weather stations
of the Republic of Kalmykia

Метеостанции	Среднегодовые показатели	σ	C_v
Температура воздуха			
Малые Дербеты	9,48±0,01	0,06	0,61
Лагань	11,12±0,01	0,06	0,52
Элиста	9,79±0,04	0,30	3,06
Яшкуль	10,74±0,03	0,25	2,34
Городовиковск	10,71±0,05	0,40	3,73
Атмосферные осадки			
Малые Дербеты	329,53±8,77	69,63	21,13
Лагань	218,83±6,63	52,65	24,06
Элиста	366,86±11,98	95,08	25,92
Яшкуль	266,83±12,50	99,23	37,19
Городовиковск	509,69±22,44	178,13	34,95

Примечание: $M \pm m$ – среднее арифметическое $\pm$ стандартная ошибка среднего; σ – среднее квадратическое отклонение; C_v – коэффициент вариации.

Видовой состав растительности Калмыкии меняется с запада и северо-запада на восток и юго-восток в соответствии с нарастанием летних температур, сухостью климата и неблагоприятным для растений балансом влаги. Ботанический состав растительности, урожайность, кормовое значение и ритм сезонного развития складываются в зависимости от почвенных, гидрологических, геоморфологических и хозяйственных условий.

Выводы. С помощью анализа основных климатических характеристик (годовая температура воздуха и количество осадков) и их временных колебаний можно получить актуальные данные, необходимые для обоснования мелиоративных мероприятий.

Представленный анализ динамики среднегодовых температур и суммарных годовых осадков, и их линейных трендов по различным метеостанциям Калмыкии позволяют сделать выводы об устойчивой тенденции к потеплению. Изменения климатических условий показывают значимое усиление аридизации территории, так как наблюдаемый прирост температур воздуха не сопровождается соответствующим увеличением атмосферных осадков.

Библиографический список

1. Аграрный сектор в контексте глобального изменения климата / С. В. Шайтура, Л. В. Сумзина, Н. Г. Томашевская, С. Л. Филимонов, А. М. Минитаева // Вестник курской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. С. 18-24.
2. Влияние изменения климата на размещение отраслей сельского хозяйства России / Н. М. Светлов, С. О. Сиптиц, И. А. Романенко, Н. Е. Евдокимова // Проблемы прогнозирования. 2019. № 4 (175). С. 59-74.
3. Глобальное изменение климата и его последствия / Л. В. Бондаренко, О. В. Маслова, А. В. Белкина, К. В. Сухарева // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2018. № 2. С. 84-93.
4. Джавадов Н. Г., Алиев Б. Г., Атабабаев Э. Р. Причины глобального потепления и его влияние на опустынивание // Вестник Азербайджанской инженерной академии. 2021. № 1. С. 115-125.
5. Катцов В. М. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Санкт-Петербург, 2022. 124 с.
6. Кониева Г. Н., Иванова В. И. Особенности сезонного развития пастбищных угодий Яшалтинского района Калмыкии // Научная жизнь. 2022. Т. 17. № 1. С. 26-32.

7. Кони́ева Г. Н. Природные особенности степного пояса Республики Калмы́кия // Вестник мелиоративной науки. 2021. № 3. С. 31-35.
8. Лазарева В. Г., Бананова В. А., Нгуенг Ванг Зунг Влияние современных колебаний показателей климата на растительный покров Северо-Западного Прикаспия // Материалы XI заочной научно-практической конференции с международным участием. Элиста, 2022. С. 12-15.
9. Маштыков К. В., Дедова Э. Б. Мониторинг пасквальной дигрессии пустынной зоны республики Калмы́кия // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. 2020. № 1 (40). С. 47-52.
10. Огнивцев С. Б. Направления и механизмы стратегии адаптации сельского хозяйства России к климатическим изменениям // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2019. № 10 (50). С. 11-18.
11. Шарко Е. Р. Влияния изменений климата на сельское хозяйство в регионах Российской Федерации // Теоретическая и прикладная экономика. 2022. № 1. С. 11-24.
12. 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. 2020. № 7. С. 270-275.
13. Шумова Н. А. Анализ климатических условий в Республике Калмы́кия за 1966-2017 гг. // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 3 (84). С. 23-29.
14. Impact of Heat Resources on Rice Productivity in the Sarpinsky Lowland" / E. B. Dedova, G. N. Konieva, V. V. Borodychiev, R. M. Shabanov, A. A. Dedov, V. I. Ivanova, T. N. Mandzhieva // In International scientific and practical conference "AgroSMART - Smart solutions for agriculture". 2019. Pp. 281-286.
15. Ksenofontov M. Y., Polzikov D. A. On the issue of the impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long term // Studies on Russian Economic Development. 2020. No 31. № 3. Pp. 304-311.

Информация об авторах:

Кони́ева Галина Нага́шевна, ведущий научный сотрудник Калмы́цкого филиала «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (358011, Калмы́кия, г. Элиста, пл. Городовикова, 1), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: 0000-0002-6965-5967, тел. 8 (84722) 38347, konieva.g@yandex.ru

Иванова Вера Ивановна, старший научный сотрудник Калмы́цкого филиала «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (358011, Калмы́кия, г. Элиста, пл. Городовикова, 1), кандидат биологических наук, ORCID: 0000-0002-5852-5753, тел. 8(84722) 38347, v_bambeeva@mail.ru

Адучиева Марианна Грачевна, младший научный сотрудник Калмы́цкого филиала «Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова» (358011, Калмы́кия, г. Элиста, пл. Городовикова, 1), аспирант, ORCID: 0000-0002-7818-4984, тел. 8(84722) 38347, marianna.zakarian@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-21

RESULTS OF THE EXTENDED MOBILIZATION OF INITIAL MATERIAL FOR SOYBEAN BREEDING IN THE SOUTH OF RUSSIA

T.S. Koshkarova¹, V.V. Tolokonnikov²

¹ *Federal State Budget Scientific Institution «Federal scientific center -
«All-Russian research Institute of oilseeds named after V. S. Pustovoit», Krasnodar*

² *Federal State Budget Scientific Institution
«All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture», Volgograd*

Received 06.03.2023

Submitted 02.05.2023

Summary

The article presents the results on the creation of biologically diverse soybean varieties with different periods of guaranteed ripening, suitable for mechanized harvesting and possessing a complex of morphophysiological features and properties that contribute to the formation of high yield levels. The re-

sults of the research showed that all the studied varieties differed in the degree of manifestation of qualitative traits, and also had a complex of economically valuable traits and could be recommended for use as a starting material for soybean breeding.

Abstract

Introduction. Soybean (lat. *Glycine max*) is an annual plant from the legume family, is one of the main protein and at the same time oilseed crops in world agriculture. Soybean seeds contain 40% amino acid-balanced protein, 20% biologically valuable fat, as well as phytaestrogens and lecithin, which have medicinal properties. In world agriculture, soybean occupies more than 121 million hectares, the average yield in the world is 2.8 t/ha of grain. In our country, the sowing area is 3 million hectares, and the yield does not exceed 1.6 t/ha, since the main agricultural regions of Russia are not provided with natural and climatic conditions favorable for the cultivation of soybeans. In the main regions of the Russian Federation for soybean production - in the Far Eastern and Southern Federal Districts, the average yield varies from 1.2 to 2 t/ha and is largely limited due to the influence of droughts that periodically occur throughout the growing season. **Object.** The object of research is soybean varieties with different maturation periods. **Materials and methods.** The aim of the research was to breed biologically diverse soybean varieties with different periods (101-120 days) of guaranteed ripening, suitable for mechanized harvesting and possessing a complex of morphophysiological features and properties that contribute to the formation of yield levels under irrigation conditions of 3.1-4 t/ha, without irrigation 2-2.5 t/ha of grain with the content of crude protein in seeds up to 40%, fat up to 20%. **Results and conclusions.** The increase in world production of soybean strengthens the state priority of this industry in the Russian Federation. The most important reserve for stable growth in the yield and area under crops of this crop is the acceleration of the introduction of irrigated lands into agricultural circulation, especially in the southern regions.

Key words: Soybean, breeding, varieties, hybridization, productivity, irrigation, breeding nursery.

Citation. Koshkarova T.S., Tolokonnikov V.V. Results of the extended mobilization of initial material for soybean breeding in the South of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 184-191 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-21.

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

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

УДК 631.527.11

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСШИРЕННОЙ МОБИЛИЗАЦИИ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ СОИ НА ЮГЕ РОССИИ

Т. С. КошкарOVA¹, кандидат сельскохозяйственных наук

В. В. Толоконников², доктор сельскохозяйственных наук

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт
масличных культур имени В. С. Пустовойта», г. Краснодар

²Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский
научно-исследовательский институт орошаемого земледелия», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.03.2023

Дата принятия к печати 02.05.2023

Актуальность. Соя культурная (лат. *Glycine max*) – однолетнее растение из семейства бобовых, является одной из основных белковых масличных культур в мировом земледелии. Семена сои содержат 40 % сбалансированного аминокислотами белка, 20 % биологически ценного жира, а также фитоэстрогены и лецитин, которые обладают лечебными свойствами. В мировом земледелии соя занимает более 121 млн га, средняя урожайность в мире – 2,8 т/га зерна. В нашей стране площадь посева составляет 3 млн га, а урожайность не превышает 1,6 т/га, по-

сколькx основные сельскохозяйственные районы России по природно-климатическим условиям не являются благоприятными для возделывания сои. В основных регионах Российской Федерации по производству сои – в Дальневосточном и Южном федеральных округах – средняя урожайность варьирует от 1,2 до 2 т/га и во многом ограничивается из-за влияния засух, периодически возникающих на протяжении всего вегетационного периода. **Объект.** Объектом исследований являются сортообразцы сои с различными сроками созревания. **Материалы и методы.** Целью исследований являлось выведение биологически разнотипных сортов сои с различными сроками (101-120 дней) гарантированного созревания, пригодных для механизированной уборки и обладающих комплексом морфобиологических признаков и свойств, способствующих формированию уровней урожайности в условиях орошения 3,1-4 т/га, без орошения – 2-2,5 т/га зерна с содержанием в семенах сырого протеина до 40 %, жира – до 20 %. **Результаты и выводы.** Увеличение мирового производства сои усиливает государственный приоритет этой отрасли в Российской Федерации. Важнейшим резервом стабильного роста урожайности и площади посева этой культуры является ускорение ввода в сельскохозяйственный оборот орошаемых земель, особенно в южных регионах.

Ключевые слова: соя, селекция сои, сорта сои, гибридизация сои, урожайность сои, орошение сои, селекционный питомник.

Цитирование. Кошкарова Т. С., Толоконников В. В. Результаты расширенной мобилизации исходного материала для селекции сои на Юге России. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 184-191. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-21.

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 южных регионах нашей страны рост урожайности сои сдерживается дефицитом осадков как на протяжении всего вегетационного периода, так и во 2-й его половине, в период наибольшего водопотребления, особенно в Нижнем Поволжье [7, 8, 17]. Значительное увеличение площади посева в районах Центральной России не сопровождается существенным повышением средней урожайности, поскольку продвижение такой теплолюбивой культуры, как соя, выше 51-52 °С северной широты ограничивает использование среднеспелых потенциально наиболее урожайных сортов. Значительное распространение менее адаптированных, чем отечественные, сортов иностранной селекции (до 50 %) не способствует рентабельности отечественного соевого производства [23].

Эффективность растениеводства практически по всем культурам достигается в равной степени их селекционным улучшением и совершенствованием агротехнологий. В США подсчитано, что средние значения урожайности сои в мире повышаются с интенсивностью более 25 кг/га зерна в год (1 т/га в 1950 г., 2,5 т/га в 2014 г., и 2,8 т/га в 2022 г.) [22].

Результативность селекции сои тесно связана с поэтапно нарабатываемым и обновленным исходным материалом, опыта селекционера, методов и техники работы. В селекции сои в основном применяют межсортовую, сортолинейную и отдаленную гибридизации, экспериментальный мутагенез и их сочетание, а также прямой повторный отбор из районированных сортов и коллекционных образцов на различных анализирующих как агротехнических, так и экологических фонах [1, 2, 11, 14, 15, 18, 19].

Успехи селекции при прочих равных условиях тем значительнее, чем более значительным разнообразием исходного материала располагает селекционер. Главнейшие достижения советских селекционеров, таких как П. П. Лукьяненко, В. Н. Ремесло, В. С. Пустовойт, П. Ф. Гарькавый, М. И. Хаджинов в значительной мере связаны с изучением огромного количества селекционных номеров на первичных этапах селекции [4, 24].

Целью исследований являлось выведение биологически разнотипных сортов сои с различными сроками (101-120 дней) гарантированного созревания, пригодных для механизированной уборки и обладающих комплексом морфофизиологических признаков и свойств, способствующих формированию уровней урожайности в условиях орошения 3,1-4 т/га, без орошения – 2-2,5 т/га зерна с содержанием в семенах сырого протеина до 40 %, жира – до 20 %.

Материалы и методы. В рабочей коллекции ФГБНУ ВНИИОЗ мобилизованы скороспелые (80-100 дней) генотипы ВНИИОЗ 4, ВНИИОЗ 5, Мезенка (ФНЦ Зернобобовых и крупяных культур), зацветающие в среднем на 35-й день от появления всходов и формирующие до 10 г зерна с одного растения и сохраняющие количество растений перед уборкой до 45 шт./м², а также наиболее продуктивные среднеспелые формы (более 10 г/р): ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 7, Селена, Барс, Пума, Чара селекции ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК. Коротким периодом «всходы – цветение» – до 35 дней и более продолжительным развитием в период цветения – до 13 дней, роста бобов – до 17 дней, налива семян в бобах – 30 дней; созревания – до 15 дней характеризуются сорта Волгоградка 2 и ВНИИОЗ 86, которые также были использованы в селекционном процессе, проходили изучение в питомнике экологического сортоиспытания, использовались в гибридизации.

Результаты и обсуждение. Часто подбор родительских пар фактически определяется простым выбором лучшего сортообразующего родителя среди своих сортов с максимальной общей комбинационной способностью, в чем также заключается и коммерческий успех будущего селекционного достижения [1]. В ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК, например, с таким качеством являются Вилана и Славия. Пытаясь выйти на сорта такого типа, мы включаем в скрещивание и наши производственные сорта (таблица 1).

Таблица 1 – Результаты спонтанно-направленного скрещивания сортов сои (годы скрещивания: 2020, отбора F1 2021 г. и позитивного массового отбора F2 – 2022 г.)

Table 1 – Results of spontaneously directed crossing of soybean varieties (years of crossing: 2020, selection F1 2021 and positive mass selection F2 - 2022)

Гибридные комбинации F1 (2019) от участия:		Количество семян			
Материнской формы с белой окраской венчика	Отцовской формы с фиолетовой окраской венчика	Проанализированных, шт.	Выявлено гибридных, шт.	% направленного кроссбридинга	Получено семян F2, гр. (2022 г.)
ВНИИОЗ 7	Селена	1520	19	1,2	81
ВНИИОЗ 31	Соната	1419	68	4,9	319
ВНИИОЗ 11	Барс	1010	21	2,1	130
ВНИИОЗ 8	Кора	1320	48	3,6	248
ВНИИОЗ 6	Пума	1199	12	1,0	49
Нива 70	Комет	987	19	1,9	88
Мерит	ВНИИОЗ 5	1000	6	0,6	13
Белгородская 7	Самер 4	1285	12	1,9	68
Селекта 101	Соер 3	1306	19	1,5	79
Спарта	Соер 4	999	16	1,6	54
ВНИИОЗ 1	Соер 7	1188	22	1,9	118
Лира	Волгоградка 2	1469	69	4,7	338
ВНИИОЗ 3	ВНИИОЗ 4	1305	58	4,4	282
ВНИИОЗ 31	ВНИИОЗ 86	1009	7	0,7	29

Существующие способности и ограничения при гибридизации сои, а также отсутствие теплиц, соответствующих полевых бинокулярных микроскопов и обученных гибридизаторов нацелило нас на организацию направленно-спонтанного скрещивания, поскольку такая работа с данной культурой проводится во многих НИИ и даже за рубежом осуществляется параллельно с искусственной гибридизацией [5, 10, 16, 20, 21].

Используя естественный кроссбридинг, мы получили от 7 до 71 гибридных семян (в сумме 395 шт.) 1-го поколения для посева в гибридном питомнике 2023 года, полученных от скрещивания альтернативно-подобранных пар с белой (материнская форма) и фиолетовой (отцовская форма) окраской венчика цветка. Наибольшую степень кроссбридинга – 4,2-4,6 % – показали сорта ВНИИОЗ 31, Волгоградка 2 и ВНИИОЗ 4 в скрещивании с сортами Соната, Лира и ВНИИОЗ 3. Значительное качество семян F2 – 275-335 получено от гибридов ВНИИОЗ 3×ВНИИОЗ 7; Соната × ВНИИОЗ 31; Лира × Волгоградка 2.

В питомнике гибридов отчетного года отбор перспективных особей проводился в 3 срока по мере созревания растений F3-F5. Семена всех отобранных популяционных растений в пределах гибридной комбинации и одного сорта отбора объединяли (метод популяций) для пересева в селекционном питомнике 2023 года.

Оценка нескольких поколений гибридов способствовала выделению наиболее продуктивных гибридных популяций (таблица 2), формирующих в F5 в 2021 году от 458 до 509 г/м² семян, которые предлагается изучать в 2023 году в селекционном питомнике.

Таблица 2 – Продуктивность у лучших гибридных комбинаций перед направлением их для оценки в селекционный питомник – 2023 года, г/м²

Table 2 – Productivity of the best hybrid combinations before sending them for evaluation to a breeding nursery – 2023, g/m²

Гибридные комбинации	Поколения, годы			Среднее
	F3-2020	F4-2021	F5-2022	
Волгоградка 1×Соната	594	555	509	553
Вилана × Волгоградка 2	566	502	470	513
ВНИИОЗ 31×Селена	597	501	458	519
Лира × ВНИИОЗ 5	588	530	494	537
ВНИИОЗ 4 × ВНИИОЗ 86	541	482	459	494

Снижение зерновой продуктивности агрофитоценоза гибридных поколений свидетельствует о достижении гомозиготизации популяции к четвертому-пятому поколениям, наиболее пригодным для проведения полномасштабных отборов [1].

В селекционном питомнике оценивали 176-507 сортолиний четвертого и пятого поколений (таблица 3).

Таблица 3 – Объемы оцениваемого и выделяемого отбором селекционного материала в селекционном питомнике

Table 3 – Volumes of selected and selected breeding material in the breeding nursery

Поколение	Количество, шт.		
	Доведенные до коллекционного питомника	Из них перспективных	% эффективности отбора
F4	507	168	33,1
F5	176	29	16,5

Отбор сопровождался комплексной оценкой агрофитоценоза по фенологическим признакам, существенно определяющим урожайность: степени ветвистости, количеству узлов, бобов в узле, крупности семян, линейному росту растений, высоте прикрепления нижнего боба [6, 9, 13].

Эффективность отбора составила 16,5-33,1 % поступивших на изучение гибридов от поколений, перспективных для отбора и дальнейшего изучения в экологическом испытании.

В питомнике экологического испытания сои проходили тестирование 17 сортов сои различного эколого-географического происхождения. Наибольшую урожайность 3,1-3,4 сформировали сорта Селена, Барс, Пума, ВНИИОЗ 4, Волгоградка 2, ВНИИОЗ 31 и ВНИИОЗ 86 (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность и продолжительность вегетационного периода сортов сои экологического сортоиспытания в условиях орошения 2022 года

Table 4 - Yield and duration of the growing season of soybean varieties of ecological variety testing under irrigation conditions in 2022

Сорта	Урожайность, т/га	Продолжительность вегетационного периода, дн.
Скороспелые сорта (90-110 дней)		
ВНИИОЗ 4	3,2	92
ВНИИОЗ 86	3,1	99
Пума	3,3	103
Селена	3,4	105
Волгоградка 2	3,1	107
Чара	3	110
Барс	3,3	110
Среднеспелые сорта (111-130 дней)		
Парус	2,6	114
Вита	2,4	116
Славия	2,9	117
Олимпия	2,9	119
Ирбис	2,9	120
Дуниза	2,4	129
Дуар	2,9	130
ВНИИОЗ 76	2,9	115
ВНИИОЗ 31	2,6	111
Волгоградка 1	2,9	120
НСР ₀₅ , т/га	0,1	

Посевы сои в условиях орошения занимают пока на юге России сравнительно небольшие площади – в пределах 50 тыс. га. Поэтому важно усилить селекционное улучшение засухоустойчивых сортов этой культуры [3, 12]. В ФГБНУ ФНЦ ВНИИМК выведен спектр устойчивых к засухе сортов сои Вита, Славия, Селена, Пума, Ирбис, Кора, Парус, которые в экологическом испытании в посевах без орошения в Новониколаевском районе Волгоградской области на опытном поле Россельхозцентра обеспечили получение от 1,02 до 1,22 т/га зерна в условиях засушливого 2022 года (таблица 5).

Таблица 5 – Сравнительная урожайность сортов сои Нижневолжского и Кубанского агроэкоотипов без орошения в условиях засушливого 2022 года (Россельхозцентр, Волгоград)

Table 5 – Comparative yield of soybean varieties of the Nizhnevolzhsky and Kuban agroecotypes without irrigation in a dry year 2022 (Rosselkhozcenter, Volgograd)

№ п/п	Сорта	Агроэкоотип	Урожайность, т/га	Отклонение от стандарта (ВНИИОЗ 76)	
				т/га	%
1	2	3	4	5	6
1	Вита	Кубанский	1,02	0,34	50
2	Славия	Кубанский	1,15	0,470,5	69,1
3	Селена	Кубанский	1,18	0,5	73,5

Окончание таблицы 5

1	2	3	4	5	6
4	Пума	Кубанский	1,16	0,48	70,6
5	Ирбис	Кубанский	1,08	0,4	58,8
6	Кора	Кубанский	1,05	0,37	54,4
7	Парус	Кубанский	1,22	0,54	79,4
8	Волгоградка 2	Нижеволжский	0,62	-0,06	-8,8
9	ВНИИОЗ 3	Нижеволжский	0,67	-0,01	-1,5
10	Волгоградка 1	Нижеволжский	0,74	-0,06	-8,8
11	ВНИИОЗ 76	Нижеволжский	0,68	-	-
НСР ₀₅ , т/га			0,12		

Выводы. В результате проведения наших исследований установлено, что посе-
вы рекомендуемого для условий орошения сорта формируют более высокие уровни
урожайности зерна при дифференцированных режимах орошения.

В питомнике экологического испытания сои проходили тестирование 17 сортов
сое различного эколого-географического происхождения. Наибольшую урожайность
3,1-3,4 сформировали сорта Селена, Барс, Пума, Волгоградка 2 и ВНИИОЗ 31.

Сорта Нижеволжского экотипа значительно уступили по продуктивности хо-
рошо отселектированным на засухоустойчивость сортам кубанского агроэкотипа, что
предопределяет усиление селекции сортов ФГБНУ ВНИИОЗ на устойчивость к засухе
в посевах без орошения.

Результаты проведенных исследований показали, что все изучаемые сортооб-
разцы различались степенью выраженности качественных признаков.

Библиографический список

1. Вронская Л. В., Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С. Скороспелый, высокоурожайный
сорт сои и особенности технологии его возделывания // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 31-34.
2. Гуреева Е. В., Ушакова Е. Ю. Соя в одновидовых и смешанных посевах на силос в
условиях юга нечерноземной зоны // Орошаемое земледелие. 2020. № 4. С. 45-47.
3. Зотиков, В. И., Акулов А. С. Элементы технологии для сортов сои нового поколения //
Земледелие. 2010. № 3. С. 27-29.
4. Зубарева К. Ю. Соя в России // Вестник сельского развития и социальной политики.
2020. № 4 (28). С. 23-25.
5. Инновационный метод пинцировки растений сои в фазу "начало цветения" для уве-
личения ее продуктивности / В. А. Шадских, В. Е. Кижаева, В. О. Пешкова, В. Н. Власовец //
Орошаемое земледелие. 2020. № 2. С. 17-20.
6. Комплексная оценка коллекционных образцов для селекции сои / Т. В. Минькач, О.
А. Селихова, Л. К. Дубовицкая, П. В. Тихончук // Дальневосточный аграрный вестник. 2020. №
2 (54). С. 35-41.
7. Москвичёв А. Ю., Агапова С. А. Отзывчивость зернобобовых культур на примене-
ние бишофита и его аналога в условиях нижней волги на светло-каштановых почвах. Орошае-
мое земледелие. 2021. № 4. С. 28-31.
8. Москвичёв А. Ю., Агапова С. А. Оценка эффективности различных препаратов для
десикации сои в условиях орошения на светло-каштановых почвах Волгоградской области.
Орошаемое земледелие. 2022. № 4. С. 24-27.
9. Некрасов А. Ю. Соя: источники из коллекции генетических ресурсов ВИР // Труды
по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2020. Т. 181. № 1. С. 48-52.
10. Особенности агротехнических приемов борьбы с сорной растительностью на оро-
шаемых землях / В. А. Шадских, В. О. Пешкова, В. Е. Кижаева, Д. Ш. Рамазанов // Орошаемое
земледелие. 2020. № 2. С. 29-32.
11. Плаксина В. С. Биоэнергетическая эффективность включения зернового сорго в се-
вообороты // Орошаемое земледелие. 2021. № 1. С. 33-36.

12. Продуктивность сортов сои различных групп спелости в условиях восточной зоны Краснодарского края / О. Г. Шабалдас, Н. И. Зайцев, К. И. Пимонов, Э. Г. Устарханова, А. С. Голубь // Земледелие. 2019. № 7. С. 38–40.
13. Развитие производства и переработки сои в Российской Федерации на 2015–2020 годы: отраслевая программа российского соевого союза. М., 2014. 65 с.
14. Рост урожайности сортов сои и эффективности применения удобрения в условиях орошения / В. В. Толоконников, Л. В. Вронская, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер // Орошаемое земледелие. 2022. № 2. С. 24–27.
15. Селекционные и агротехнические факторы увеличения урожайности среднескороспелых сортов сои в условиях орошения / Т. С. Кошкарлова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2019. № 3. С. 26–29.
16. Сорты растений // Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. Т. 1. 680 с.
17. Сортовые особенности водопотребления сои / С. С. Мухаметханова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 19–22.
18. Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С., Вронская Л. В. Сравнительная экономическая эффективность использования сортов сои // Орошаемое земледелие. 2021. № 1. С. 21–24.
19. Факторы стабилизации плодородия почвы в орошаемых севооборотах при различном соотношении в структуре посевов кормовых культур / Н. П. Мелихова, А. А. Зибаров, Д. С. Тегесов, Л. В. Вронская // Орошаемое земледелие. 2019. № 1. С. 24–27.
20. Шадских В. А., Кижаева В. Е., Пешкова В. О. Оценка биотехнологического метода повышения продуктивности сои на орошаемых землях // Орошаемое земледелие. 2019. № 4. С. 22–25.
21. Шадских В. А., Кижаева В. Е., Пешкова В. О. Эффективность применения биотехнологических методов и их влияние на продуктивность сои при орошении в условиях сухостепного Поволжья // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 21–24.
22. Kurbanov R., Zakharova N. Justification and selection of vegetation indices to determine the early soybeans readiness for harvesting January 2021 // E3S Web of Conferences. 2021. V. 273 (4). 01008.
23. Modernization of soybean breeding of the Lower Volga eco-type in connection with climate aridization / V. V. Tolokonnikov, A. A. Novikov, V. B. Narushev, T. S. Koshkarova // Scientific life. 2019. No 14. P. 1506–1521.
24. Nitric oxide increases the physiological and biochemical stability of soybean plants under high temperature / R. G. Vital, C. Müller, P. F. Batista, A. C. Costa, F. B. da Silva, A. Merchant, D. Fuentes, A. A. Rodrigues // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 0412.

Информация об авторах

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-22

AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF VARIETIES AND METHODS OF CULTIVATION OF IRRIGATED SOYBEANS ON RE-DEVELOPED LANDS OF THE VOLGOGRAD VOLGA REGION

M. N. Lytov

*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute of Hydrotechnics
and Land Reclamation named after A.N. Kostyakova»*

Received 17.03.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

The article presents the results of agroecological assessment of varieties and methods of cultivation of irrigated soybeans on the reclaimed lands of the Volgograd Volga region. New experimental data have been obtained that allow us to recommend highly adaptive soybean varieties and the technology of using a microcomplex for vegetating plants to production.

Abstract

Relevance. The relevance of the research is determined by the need to restore soil resources and expanded reproduction of soil fertility on the re-developed lands of the Volgograd Volga region. Difficult climatic conditions here are often combined with the complexity of the soil cover, the spread of salt patches, low humus content and high soil density, which reduces the effectiveness of irrigation reclamation and irrigated agriculture in general. The development of new land with the full restoration of the reclamation function faces the practical need to solve the urgent problem of choosing crop rotation crops, which, along with high profitability, would ensure the creation of conditions for the restoration of soil fertility, that is, would be effective in agrotechnical terms. And one of the crops of this choice is soy. The purpose of the research is the agroecological assessment and selection of soybean varieties with good adaptive potential and responsiveness to irrigation, as well as the assessment of cultivation techniques that ensure the possibility of efficient soybean production on complex soils of reclaimed agricultural land. **Object.** The object of research is the crops of irrigated soybeans on compacted, complex with salt, light chestnut soils of re-developed agricultural lands. **Materials and methods.** The method of field experiment is adopted as the main methodological approach of research. Experimental studies included two single-factor experiments, one of which assessed the adaptive characteristics of soybean varieties, and the second evaluated the effectiveness of the microcomplex on vegetative crops pretreated with herbicides. **Results and conclusions.** The research obtained new experimental data, the analysis of which indicates the advantage of two soybean varieties - Kyoto varieties of Canadian selection and Volgogradka-2 varieties of local selection, with microcomplex treatments. The yield of the Volgogradka-2 variety, on average, was 3.56 t/ha, which is only 0.2 t/ha inferior to the Kyoto variety. It is important to take into account that the quality of seeds with Kyoto at sowing was higher than that of Volgogradka-2, as the manufacturer offers fully processed and calibrated seeds. This gives reason to believe that the potential of soy with Volgogradka-2 has not fully manifested itself and this variety remains one of the most promising for the region. Studies have confirmed that the combined use of preparations of potassium humate, siamino (amino acids), liquid sulfur and molybdenum provides effective overcoming of the toxic effect of the herbicide Vidblock, accelerates growth processes, increases physiological activity and productivity of crops. In Kyoto cultivar crops, the total effect of the application of the microcomplex for vegetative crops was 0.65 t/ha. Along with high seed productivity, 7.02-7.21 t/ha of by-products are formed in the crops of these soybean varieties, which, when plowed, is a powerful factor in improving the nitrogen-carbon balance of the soil.

Key words: soybeans, varieties, adaptive potential, agroecological assessment, complex soils, microelement complex.

Citation. Lytov M. N. Agroecological assessment of varieties and methods of cultivation of irrigated soybeans on re-developed lands of the Volgograd Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 191-200 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-22.

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

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

УДК 631.6:631.81

**АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОРТОВ
И ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОРОШАЕМОЙ СОИ НА ПОВТОРНО
ОСВАИВАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ВОЛГОГРАДСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ**

М. Н. Лытов, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский
институт гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова

Дата поступления в редакцию 17.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Актуальность исследований определяется необходимостью восстановления почвенных ресурсов и расширенного воспроизводства плодородия почвы на повторно осваиваемых землях Волгоградского Заволжья. Сложные климатические условия здесь часто

сочетаются с комплексностью почвенного покрова, распространением солонцовых пятен, низким содержанием гумуса и высокой плотностью почвы, что снижает эффективность оросительных мелиораций и орошаемого земледелия в целом. Освоение новых земельных угодий с полным восстановлением мелиоративной функции сталкивается с практической необходимостью решения актуальной задачи выбора культур севооборота, которые, наряду с высокой рентабельностью, обеспечивали бы и создание условий для восстановления плодородия почвы, то есть были бы эффективны в агротехническом плане. И одной из культур такого выбора является соя. Целью исследований является агроэкологическая оценка и подбор сортов сои с хорошим адаптивным потенциалом и отзывчивостью на орошение, а также оценка приемов возделывания, обеспечивающих возможность эффективного производства сои на комплексных почвах повторно осваиваемых сельскохозяйственных угодий. **Объект.** Объектом исследований являются посевы орошаемой сои на уплотненных, комплексных с солонцами, светлосланцевых почвах повторно осваиваемых сельскохозяйственных угодий. **Материалы и методы.** В качестве основного методологического подхода исследований принят метод полевого эксперимента. Экспериментальные исследования включали два однофакторных опыта, в рамках одного из которых проводилась оценка адаптационных характеристик сортов сои, а в рамках второго проведена оценка эффективности применения микрокомплекса по вегетирующим посевам, предварительно обработанных гербицидами. **Результаты и выводы.** Исследованиями были получены новые экспериментальные данные, анализ которых свидетельствует о преимуществе двух сортов сои, сорта Киото Канадской селекции и сорта Волгоградка-2 местной селекции, с проведением обработок микрокомплексом. Урожайность сорта Волгоградка-2 в среднем составила 3,56 т/га, что на 0,2 т/га уступает сорту Киото. Важно учитывать, что качество семян с. Киото при посеве было выше, чем у Волгоградки-2, так как производитель предлагает полностью обработанные и откалиброванные семена. Это дает основание считать, что потенциал сои с. Волгоградка-2 проявился не в полной мере и этот сорт остается одним из самых перспективных для региона. Исследования подтвердили, что сочетанное использование препаратов гумата калия, сиамино (аминоксилоты), жидкой серы и молибдена обеспечивает эффективное преодоление токсичного действия гербицида Видблок, ускоряет ростовые процессы, повышает физиологическую активность и продуктивность посевов. В посевах сорта Киото суммарный эффект от применения микрокомплекса по вегетирующим посевам составил 0,65 т/га. Наряду с высокой семенной продуктивностью, в посевах этих сортов сои формируется 7,02-7,21 т/га побочной продукции, которая при запашке является мощным фактором улучшения азотно-углеродного баланса почвы.

Ключевые слова: соя, сорта сои, адаптационный потенциал сои, агроэкологическая оценка сортов сои, комплексные почвы.

Цитирование. Лытов М. Н. Агроэкологическая оценка сортов и приемов возделывания орошаемой сои на повторно осваиваемых землях Волгоградского Заволжья. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 191-200. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-22.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время значительная часть неиспользуемых сельскохозяйственных территорий представлена малоплодородными землями, часто с неблагоприятной мелиоративной обстановкой [2, 17]. Ярким примером широкого распространения такого рода угодий является Волгоградское Заволжье. Сложные климатические условия здесь часто сочетаются с комплексностью почвенного покрова, распространением солонцовых пятен, низким содержанием гумуса и высокой плотностью почвы, что снижает эффективность оросительных мелиораций и орошаемого земледелия в целом [10, 14, 16, 18]. Несмотря на это, освоение таких земель продолжается и в последние годы приобретает все более значимые масштабы. Получают развитие проекты

орошаемого овощеводства, а также производства зерна и кормов при поливе [6, 12, 15, 20]. При этом восстановление и расширенное воспроизводство плодородия почвы становится первоочередной задачей, определяющей конкурентоспособность проектов орошаемого земледелия в перспективе [4, 11]. Сегодня многие фермеры, хозяйственная деятельность которых связана с орошаемым земледелием, решают актуальную задачу выбора культур севооборота, которые, наряду с высокой рентабельностью, обеспечивали бы и создание условий для восстановления плодородия почвы, то есть были бы эффективны в агротехническом плане. И одной из культур такого выбора является соя [1, 7, 9, 19]. Как культура семейства бобовых, соя имеет хорошие перспективы в агротехническом плане [5, 13], а возможность заделки соломистой массы в почву создает благоприятные условия для накопления лабильного органического углерода, что является необходимым фактором повышения плодородия почвы. Однако возделывание сои на плотных, малогумусных почвах в комплексе с солонцами, на повторно осваиваемых территориях с неблагоприятной фитосанитарной обстановкой, ставит перед хозяйствующими субъектами непростые задачи, решать которые нужно на научной основе [3, 8]. Целью исследования является агроэкологическая оценка и подбор сортов сои с хорошим адаптивным потенциалом и отзывчивостью на орошение, а также оценка приемов возделывания, обеспечивающих возможность эффективного производства сои на комплексных почвах повторно осваиваемых сельскохозяйственных угодий.

Материалы и методы. Соя обладает высоким потенциалом пластичности, что позволяет ее возделывать в различных почвенно-климатических районах. Однако эта культура очень чувствительна к ряду неблагоприятных почвенных условий, таких как высокая плотность сложения почвы, высокое содержание солей, осолонцевание. Критическим фактором для роста и развития сои является распространение сорной растительности в посевах, что имеет особое значение при размещении посевов на осваиваемых землях. Вся эта совокупность факторов характерна для значительной части мелиорированных земель Волгоградского Заволжья. Внедрение орошаемой сои хозяйствами региона осуществляется, в первую очередь, как агротехнически значимой культуры, обеспечивающей улучшение почвенных условий, в том числе за счет богатых азотом корневых остатков и в результате заделки соломистой массы. Вместе с тем важно адаптировать технологию возделывания сои, обосновать эффективные подходы возделывания в сложных почвенно-климатических условиях региона. Другой отправной точкой исследований стало использование сои на осваиваемых, в том числе повторно, сельскохозяйственных угодьях.

В качестве основного методологического подхода исследований принят метод полевого эксперимента. Объектом исследований являются посевы орошаемой сои на уплотненных, комплексных с солонцами, светло-каштановых почвах повторно осваиваемых сельскохозяйственных угодий. Предмет исследований – сорта и приемы возделывания, закономерности роста и развития, показатели продуктивности сои на уплотненных, комплексных с солонцами, светло-каштановых почвах.

Экспериментальная часть исследований была реализована на орошаемых землях КФХ «Выборнов В. Д.» Ленинского района Волгоградской области в 2020-2022 гг. Исследования были организованы по схеме двух однофакторных полевых опытов.

В первом опыте проводилась оценка адаптивного потенциала сортов сои, исследования были заложены в посевах сои сорта Киото, Волгоградка-2 и Нордика. Сорта Киото и Нордика широко используются фермерскими хозяйствами региона, они представлены на рынке семян, обработаны. Сорт Киото среднеранний, растения детерминантные, семена среднего размера, удлинённо-приплюснутые, жёлтые, рубчик жёлтый.

Районирован для Центрально-Черноземного, Северо-Кавказского и Дальневосточного районов. В регионе исследований не районирован, хотя рекомендован для возделывания в сходных климатических условиях Ростовской области. Сорт Нордика раннеспелый, растение индетерминантного типа развития, районирован по Дальневосточному округу. В регионе исследований не районирован. Сорт Волгоградка-2 раннего срока созревания, детерминантный, семена жёлтые, рубчик темно-коричневый. Этот сравнительно новый сорт местной селекции включен в реестр допущенных по Нижневолжскому региону в 2020 году.

Задачей исследований в опыте 2 была оценка эффективности применения микрокомплекса по вегетирующим растениям сои. Обработку проводили в фазу активного ветвления сои и начала бутонизации после применения в посевах гербицида Видблук. Использование этого, достаточно токсичного препарата обусловлено необходимостью активной борьбы с сорной растительностью на повторно осваиваемых сельскохозяйственных угодьях. Рабочей гипотезой исследований стало предположение о возможности компенсации токсичного действия препарата Видблук на растения сои за счет обработок микрокомплексом, включающим препараты гумата калия, сиамино (аминокислоты), жидкой серы и молибдена. Опыт включал два варианта: вариант 1 (контроль) – без применения микрокомплекса и вариант 2 – с проведением обработок микрокомплексом. Варианты с применением микрокомплекса были заложены в посевах сорта Киото.

Учитывая высокую плотность сложения почвы ($>1,25 \text{ т/м}^2$), на участке, где проводили исследования, обязательным приемом была междурядная культивация посевов сои до начала фазы бутонизации. Вместе с проведением операции культивации вносили минеральный азот в дозе 60 кг д.в./га. Также стартовая доза азота, 20 кг д.в./га, вносилась и при посеве сои. Водный режим почвы поддерживали по дифференцированной схеме, 70-80 % НВ, с поддержанием предполивного уровня 70 % НВ до начала фазы бутонизации и 80 % НВ в последующие периоды роста и развития сои. С началом фазы созревания семян полив сои прекращали.

Результаты и обсуждение. Задача оптимизации сортового состава сои применительно к региону, в котором проводились исследования, сегодня осложняется следующим:

- наличием высококачественного посевного материала сои. В данном случае важно не только само наличие семян, но и репродукция посевного материала, наличие обработок семян от производителя, перспективы организации внутреннего семеноводства и его потенциал на основе приобретаемых семян, посевные качества и т.д. Сегодня в связи с нестабильностью международных поставок критически важно оценить перспективы перехода на семена отечественной селекции, как посевного материала, генетическое обновление которого будет гарантировано;

- адаптационным потенциалом сортов к условиям региона возделывания. Региональная специфика места проведения исследований характеризуется довольно непростыми условиями возделывания сои. Это и высокая плотность сложения почвы и солонцовые комплексы, и сложные климатические условия, когда температурная напряженность в значительной мере возрастает в самые критические фазы формирования и налива бобов. Потенциальное преимущество здесь за сортами местной селекции, однако это предположение требует экспериментального подтверждения;

- возможности адаптации сортовой агротехники сорта сои к условиям, характерным для повторного освоения ранее выведенных из оборота, длительное время не используемых сельскохозяйственных земель. Очень часто в этом случае приходится ори-

ентироваться на повышенную засоренность посевов, наличие вредителей и т.д. Потенциальное преимущество в данном случае получают сорта, устойчивые к болезням, наименее чувствительные к токсинам полевых ядохимикатов.

На данном этапе к изучению были поставлены три сорта, это сорта Киото и Нордика, широко используемые в хозяйствах региона, и новый сорт местной селекции Волгоградка-2 (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Опытные посевы сои с. Волгоградка-2 при поливе ДМ Western, предполивной порог 70-80-80 % НВ / Figure 1 – Experimental soybean crops of Volgogradka-2 village when watering DM Western, the pre-watering threshold is 70-80-80%



Рисунок 2 – Опытные посевы сои с. Киото с обработкой посевов микрокомплексом / Figure 2 – Experimental soybean crops in Kyoto village with microcomplex treatment of crops

Исследованиями была оценена динамика роста и развития сои в зависимости от изучаемых вариантов; получены новые фенологические данные по изучаемым сортам и в зависимости от применения микрокомплекса.

В таблице 1 приведены результаты обработки фенологических данных, которые позволяют оценить продолжительность межфазных периодов и вегетационного периода в целом. Продолжительность периода «посев – всходы» составила 12-14 сут., причем была разная у изучаемых сортов. Последнее, вероятно, в большей мере объясняется качеством посевного материала, которое в значительной мере зависит от проводимых производителем обработок, калибровки и других операций подготовки.

Следует обратить внимание и на сам факт продолжительности получения всходов, достигающий двух недель. Для сои это достаточно высокое значение. Объяснить это можно относительно большой глубиной заделки семян, порядка 0,06-0,07 см. В более мелких горизонтах наблюдается чрезмерно интенсивное иссушение почвы и есть риск, что проростки не успеют укорениться и погибнут. Проведение полива после посева, но в довсходовый период на бедных гумусом, тяжелосуглинистых комплексных почвах опытного участка также несет серьезные риски из-за образования прочного коркового слоя.

Посевы сои с. Киото без обработки микрокомплексом отличались самым коротким вегетационным периодом. Сокращение, преимущественно, определялось более быстрым прохождением периода «налив – начало созревания бобов», растения сои на этом варианте быстрее переходили к созреванию и уборке. В посевах того же сорта, но

с обработкой микрокомплексом, продолжительность вегетационного периода составила 120 суток, также как и у с. Волгоградка-2 местной селекции. Самым продолжительным периодом вегетации отличался с. Нордика с проведением обработок микрокомплексом – 124 сут. Однако это увеличение произошло преимущественно за счет повышения продолжительности периода «всходы – ветвление».

Таблица 1 – Продолжительность межфазных периодов роста и развития сои в вариантах опыта (2020-2022 гг.)

Table 1 – Duration of interphase periods of soybean growth and development in the experimental variants

Фаза роста и развития	Вариант опыта			
	с. Киото, без обработок	с. Киото + микрокомплекс	с. Волгоградка-2 + микрокомплекс	с. Нордика + микрокомплекс
Посев – всходы	12	12	14	13
Всходы – ветвление	17	17	15	19
Ветвление – начало бутонизации	16	16	16	17
Бутонизация – начало цветения	7	7	8	8
Цветение – начало формирования бобов	10	11	10	11
Формирование – налив бобов	17	21	24	21
Налив – начало созревания бобов	26	31	29	30
Начало созревания – уборочная спелость	16	17	18	18
Вегетационный период	109	120	120	124
Посев – уборочная спелость	121	132	134	137

В таблице 2 приведены данные по оценке линейного роста растений, площади листьев и сухой биомассы сои за первый год исследований. Наибольшей высотой растения сои характеризовались незадолго до начала фазы созревания бобов, линейный размер в этот период достигал 1,05-1,33 м. Самые высокие растения были получены в посевах сои местной селекции Волгоградка-2 (1,33 м), хотя и с. Киото, с обработкой микрокомплексом (1,31 м) по высоте ей практически не уступал. В посевах того же с. Киото, но без обработки микрокомплексом были отмечены самые низкорослые растения (1,05 м).

Таблица 2 - Динамика роста и накопления биомассы сои в вариантах опыта (2020-2022 гг.)

Table 2 – Dynamics of growth and accumulation of soybean biomass in the experimental variants

Сроки отбора образцов	Вариант опыта			
	с. Киото, без обработок	с. Киото + микрокомплекс	с. Волгоградка-2 + микрокомплекс	с. Нордика + микрокомплекс
1	2	3	4	5
Линейный рост, м				
Всходы	0,03	0,03	0,02	0,03
Ветвление	0,29	0,33	0,31	0,30
Начало бутонизации	0,44	0,48	0,46	0,46
Начало цветения	0,52	0,56	0,57	0,54
Начало формирования бобов	0,60	0,71	0,75	0,65

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
Налив бобов	0,97	1,22	1,24	1,07
Начало созревания бобов	1,05	1,31	1,33	1,12
Уборка	0,92	1,17	1,15	0,98
Сухая биомасса, т/га				
Всходы	0,06	0,06	0,04	0,06
Ветвление	0,42	0,48	0,46	0,44
Начало бутонизации	0,54	0,87	0,83	0,72
Начало цветения	0,76	1,12	1,09	0,99
Начало формирования бобов	1,28	1,67	1,61	1,50
Налив бобов	3,66	4,87	4,48	4,07
Начало созревания бобов	8,08	10,97	10,58	9,37
Уборка	6,06	8,23	7,94	7,03
Площадь листьев, тыс. м ² /га				
Всходы	1,7	1,7	1,5	1,7
Ветвление	5,1	5,9	6,0	5,7
Начало бутонизации	6,1	9,4	9,8	8,1
Начало цветения	10,7	13,9	13,6	11,9
Начало формирования бобов	18,4	23,6	22,9	20,1
Налив бобов	29,7	35,4	34,1	32,3
Начало созревания бобов	33,2	38,2	37,0	35,7
Уборка	5,9	7,8	5,5	9,8

Максимальная площадь листьев у растений сои наблюдалась в фазу налива, ближе к началу фазы созревания сои и составила 33,2-38,2 тыс. м²/га. Сухая биомасса к этому же времени достигала 8,08-10,97 т/га. В последующем, к уборке, сухая биомасса посева уменьшилась за счет массового опадения листьев и составила 6,06-8,23 т/га. Учитывая сложные почвенные условия, это достаточно высокие показатели, характеризующие высокий уровень биопродуктивности посевов.

Максимальные значения сухой биомассы, 10,97 т/га, были накоплены посевами сои с. Киото на участках с проведением обработки микрокомплексом. Схожие цифры были получены и по сое с. Волгоградка-2 местной селекции, где было сформировано 10,58 т/га сухой биомассы. Сорт Нордика, равно как и посевы с. Киото, без обработок микрокомплексом оказались существенно менее продуктивными.

В таблице 3 представлены все показатели продуктивности сои в интегральном (накопленном за вегетационный период) выражении.

Приведенные данные подтверждают наибольшую продуктивность сои с. Киото с проведением обработок микрокомплексом по вегетирующим растениям. Урожайность зерна сои здесь составила 3,76 т/га, и еще 7,21 т/га было сформировано побочной продукции. Учитывая, что побочная продукция предполагается к использованию в качестве инструмента повышения баланса органического углерода и азота в почве, улучшения почвенного плодородия это следует считать немаловажным результатом. Для сравнения, в посевах сои того же с. Киото, но без проведения обработок микрокомплексом сухая масса побочной продукции не превышала 4,97 т/га, что существенно ниже, чем на лучшем варианте. Сходные с с. Киото результаты были получены по сорту сои местной селекции Волгоградка-2. Здесь важно учитывать, что качество семян с. Киото при посеве было выше, чем у Волгоградки-2, так как производитель предлагает полностью обработанные и откалиброванные семена. Поэтому считаем, что потенциал сои с.

Волгоградка-2 проявился не в полной мере и этот сорт остается одним из самых перспективных для региона. По с. Нордика была получена довольно высокая масса побочной продукции, 6,53 т/га. Однако урожайность зерна здесь была наименьшая, 2,84 т/га, структура урожая сорта неэффективная.

Таблица 3 – Показатели продуктивности сои при возделывании на орошаемых, светло-каштановых, комплексных почвах Волгоградского Заволжья (2020-2022 гг.)

Table 3 – Indicators of soybean productivity when cultivated on irrigated, light chestnut, complex soils of the Volgograd Volga region

Фаза роста и развития	Вариант опыта				НСР ₀₅
	с. Киото, без обработки	с. Киото + микро-комплекс	с. Волгоградка-2 + микро-комплекс	с. Нордика + микро-комплекс	
Продолжительность вегетационного периода, сут.	109	120	120	124	2,2
Максимальная площадь листьев, тыс. м ² /га	33,2	38,2	37,0	35,7	1,42
Сухая биомасса, т/га	8,08	10,97	10,58	9,37	0,33
Урожайность, т/га	3,11	3,76	3,56	2,84	0,24
Урожайность побочной продукции, т/га	4,97	7,21	7,02	6,53	0,28

Выводы. Таким образом, анализ опытных данных свидетельствует о преимуществе двух сортов сои, сорта Киото и сорта Волгоградка-2, с проведением обработок микрокомплексом. Исследования подтвердили, что сочетанное использование препаратов гумата калия, сиамино (аминоксилоты), жидкой серы и молибдена обеспечивает эффективное преодоление токсичного действия гербицида Видблок, ускоряет ростовые процессы, повышает физиологическую активность и продуктивность посевов. Полученные данные показывают большой потенциал продуктивности сортов сои Киото и Волгоградка-2 в сочетании с обработкой микрокомплексом. Даже в не самых оптимальных почвенных условиях эти сорта позволяют сформировать до 3,76 т/га зерна сои и еще свыше 7 т/га сухой побочной продукции. Использование измельченной побочной биомассы в качестве дополнительного источника органического углерода и азота почвы является мощным фактором улучшения водно-физических свойств и расширенного воспроизводства плодородия малогумусных, комплексных, светло-каштановых почв Волгоградского Заволжья.

Библиографический список

1. Агробιοлогическая оценка сортов озимой мягкой пшеницы в соевом севообороте / А. С. Волкова, А. С. Вусик, Е. Ю. Гненный, М. А. Ткаченко // Colloquium-Journal. 2020. № 35-2 (87). С. 11-15.
2. Алакоз В. В. Факторы влияния на использование имеющегося потенциала сельскохозяйственных земель, пространственное развитие сельскохозяйственного землепользования, его расширение или сжатие // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2022. № 1. С. 5-15.
3. Влияние основной обработки на агрофизические свойства почвы в технологии возделывания сои / Р. В. Кравченко, С. И. Лучинский, В. П. Матвиенко, А. А. Манохин // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2020. № 86. С. 79-84.
4. Вронская Л. В., Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С. Скороспелый, высокоурожайный сорт сои и особенности технологии его возделывания // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 31-34.

5. Генетические источники и методы селекции сои в условиях орошения / В. В. Толоконников, Т. С. Кошкарлова, Л. В. Вронская, С. С. Мухаметханова // Орошаемое земледелие. 2021. № 2. С. 22-25.
6. Дружкин А. Ф., Козел Д. А. Продуктивность раннеспелых гибридов кукурузы на зерно в зависимости от сроков посева в Заволжье // Аграрная тема. 2018. № 4 (105). С. 7-9.
7. Зайцев В. Н., Зайцева А. И., Мазалов В. И. Соя как предшественник озимых культур // Зернобобовые и крупяные культуры. 2016. № 2 (18). С. 116-120.
8. Нормирзаев А. Р. Уплотняющие воздействия движителей тракторов на почву при обработке почвы и возделывание сельскохозяйственных культур // Точная наука. 2021. № 114. С. 15-19.
9. Обоснование выбора предшественников риса при капельном орошении на светло-каштановых почвах Приволжской возвышенности / И. П. Кружилин, Н. Н. Дубенок, М. А. Ганиев, В. В. Мелихов, К. А. Родин, А. Г. Болотин, А. Б. Невежина // Российская сельскохозяйственная наука. 2019. № 2. С. 44-47.
10. Половинкина Н. В., Розов С. Ю. Агроэкологическая оценка почв как основа для управления почвенно-экологическими рисками (на примере почв сухой степи Волгоградского Заволжья) // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2017. № 1. С. 47-54.
11. Рост урожайности сортов сои и эффективности применения удобрения в условиях орошения / В. В. Толоконников, Л. В. Вронская, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер // Орошаемое земледелие. 2022. № 2. С. 24-27.
12. Селекционные и агротехнические факторы увеличения урожайности среднескороспелых сортов сои в условиях орошения / Т. С. Кошкарлова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2019. № 3. С. 26-29.
13. Сортные особенности водопотребления сои / С. С. Мухаметханова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // Орошаемое земледелие. 2021. № 3. С. 19-22.
14. Ткаченко Н. А. Качественная оценка и картографирование деградации пахотных земель Волгоградского Заволжья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 2 (46). С. 21-23.
15. Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С., Вронская Л. В. Сравнительная экономическая эффективность использования сортов сои // Орошаемое земледелие. 2021. № 1. С. 21-24.
16. Шадских В. А., Кижаева В. Е., Пешкова В. О. Эффективность применения биотехнологических методов и их влияние на продуктивность сои при орошении в условиях сухостепного Поволжья // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 21-24.
17. Шевченко В. А., Лытов М. Н. Стратегии возобновления использования ранее выведенных из оборота мелиорированных земель // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 283-296.
18. Юфеев В. Г. Оценка рельефа ландшафтов экотона Малый Сырт - Прикаспийская низменность в Волгоградском Заволжье с использованием ГИС-технологий и данных дистанционного зондирования земли // Научно-агрономический журнал. 2019. № 4 (107). С. 20-23.
19. Яковлева М. И., Дементьев Д. А., Салюкова Н. Н. Действие и последствие зернобобовых культур в звеньях севооборота // Пермский аграрный вестник. 2017. № 2 (18). С. 91-96.
20. Vybornov V. V., Zaitsev V. A. Drip irrigation of onions // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. V 843. N 012064.

Информация об авторе:

Лытов Михаил Николаевич, и.о. директора, ведущий научный сотрудник Волгоградского филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова» (400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2743-9825>, e-mail: vkovniigim@yandex.ru

DEVELOPMENT OF A RECLAIM SYSTEM FOR LOW-VOLUME IRRIGATION IN VEGETABLE AND GARDEN CROPS GROWING

A. V. Mayer, R. I. Penkova

¹*Federal State Budget Science Center «All-Russian Scientific Research Institute
of Hydrotechnics and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov», Moscow*

Received 01.04.2023

Submitted 04.05.2023

Summary

When developing the design of a multifunctional irrigation system, three irrigation methods were taken as a basis: low-intensity sprinkling, drip irrigation and combined irrigation - drip irrigation combined with fine sprinkling.

Abstract

Introduction. Conducting simultaneous studies using small-volume irrigation systems that allow managing the water and nutrient regime of soils and plants is very problematic. In this regard, irrigation in one area is carried out using only one method, which significantly affects the speed of research, and also leads to unnecessary costs for water supply to different areas. **Object.** Based on the analysis of long-term meteorological data, it is proposed to develop a multifunctional reclamation system for the implementation of simultaneous operation of drip, combined and low-intensity irrigation on one irrigated site. **Materials and methods.** In studies on the regulation of the hydrothermal regime in agrophytocenoses, we used daily materials from weather stations located on the territory of the experimental plots of the Volgograd region. The start time of dispersive moistening was determined by the time interval method. The source of materials for the development of new irrigated stationary equipment is the theoretical and practical developments of VNIIGiM scientists. **Results and discussions.** As a result of the development of a modular multifunctional irrigation system, we have received a reclamation system, through which several irrigation methods can be carried out simultaneously. In our case, the first is a low-intensity sprinkling module, the second is drip irrigation, and the third combined irrigation module is drip irrigation combined with fine sprinkling. Distribution of irrigation is carried out through the main, distribution and district pipelines. Irrigation of each module occurs by changing the pressure in the distribution pipelines, which is regulated by the water supply controller from the main pipeline.

Key words: *irrigation methods, constructive novelty, pressure regulators, pipelines, irrigation regime, hydrothermal regime, functionality, modular sections.*

Citation. Mayer A.V., Penkova R.I. Development of a reclaim system for low-volume irrigation in vegetable and garden crops growing. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 201-209 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-23.

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest

УДК 631.674

РАЗРАБОТКА МЕЛИОРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛООБЪЕМНЫХ СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ОВОЩНЫХ И САДОВЫХ КУЛЬТУР

А. В. Майер, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Р. И. Пенькова, научный сотрудник

ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации
им. А. Н. Костякова, г. Москва

Дата поступления в редакцию 01.04.2023

Дата принятия к печати 04.05.2023

Актуальность. Проведение одновременных исследований с использованием малообъемных систем орошения, позволяющих управлять водным и питательным режимом почв и растений, весьма проблематично. В связи с этим полив на одном участке проводится с использо-

ванием только одного способа, что существенно влияет на скорость проводимых исследований, а также ведет к лишним расходам на подвод воды к разным участкам. **Объект исследования.** На основе анализа многолетних метеоданных предложена разработка мелиоративной системы многофункционального действия для осуществления на одном поливном участке одновременной работы капельного, комбинированного и малоинтенсивного орошения. **Материалы и методы.** В исследованиях по регулированию гидротермического режима в агрофитоценозах нами были использованы ежесуточные материалы метеостанций, расположенных на территории опытных участков Волгоградской области. Время начала дисперсионного увлажнения определяли по методу временного интервала. Источником материалов для разработки новой орошаемой стационарной техники являются теоретические и практические наработки ученых ВНИИ-ГиМ. **Результаты и обсуждение.** В результате разработки модульной многофункциональной системы орошения мы получили мелиоративную систему, посредством которой можно проводить одновременно несколько способов полива. В нашем случае первый – это модуль малоинтенсивного дождевания, второй – капельного орошения и третий модуль комбинированного полива – капельное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием. Распределение поливов осуществляется посредством главного, распределительных и участковых трубопроводов. Орошение каждого модуля происходит за счет изменения давления в распределительных трубопроводах, которое регулируется контролером подачи воды с главного трубопровода.

Ключевые слова: способы орошения, конструкции мелиоративных систем, регуляторы давления, поливной режим, гидротермический режим, модульные участки трубопроводов.

Цитирование. Майер А. В., Пенькова Р. И. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 201-209. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-23.

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. Подъем орошаемого земледелия в нашей стране невозможен без широкого внедрения оросительных систем нового поколения, в основе которых должны быть заложены показатели высокой их продуктивности, надежности экологической безопасности, простоты обслуживания при минимуме трудозатрат. В настоящее время на предприятиях агропромышленного комплекса России большое значение придается выбору экологически безопасных и экономически эффективных технических средств полива при возделывании таких овощных культур, как морковь столовая, картофель, кукуруза, капуста, томаты и др., а также всех видов садовых. В значительной степени этим требованиям отвечают такие способы полива, как малоинтенсивное дождевание, капельное орошение, мелкодисперсное дождевание и комбинированные способы полива [1, 3, 6-9].

Исследования по разработкам систем малообъемного орошения многолетних и сельскохозяйственных культур учеными ВНИИГиМ ведутся с 1976 года. В основе анализа заложен принцип контроля метеорологических наблюдений за годы исследований. Круглосуточные метеоданные, такие как температура воздуха, влажность воздуха, скорость ветра, велись в регионах проведения исследований, в частности в хозяйствах Волгоградской области и республике Калмыкия, где дневные температуры бывают выше критических показателей. На данном этапе сотрудниками ВНИИГиМ разрабатываются системы орошения, направленные на совершенствование дождевальной стационарной и передвижной техники с малой интенсивностью дождя, ведется направление, связанное с предотвращением климатических стрессов у сельскохозяйственных культур.

Введение в разработку системы орошения способа мелкодисперсного дождевания позволит избежать в засушливые годы процессов увядания, а возможно, и гибели урожая [2-5, 11, 12]. При температуре воздуха выше оптимального значения и относительной влажности менее 50 % особенно в дневные часы суток, во время активной вегетации, у растений отмечается депрессия фотосинтеза, угнетение ростовых процессов, падение тургора.

Такой подход к разработке конструкции позволит улучшить макро-, микроклиматические показатели в зоне развития растений, тем самым поспособствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур. В качестве одного из модулей поливной системы, предназначенной для снижения температуры и повышения влажности воздуха, нами предложена система комбинированного орошения (КО+МДД). Многофункциональная модульная система орошения разрабатывалась для удобства закладки опытных участков в фермерских и опытно-полевых хозяйствах. Особенно важно то, что с такой многофункциональной системой орошения постановка эксперимента происходит на одном земельном массиве во избежание почвенных разностей.

Материалы и методы. В основе предлагаемой технологии использованы материалы по разработке комбинированных систем орошения на основании обобщения опыта НИКОР, проводимых в крестьянско-фермерских и опытно-производственных хозяйствах Волгоградской области в Дубовском и Ленинском районах. Мелиоративная система капельного орошения в сочетании с мелкодисперсным и малоинтенсивным дождеванием конструировалась и компоновалась на основе модульной мелиоративной системы капельного орошения с использованием методов системного подхода, системотехники, теории проектирования новой техники, теории технических систем. Материалами и методами для разработки новой орошаемой стационарной техники является теория и практика комплексных мелиораций. В исследованиях использованы выполненные во ВНИИГиМ наработки «Современного районирования способов орошения агроландшафтов» (2004 г.), основные положения Федерального закона «О техническом регулировании (№184-ФЗ от 27.12. 2002, № 45-ФЗ от 09.05.2005, № 65 ФЗ от 01.05.2007, № 309-ФЗ от 01.12. 2007 г.), расчетные расходные водные характеристики. Учитывались Федеральные регистры базовых и зональных технологий и технических средств для мелиоративных работ в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации. При гидравлических расчетах использовались учебники по гидравлике (Е. А. Чугаев, Д. В. Штеренлихт).

Результаты и обсуждение. В основном оросительная система рассчитана на один способ полива, будь то капельное, спринклерное или малообъемное орошение. [10]. Но при тщательном изучении исследуемой культуры необходимо определение лучших вариантов режимов и способов орошения. Чтобы при необходимости перейти к исследованиям на другой способ полива, экспериментатору необходимо менять или переносить эксперимент на другую конструкцию оросительной системы, а зачастую и на другой поливной земельный участок.

Исходя из накопленного опыта мы решили разработать многофункциональную модульную систему, которая нам позволит осуществлять оросительные поливы несколькими способами одновременно, с различными порогами водного режима и необходимой регулировкой гидротермического режима (рисунок 1).

Принцип работы многофункциональной системы заключается в следующем: водозабор 1 осуществляется с искусственного или постоянного оросителя, через всасывающий трубопровод 2 поливная вода насосом 3 подается к фильтрам грубой 4 и тонкой очистки. Затем по подводящему трубопроводу 6 к транспортирующему трубопроводу 7 вода приходит в главный трубопровод 9. При посредстве контролеров 11; 20

оросительная вода поступает в распределительные трубопроводы капельного орошения 18, 19; и распределительного трубопровода комбинированного орошения 17. Из распределительного трубопровода для малоинтенсивного дождевания (0,03МПа) в участковые трубопроводы 15, затем в поливные трубопроводы малоинтенсивного дождевания 14 и к дождевальным насадкам 12. Через распределительный трубопровод, предназначенный для капельного орошения 19, вода подается через участковые трубопроводы в капельные трубопроводы 13. Распределительный трубопровод, предназначенный для комбинированного орошения, при поднятии давления до 0,02МПа подает воду в поливные комбинированные трубопроводы 10, предназначенные для осуществления КО+МДД. Главный трубопровод имеет самое высокое давление – до 0,04...0,06 МПа. В распределительном трубопроводе малоинтенсивного дождевания давление поливной воды поднимают до 0,03МПа. В распределительных трубопроводах, предназначенных для капельного полива, давление выдерживают в районе 0,015МПа. Для правильного распределения поливной воды при поливах разным давлением необходимо будет сдвинуть полив любого модульного участка на 1...2 дня.

Для поддержания предполивных порогов наименьшей влагоемкости почвы (80...70...60 %), в поливных модулях предусмотрены участковые трубопроводы 15 с контролерами регуляторами 20. При необходимости экспериментатор может добавить в модуль поливного участка дополнительный вариант, например, поддержание дифференцированного порога влажности почвы 70...80...70 % НВ.

Для производства комбинированного орошения (КО+ МДД) в распределительном трубопроводе для комбинированного орошения 17 посредством контролера увеличиваем давление поливной воды с 0,015 до 0,02МПа, и в работу вступают дождевальные распылители.

Увлажнительные поливы производятся по вариантам (рисунок 1) или по вариантам, предусмотренным соискателем или фермером. Для этого составляется календарный план по срокам полива. Посредством участковых трубопроводов регулируется подача поливной воды по вариантам опытов. Для поддержания водного режима на всех порогах предполивной влажности почвы (80...70...60 % НВ) мы открываем контролеры на распределительном и участковых трубопроводах до давления (0,03МПа) и увлажняем почву до 100 % наименьшей влагоемкости, к примеру на способе малообъемного орошения. Затем закрываем все контролеры на всех вариантах опыта. При уменьшении на варианте водного режима наименьшей влагоемкости до 80 % НВ, мы снова включаем контролер на участковом трубопроводе и доводим предполивной порог до 100 %. Аналогичную операцию мы проводим на других поливных участках с порогами 70 и 60 % НВ.

На поливном модуле капельного полива мы поддерживаем режимы орошения с аналогичными предполивными порогами почвы (80...70...60 % НВ) в том же порядке.

Для осуществления исследований на вариантах комбинированного орошения (КО+МДД), как показано на рисунке 1, нами взят общий фон всего поливного массива с регулированием водного режима и поддержанием предполивного порога влажности почвы 80 % НВ. Для производства комбинированного полива в конструкцию модуля капельной системы орошения включен дополнительный распределительный трубопровод 17, от которого запитаны поливные трубопроводы 10, для осуществления мелкодисперсного дождевания.

При комбинированном орошении, как показано на рисунке 1, рассматриваются три варианта для МДД. Первый вариант — это включение МДД через 1 час, второй вариант – включение МДД через 0,5 часа и третий вариант — это дисперсия растений в

утренние и вечерние часы. Как показали ранее проведенные исследования по назначению сроков увлажнения листовой поверхности возделываемой культуры, могут назначаться и более ранние сроки, в зависимости от испарения водных капель с поверхности листа (А. В. Майер, В. С. Бочарников, Е. М. Жаринов).

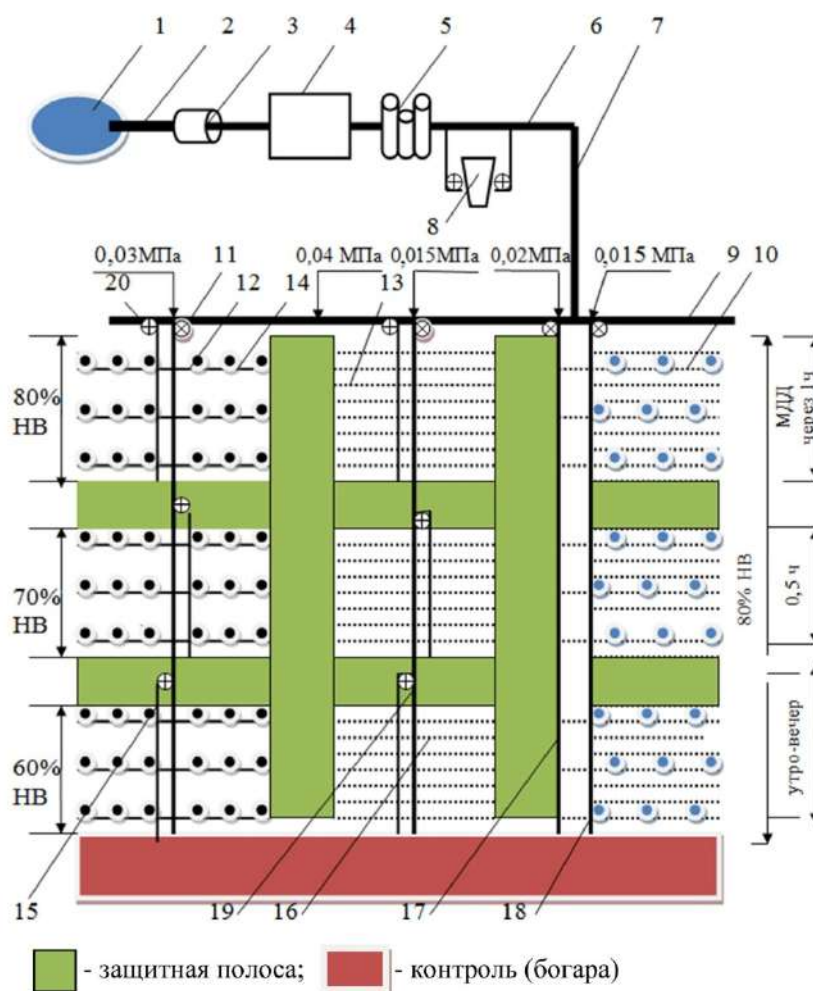


Рисунок 1 – Условная схема модульной системы орошения:

1 – водозаборное сооружение; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – водяной центробежный насос; 4 – фильтр грубой очистки; 5 – фильтры мелкой очистки; 6 – подводящий трубопровод; 7 – транспортирующий трубопровод; 8 – емкость гидроподкормщика; 9 – главный распределительный трубопровод; 10 – трубопровод комбинированного орошения; 11 – контролер для распределительных трубопроводов; 12 – дождевальная насадка; 13, 16 – капельные трубопроводы; 14 – поливной трубопровод малоинтенсивного дождевания; 15 – участковый трубопровод; 17 – распределительный трубопровод для комбинированного орошения; 18, 19 – распределительный трубопровод для капельного орошения; 20 – контролер для участковых трубопроводов

Figure 1 – Conditional diagram of a modular irrigation system:

1 – water intake structure; 2 – suction pipeline; 3 – water central pump; 4 – coarse filter; 5 – fine filters; 6 – supply pipeline; 7 – conveying pipeline; 8 – hydraulic feeder tank; 9 – main distribution pipeline; 10 – combined irrigation pipeline; 11 – controller for distribution pipelines; 12 – sprinkler nozzle; 13, 16 – drip pipelines; 14 – irrigation pipeline of low-intensity sprinkling; 15 – precinct pipeline; 17 – distribution pipeline for combined irrigation; 18, 19 – distribution pipeline for drip irrigation; 20 – controller for precinct pipelines

Условный расчёт малообъемного орошения. В общей сложности гидравлический расчёт трубопроводов системы малообъемного орошения заключается в определении диаметров d трубопроводов, расход воды Q в каждом трубопроводе, средней скорости v воды в трубопроводе (при необходимости) и потери напора (h_f). Для определения диаметра трубопровода d существуют различные подходы и формулы. Показатели расчетных данных гидравлического расхода системы малообъемного орошения (рисунок 2) сравнимы с показателями расходных данных МДД (рисунок 4), с разницей расходных показателей объемов воды, которые увеличиваются из-за скорости потребления воды и расходных характеристик дождевальных насадок.



Рисунок 2 – Малоинтенсивное дождевание картофеля (модуль 1)

Figure 2 – Low-intensity sprinkling of potatoes (module 1)

Гидравлический расчёт системы капельного орошения заключается в следующем:

- установление общего количества расхода воды, необходимого для орошения растений и расчёта системы;
- определение диаметров трубопроводов: магистрального, распределительных, и поливных трубопроводов, с определением в них средней скорости воды;
- определение потери напора в трубопроводах и в целом в системе;
- определение расхода воды одной капельницы, т. е. ее водопропускной способности (рисунок 3).

Установление общего количества и расхода воды, необходимого для орошения растений и расчёта системы. Количество и расход воды, необходимые для орошения культуры и расчёта системы, устанавливаются на основе оросительной нормы $M_{ор}$ конкретного растения. В орошаемом земледелии и оросительной мелиорации для гидравлического расчёта оросительной системы значение оросительной нормы можно определять либо расчётным путём, либо с использованием данных, полученных на основе многолетних экспериментальных исследований в конкретном регионе.

В классических методах при определении оросительной нормы предполагается, что этой нормой увлажняется вся площадь участка, однако при капельном орошении увлажняется только корнеобитаемая зона растений. При этом оросительная норма гораздо ниже, чем при традиционных способах орошения и определяется по зависимости:

$$M_k = K M_{ор}, \quad (1)$$

где $M_{ор}$, M_k – соответственно оросительная норма при обычном и капельном орошении, $m^3/га$; K – коэффициент уменьшения увлажняемой площади почвы и определяется следующим образом:

$$K = FN : 1000, \quad (2)$$

где F – площадь контура увлажнения в корнеобитаемой зоне растения, м^2 ; N – количество растений в одном гектаре; 10000 – выражение одного гектара в м^2 .

Общее количество воды V (м^3), необходимое для орошения растений за вегетационный период, определяется по формуле:

$$V = M_k P, \quad (3)$$

где P – общая площадь орошаемого поля, га; M_k – оросительная норма при капельном способе орошения, $\text{м}^3/\text{га}$.

На основе общего количества V (объёма) воды и продолжительности орошения за период вегетации t устанавливается расход воды для гидравлического расчёта системы капельного орошения по следующей известной формуле:

$$Q = V : t, \quad (4)$$



Рисунок 3 – Капельное орошение кукурузы (модуль 2)

Figure 3 – Drip irrigation of corn (module 2)

В таблице 1 представлены показатели расчета поливного комбинированного трубопровода (КО+МДД).

Таблица 1 – Показатели гидравлического расчета поливного комбинированного трубопровода (КО + МДД)

Table 1 – Indicators of the hydraulic calculation of the irrigation combined pipeline (KO + MDD)

Исходные данные	
1	2
Длина капельной линии, м	100
Расстояние между капельницами, м	0,5
Расстояние между установками МДД, м	6
Расход одной капельницей, л/ч	2,5
Расход одной установки МДД, л/ч	41,5
Диаметр поливного трубопровода, м	0,016
Коэффициент K_1	1
Коэффициент K_2	1,05
Показатель m , зависящий от длины трубопровода	1,04
Коэффициент кинематической вязкости	0,00000099
Расчетные данные	
Число установок МДД на одном трубопроводе, шт.	16

Окончание таблицы 1

1	2
Число капельниц на одном трубопроводе, шт	200
Расход воды в голове поливного трубопровода, л/ч	250 $6,9444\text{E}\times 10^{-0,5}$
Скорость движения воды в начальном сечении	0,345563517
Числитель	0,066207864
Знаменатель	$5,44896\text{E}\times 10^{-0,7}$
Потеря напора по длине, МПа	0,001925
Потеря напора на местные сопротивления, МПа	0,0001925
Общие потери, МПа	0,002117
Всего, м	2,117207599



Рисунок 4 – Комбинированное орошение кукурузы (модуль 3)

Figure 4 – Combined irrigation of corn (module 3)

Выводы. Разработка стационарной модульной оросительной системы позволит проводить поливы одной культуры тремя способами одновременно. Такой подход позволит выявить лучшие варианты режимов питания и орошения при возделывании какой-либо пропашной культуры, в том числе моркови столовой, картофеля, кукурузы и др. Многолетние исследования покажут использование того или иного способа полива в зависимости от климатических условий года. Например, в острозасушливый год рекомендуется проводить капельное орошение в сочетании с мелкодисперсным дождеванием, так как капельного орошения может быть недостаточно. Или в засушливый год выгоднее использовать малоинтенсивное дождевание. Имея на опытном полигоне такую разработанную модульную систему для осуществления поливов разными способами орошения одновременно, исследователи получают достоверные данные. Экспериментальные данные будут получены на одном опытном земельном участке, имея равные климатические и почвенные условия. Преимущества такой системы орошения открывают направление исследований для научных сотрудников, соискателей, аспирантов и даже для научных исследований сбора и обработке данных будущих соискателей на докторскую степень. Размещение вышеописанной конструкции системы орошения на испытательных полигонах в опытно-производственных и фермерских хозяйствах окажет неоценимую помощь для научно технических экспериментов.

Библиографический список

1. Бородычев В. В., Лытов М. Н. Техничко-технологические основы регулирования гидро-термического режима агрофитоценоза в условиях орошения // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 10 (98). С. 1484-1495.
2. Бочарников В. С., Мещеряков М. П. Новые приемы возделывания овощных культур в системе водосберегающего орошения // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2014. № 4. С. 54.
3. Добрачев Ю. П., Соколов А. П. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Природоустройство. 2016 № 3. С. 90-96.
4. 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.
5. Кирейчева Л. В., Карпенко Н. П. Оценка эффективности оросительных мелиораций в зональном ряду почв // Почвоведение. 2015. № 5. С. 587.
6. Курбанов С. А., Майер А. В., Магомедова Д. С. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания // Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
7. Меньших А. М. Сравнительная эффективность капельного орошения и дождевания при выращивании овощных культур в Подмоскowie // Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 42-45.
8. Мирсалахова Л. М. Система инъекционного орошения // Вестник Рязанского ГАТУ им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 1. С. 42-49.
9. Новиков А. Е., Ламскова М. И. Перспективные способы водоподготовки для малообъемного орошения // Орошаемое земледелие. 2014. № 3. С. 15-16.
10. Энциклопедия. Мелиорация и водное хозяйство / сост. А. Дж. Ахмедзаде, А. Д. Гашимов. Баку: Радиус, 2016. 632 с.
11. Improving irrigation scheduling of wheat to increase water productivity in shallow groundwater conditions using aquacrop / M. Goosheh, E. Pazira, A. Gholami, B. Andarzian, E. Panahpour // Irrigation and drainage. 2018. V. 67. I. 5. P. 738-754.
12. Santos O. F., Cunha F. F., Taira T. L. Increase in pea productivity associated with irrigation management // Horticultura Brasileira. 2018. V. 36. I. 2. P. 178-183.

Информация об авторах:

Майер Александр Владимирович, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: номер [https:// orkid.org/1000-0002-0065-8916](https://orcid.org/1000-0002-0065-8916) т.89053378678 э/п vkovniigim@yandex.ru

Пенькова Раиса Ивановна, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, (РФ 127750 г. Москва ул. Большая академическая 44 корпус 2) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9348-4408>, т.89053981105, э/п raja14-1@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-24

EFFECT OF SALICYLIC ACID ON REGENERATION AND DEVELOPMENT OF GRAPEVINE SEEDLINGS

N. G. Pavlyuchenko, S. I. Melnikova, N. I. Zimina, O. I. Kolesnikova

«All-Russian Research Ya. I. Potapenko Institute for Viticulture and Winemaking» – branch of the Federal State Budget Scientific Institution «Federal Rostov Agricultural Research Center» (ARRIV&W - branch of FSBSI FRARC) Novocherkassk, Russia

Received 27.03.2023

Submitted 10.05.2023

*The studies were carried out within the framework of research theme for 2018...2021.
"To develop effective technologies for production of planting material, including
the use of biotechnological methods." Subject No. 0710-2019-0031*

Abstract

Currently, salicylic acid (SA) is considered as an endogenous polyfunctional bioregulator of a phenolic nature, which is involved in cell signaling and formation of plant resistance to biotic factors. **Object.** Influence of exogenous SA on the development of grafted grapevine seedlings. The subject of the study was

the use of SA in the technology of production of grafted grapevine seedlings of Kumshatsky beliy/BxR Kober 5BB variety. **Materials and Methods.** The studies were carried out at ARRIV&W, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRARC (Novocherkassk, Rostov Region) in 2020-2021. according to generally accepted methods in viticulture. The soil type is ordinary black soil, calcareous, medium-thick, heavy loamy, on loess-like loams. The climate is continental. To set up the experiment, we used table grafts made by a grafting machine with an omega-shaped knife. The method of growing seedlings is open, with soil mulching with a black film, the planting scheme is 0.2 x 0.15 m. The experiment design included 5 variants in 3 replications, 50 grafts each. The grafts were treated with SA twice, during the period of stratification. Control is water. **Results and Discussions.** The responsiveness of grafted grapevine seedlings of Kumshatsky beliy variety to the introduction of SA and the dependence on the concentration of the solution were established. Under controlled conditions of the stratification chamber, SA - 2.0 mg/l, had an impact on the growth of shoots, the development of the leaf surface. Exogenous SA 1.5 mg/l inhibited the growth of shoots and stimulated the formation and growth of adventitious root primordia, their number increased by 0.4 relative to the control. The number of grafted plants that have taken root in the open field, in the best variants, ranged from 59.1 to 72.7%, in the control - 57.5%. The dependence of the development of seedlings in the nursey and the yield of high-quality grafted seedlings on the concentration of SA solution has been established. The largest number of standard seedlings of the Kumshatsky beliy variety was obtained with the treatment of SA 1.0 and 1.5 mg/l. The output increased, relative to the control, by 14.6 and 16.0%, respectively.

Key words: grapevine, grafted seedlings, Salicylic acid (SA), regeneration, biometric indicators.

Citation. Pavlyuchenko N. G., Melnikova S. I., Zimina N. I., Kolesnikova O. I. Effect of salicylic acid on regeneration and development of grapevine seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 209-218 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-24.

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

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.
УДК 634.8.04

ВЛИЯНИЕ САЛИЦИЛОВОЙ КИСЛОТЫ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ И РАЗВИТИЕ ВИНОГРАДНЫХ САЖЕНЦЕВ

Н. Г. Павлюченко, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

С. И. Мельникова, старший научный сотрудник

Н. И. Зими́на, старший научный сотрудник

О. И. Колесникова, старший научный сотрудник

Всероссийский научно-исследовательский институт виноградарства и виноделия
имени Я. И. Потапенко – филиал федерального государственного бюджетного научного
учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр»
(ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ) Новочеркасск, Россия

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

**Исследования проведены в рамках тематики НИР 2018...2021 гг. «Разработать
эффективные технологии производства посадочного материала, в том числе
с использованием биотехнологических методов». Тема № 0710-2019-0031**

Актуальность. В настоящее время салициловая кислота (СК) рассматривается как эндогенный полифункциональный биорегулятор фенольной природы, принимающий участие в клеточном сигналинге, формировании устойчивости растений к биотическим факторам. **Объект.** Влияние экзогенной СК на развитие привитых виноградных саженцев. **Предмет исследования** – использование СК в технологии производства привитых саженцев винограда сорта Кумшацкий белый / БхР Кобер 5ББ. **Материалы и методы.** Исследования проводили во ВНИИВиВ – филиал ФГБНУ ФРАНЦ (г. Новочеркасск Ростовской области) в 2020–2021 гг. согласно общепринятым в виногра-

дарстве методикам. Тип почвы – чернозем обыкновенный, карбонатный, среднесуглинистый, на лессовидных суглинках. Климат – континентальный. Для постановки опыта использовали настольные прививки, выполненные прививочной машинкой с омегаобразным ножом. Способ выращивания саженцев – открытый, с мульчированием почвы черной пленкой, схема посадки – 0,2 x 0,15 м. Опыт включал 5 вариантов в 3-х повторностях по 50 прививок. Обработка прививок СК – двукратная в период стратификации. Контроль – вода. **Результаты и обсуждение.** Установлена отзывчивость привитых саженцев винограда сорта Кумшацкий белый на внесение СК и зависимость от концентрации раствора. В контролируемых условиях стратификационной камеры СК – 2,0 мг/л оказала влияние на рост побегов, развитие листовой поверхности. Экзогенная СК – 1,5 мг/л ингибировала рост побегов и стимулировала закладку и разрастание зачатков придаточных корней, их количество относительно контроля увеличилось на 0,4 шт. Количество прижившихся прививок в открытом грунте в лучших вариантах варьировало от 59,1 до 72,7 %, в контроле – 57,5 %. Установлена зависимость развития саженцев в школке и выход качественных привитых саженцев от концентрации раствора СК. Наибольшее количество стандартных саженцев сорта Кумшацкий белый получено при обработке СК 1,0 и 1,5 мг/л. Выход увеличился относительно контроля на 14,6 и 16,0 % соответственно.

Ключевые слова: виноград, привитые саженцы винограда, Салициловая кислота (СК), регенерация саженцев, биометрические показатели саженцев винограда.

Цитирование. Павлюченко Н. Г., Мельникова С. И., Зими́на Н. И., Колесникова О. И. Влияние салициловой кислоты на регенерацию и развитие виноградных саженцев. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 209-218. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-24.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство виноградной продукции невозможно без применения химических средств, используемых для защиты от различных факторов среды, стимулирования роста и развития растений. Эффективность от их применения достаточно высока, однако многочисленными исследованиями доказаны негативные последствия использования химических препаратов, проявляющиеся в слабой степени утилизации в природных сообществах, прямо или косвенно загрязняющих воздух, воду, почву и общую экосистему, что создает серьезную угрозу для здоровья и жизни людей [3, 10]. Использование химических препаратов приводит к гибели «полезных» в агроценозе видов микроорганизмов. Кроме того, их существенный недостаток заключается в неспособности защитить растения от абиотических стрессов [2], потери от стрессовых факторов составляют 51-82 % урожая, что значительно превосходит потери, вызванные болезнями и вредителями [5].

В целях повышения продуктивности сельскохозяйственных растений и их устойчивости к комплексу биотических и абиотических стрессовых факторов среды широко используются полифункциональные препараты различного происхождения. Эффекты действия ряда данных средств обусловлены наличием в их составе биологически активных веществ, обладающих сигнальным или элиситорным действием [1]. В настоящее время салициловая кислота рассматривается как эндогенный полифункциональный биорегулятор фенольной природы, принимающий участие в клеточном сигналинге, формировании устойчивости растений к биотическим факторам [6, 7, 13]. Одна из наиболее ранних реакций клеток растений на элиситоры – генерация активированных форм кислорода (АФК) [9]. Интенсивное образование АФК в клетке служит универсальной неспецифической ответной реакцией не только на воздействие фитопатогенов, но и на влияние стрессовых факторов различной природы, в особенности к высокой температуре, засухе, заморозкам, экотоксикантам ростовых процессах [8, 11].

Учитывая свойства салициловой кислоты, рассмотрели перспективу её использования в виноградном питомниководстве.

Цель исследований – оценить влияние экзогенной салициловой кислоты на регенерацию, качественные и количественные показатели привитых виноградных саженцев.

Материалы и методы. Эксперименты выполняли во Всероссийском научно-исследовательском институте виноградарства и виноделия имени Я. И. Потапенко – филиал Федерального Ростовского аграрного научного центра (г. Новочеркасск, Ростовской области). Годы проведения исследований 2020–2021 гг.

Объект исследования – влияние экзогенной салициловой кислоты на развитие привитых виноградных саженцев.

Предмет исследования – использование салициловой кислоты в технологии производства привитых саженцев винограда сорта Кумшацкий белый / БхР Кобер 5ББ.

Для постановки опыта использовали прививки, выполненные прививочной машинкой с омегаобразным ножом. Стратификация прививок на глауконитовом песке, температура воздуха в стратификационной камере 27...29 °С, влажность – 85...98 %. Сроки проведения прививки – апрель, посадки прививок в школку – первая декада мая. Способ выращивания саженцев – открытый с мульчированием почвы черной полиэтиленовой пленкой (80 мк), схема посадки прививок 0,2 x 0,15 м. Минеральное удобрение (азофоска N₁₉P₉K₁₉) вносили перед посадкой саженцев. Полив поверхностный. Экзогенное внесение СК в период стратификации прививок двукратное. В контрольном варианте прививки обрабатывали водой. Опыт включал 5 вариантов, повторность 3-х кратная по 50 прививок в повторности.

Тип почвы – чернозем обыкновенный, карбонатный, среднемощный, тяжелосуглинистый, на лессовидных суглинках. Мощность гумусового горизонта (АВ) достигает 90 см. Климат континентальный. Сумма среднесуточных положительных температур от третьей декады апреля до первых заморозков – 3200...3400° С. Район относится к зоне недостаточного увлажнения, среднегодовая сумма осадков составляет 530 мм.

Метеорологические условия в период исследований отличались более высокими показателями суммы активных температур воздуха и меньшим количеством осадков (таблица 1).

Таблица 1 – Показатели агроклиматических ресурсов (г. Новочеркасск)

Table 1 – Indicators of agro-climatic resources (Novocherkassk)

Год	Сумма активных температур воздуха, °С	Количество осадков за вегетационный период, мм	Гидротермический коэффициент (ГТК)
2020	3481,4	139,0	0,4
2021	3401,8	251,0	0,7
Среднегодовое	3209,5	269,2	0,8

В процессе исследования учитывались следующие показатели: ризогенная активность и биометрические показатели привитых саженцев после стратификации, адаптация прививок в школке, развитие надземной части и корневой системы саженцев, вызревание лозы, выход стандартных саженцев. Наблюдения и исследования проводились по методикам общепринятым в виноградарстве.

Оценка качества исходного материала для прививки винограда. Для прививки использовали черенки привоя и подвоя, имеющие диаметр в верхней части 7...12 мм. Влажность черенка – 52...53 %. Сохранность почек привойного сорта 100...90 %.

Учет выхода прививок после стратификации. Рассчитывали отношением числа сделанных прививок по варианту, к числу прививок с круговым каллусом (%).

Показатели развития прививок после стратификации. Оценивали 45 саженцев по каждому варианту опыта. Учитывали: количество листьев (шт.), общую площадь листовой поверхности (см²), длину побегов (см), количество корней (шт.), длину корней (см).

Учет приживаемости прививок на участке проводили через 1...2 месяца после посадки. Для укоренившейся прививки характерно появление усика на побеге. На опытных деланках каждого варианта подсчитывали общее число высаженных прививок и прижившихся и рассчитывали приживаемость (%).

Определение выхода привитых виноградных саженцев рассчитывали отношением числа сделанных прививок по варианту, к числу выкопанных стандартных саженцев (%).

Оценка качества саженцев. Развитие саженцев оценивали по завершении активного роста. У 30 саженцев каждого варианта опыта учитывали: количество листьев (шт.), общую площадь листовой поверхности (см²), длину побегов (см), диаметр побегов (мм). Определение зрелости однолетних побегов проводили по морфологическим признакам. После выкопки саженцев у 25 растений каждого варианта учитывали общее количество корней, развившихся на пятке, с распределением на 3 фракции: до 1 мм, 1-3 мм и более 3 мм.

Статистическую обработку основных результатов исследований осуществляли методом дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову (Методика полевого опыта. 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.) с использованием программ для Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. Внекорневая обработка прививок во время стратификации была направлена на установление зависимости каллусогенеза, роста и развития привитых черенков от концентрации раствора СК. Каллусогенез – это процесс формирования соединительной ткани между привойной и подвойной частями прививки. Индукция каллусогенеза возникает вследствие образования раневых гормонов (травматиновая кислота) при механическом повреждении. Обязательное условие образования клеток каллуса у эксплантов, помимо повреждения, – присутствие ауксинов [4]. Салициловая кислота, использованная для обработки прививок во время стратификации, активирует содержащиеся в черенках ауксины и индуцирует образование каллуса.

Анализ полученных данных указывает на зависимость процесса каллусования от концентрации раствора СК. Через 18-20 дней после установки прививок в стратификационную камеру, в зависимости от концентрации СК, выход прививок с круговым каллусом находился в пределах 93,4 - 100% (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние экзогенного внесения СК в период стратификации на регенерационную активность прививок винограда сорта Кумшацкий белый

Table 2 – Influence of exogenous application of SA during the period of stratification on the regenerative activity of grafting grapes of the Kumshatsky white variety

Вариант	Выход прививок после стратификации, %		
	с каллусом без побега	с каллусом и побегом	брак
Контроль	22,6	66,6	10,8
СК-0,5 мг/л	13,4	86,6	-
СК-1,0 мг/л	16,0	82,0	2,0
СК-1,5 мг/л	18,0	79,2	2,8
СК-2,0 мг/л	20,7	72,7	6,6
НСР	2,5	1,7	-

Обработка прививок минимальной концентрацией СК-0,5 мг/л активировала каллусогенез и стимулировала распускание почек привойного сорта, при 100 % выходе прививок с круговым каллусом количество с каллусом и без побега снизилось относительно контроля на 9,2 % (рисунок 1). С увеличением концентрации раствора СК уменьшается количество прививок с круговым каллусом и побегом и увеличивается

количество прививок с нераспустившимся глазком. При использовании СК 2,0 мг/л показатель выхода прививок с круговым каллусом достигает минимального значения – 93,4 %, при максимальном количестве прививок с нераспустившимся глазком 20,7 %.



Рисунок 1 – Влияние СК на образование каллусной ткани: А – СК 0.5 мг/л, Б – контроль

Figure 1 – The effect of SA on the formation of callus tissue: A - SA 0.5 mg/l, B – control

В контролируемых условиях стратификационной камеры не удалось установить закономерностей развития побегов привитых саженцев от концентрации СК, но получены экспериментальные данные, указывающие на влияние экзогенной СК на вегетативные процессы (рисунок 2). Максимальные биометрические показатели установлены в результате обработки прививок СК – 2,0 мг/л. Относительно контроля длина побега увеличилась на 0,4 см, площадь листовой поверхности – на 3,3 см², количество листьев – на 0,1 шт., при значительном увеличении площади листовой пластины – на 0,7 см².

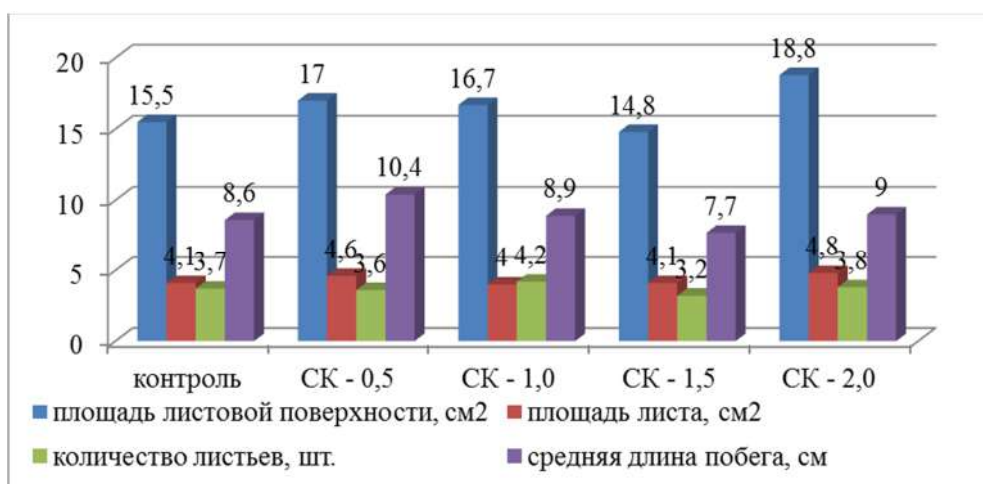


Рисунок 2 – Показатели развития листового аппарата привитых саженцев сорта Кумшацкий белый

Figure 2 – Indicators of the development of the leaf apparatus of grafted seedlings varieties Kumshatsky white

Ингибирование ростовых процессов отмечено в варианте СК 1,5 мг/л, относительно контроля длина побега снизилась на 0,9 см, площадь листовой поверхности – на 0,7 см², количество листьев на 0,5 шт. при одинаковой площади листовой пластины – 4,1 см². Экспериментальные данные указывают на отзывчивость привитых саженцев сорта Кумшацкий белый на внесение салициловой кислоты в период стратификации прививок, проявляющаяся в различном отклике на изменяющуюся концентрацию раствора СК.

В задачи исследований входило определение влияния СК на развитие корневой системы у подвойного сорта. Анализ состояния корневой системы саженцев после стратификации указывает на ингибирование роста корней в опытных вариантах. Суммарная длина корней в вариантах с использованием СК варьировала от 12,4 до 20,7 см, в контроле – 21,2 см (рисунок 3).

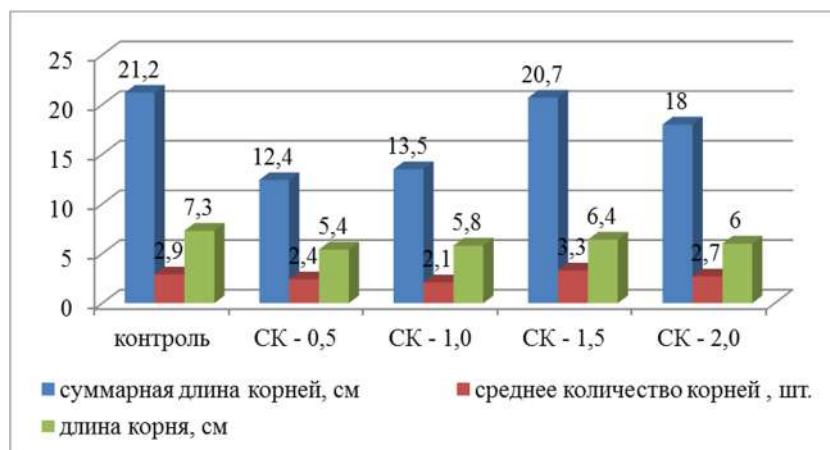


Рисунок 3 – Показатели развития корневой системы привитых саженцев сорта Кумшацкий белый

Figure 3 – Indicators of the development of the root system of grafted seedlings varieties Kumshatsky white

Внесение СК повлияло на рост корней, средняя длина одного корня на 0,9-1,9 см меньше контроля. Вместе с тем экзогенная СК 1,5 мг/л стимулировала закладку и разрастание зачатков придаточных корней, их количество относительно контроля увеличилось на 0,4 шт. В остальных вариантах опыта количество корней меньше контрольного на 0,2-0,8 шт. Выявленную особенность влияния экзогенной салициловой кислоты на развитие корневой системы прививок винограда в период стратификации на питательном субстрате можно использовать для подавления излишнего роста корневой системы.

Исследованиями на разных культурах установлено, что в дополнение к биотическим стрессам СК опосредует реакцию на абиотические стрессы, такие как засуха, низкая температура и высокая соленость раствора или почвы [12]. В рамках эксперимента опыт был продолжен в полевых условиях. По результатам наблюдений за привитыми саженцами сорта Кумшацкий белый установлено пролонгированное влияние обработки прививок салициловой кислотой в концентрациях 0,5-1,5 мг/л на процесс адаптации прививок к условиям открытого грунта. Количество прижившихся прививок в этих вариантах составило: СК 0,5 мг/л – 72,7 %, СК 1,0 мг/л – 59,1 %, СК 1,5 мг/л – 66,7 %, в контроле – 57,5 %, $НСР_{05}=9,9$ (таблица 3). В варианте СК 0,5 мг/л установлен максимальный показатель приживаемости прививок в школке, увеличение относительно контрольного варианта составило 15,2 %. Полученные результаты эксперимента на винограде согласуются с литературными данными о том, что на однолетних культурах СК является стимулятором устойчивости к абиотическим факторам.

Анализ биометрических показателей, характеризующих качество посадочного материала, доказывает эффективность применения фитогормона СК в период стратификации прививок. В опытных вариантах длина побегов находилась в пределах 128,3-137,2 см, в контроле – 119,9 см. В вариантах СК 0,5-1,5 мг/л увеличение длины побега происходило за счет увеличения длины междоузлия. При обработке СК 2,0 мг/л эффективность не установлена, длина междоузлия соответствует контролю. Отмечена тен-

денция к изменению диаметра побегов. Лучшей концентрацией была 0,5 мг/л, диаметр побега увеличился по сравнению с контролем на 0,2 мм. При увеличении концентрации СК до 2,0 мг/л диаметр побега уменьшился относительно контроля на 0,4 мм.

Таблица 3 – Влияние СК на биометрические показатели привитых саженцев, сорт Кумшацкий белый

Table 3 – Influence of SC on the biometric parameters of grafted seedlings, grade Kumshatsky white

Вариант	Приживаемость, %	Побег		Длина междоузлия, см	Площадь листовой поверхности, см ²	Количество листьев, шт.	Площадь одного листа, см ²
		длина, см	диаметр, мм				
Контроль	57,5	119,9	5,9	3,9	1708	30,4	56,2
СК 0,5мг/л	72,7	128,3	6,1	4,3	1492	30,0	49,7
СК 1,0мг/л	59,1	137,2	5,6	4,2	1546	32,6	47,4
СК 1,5мг/л	66,7	137,0	5,7	4,4	1701	31,4	54,2
СК 2,0мг/л	56,4	135,3	5,5	3,9	1719	35,0	49,1
НСР ₀₅	9,9	-	-	-	-	-	-

Оценка состояния листового аппарата указывает на существование зависимости развития от концентрации СК. Минимальная площадь листовой поверхности установлена при использовании СК 0,5 мг/л – 1492 см², на 216 см² меньше площади контрольного варианта. С увеличением концентрации СК площадь листовой поверхности увеличивается и при СК 2,0 мг/л достигает максимального значения – 1719 см². Рост площади листовой поверхности напрямую зависит от количества развившихся листьев и их площади. Наибольшее количество листьев отмечено в результате внесения СК 2,0 мг/л – 35,0 шт., т.е. в этом варианте сокращается длина междоузлия с увеличением их количества, благодаря чему площадь листовой поверхности соответствует контролю. Экзогенное СК 0,5 мг/л и СК 1,5 мг/л стимулирует рост междоузлий за счет растяжения клеток. Вместе с тем во всех опытных вариантах сокращается средняя площадь одного листа относительно контроля.

Среднее количество пяточных корней в расчете на саженец варьировало от 11,2 до 12,2 шт., в контрольном варианте – 11,6 шт. Наиболее значимые отличия от контроля установлены в результате обработки прививок растворами низкой концентрации СК 0,5 и 1,0 мг/л, количество корней увеличилось на 0,6 шт. Отмечено положительное влияние на рост корня в толщину. Максимальное количество корней диаметром более 1 мм – 8 шт. – развилось в варианте с концентрацией салициловой кислоты 1,0 мг/л, по мере увеличения концентрации СК количество таких корней снижалось и в варианте СК 2,0 образовалось 5,6 шт.

Таблица 4 – Влияние СК на развитие корневой системы привитых саженцев винограда, сорт Кумшацкий белый

Table 4 – Influence of SA on the development of the root system of grafted seedlings grapes, variety Kumshatsky white

Вариант	Общее количество корней, шт.	В том числе по фракциям, шт.			Выход саженцев, %
		< 1мм	1-3 мм	> 3 мм	
Контроль	11,6	6,2	4,4	1,0	40,0
СК 0,5мг/л	12,2	5,6	4,8	1,8	47,3
СК 1,0мг/л	12,2	4,2	6,0	2,0	54,6
СК 1,5мг/л	12,0	5,4	5,0	1,6	56,0
СК 2,0мг/л	11,2	5,6	5,2	0,4	48,0
НСР ₀₅	-	-	-	-	10,6

Состояние корневой системы оценивали после завершения вегетации (таблица 4). Во всех вариантах опыта саженцы имели хорошо развитую корневую систему, однако прослеживается некоторая зависимость от концентрации СК.

Основным показателем эффективности технологии производства посадочного материала служит выход стандартных привитых саженцев в школке. В результате обработки саженцев сорта Кумшацкий белый СК 1,0 и 1,5 мг/л выход увеличился, относительно контроля, на 14,6 и 16,0 % соответственно. Использование салициловой кислоты в дозах 0,5 и 2,0 мг/л оказалось менее эффективно, но тем не менее выход саженцев относительно контроля увеличился на 7,3-8,0 % соответственно.

Выводы. Экспериментальные данные указывают на отзывчивость привитых саженцев сорта Кумшацкий белый на внесение салициловой кислоты в период стратификации прививок, проявляющуюся в различном отклике на изменяющуюся концентрацию раствора СК. В контролируемых условиях стратификационной камеры установлена стимулирующая роль внекорневой обработки СК – 2,0 мг/л, оказавшая влияние на рост побегов, развитие листовой поверхности. Экзогенная СК – 1,5 мг/л ингибировала рост побегов и стимулировала закладку и разрастание зачатков придаточных корней, их количество относительно контроля увеличилось на 0,4 шт. Анализ биометрических показателей, характеризующих качество посадочного материала, доказывает эффективность применения фитогормона СК. Установлена зависимость развития саженцев в школке и выход качественных привитых саженцев от концентрации раствора СК. Наибольшее количество стандартных саженцев сорта Кумшацкий белый получено при обработке СК 1,0 и 1,5 мг/л. Выход увеличился, относительно контроля, на 14,6 и 16,0 % соответственно.

Библиографический список

1. Биостимулятор иммунитета и продуктивности растений на основе природных элиситоров компостного червя / Т. А. Рябчинская, Г. Л. Харченко, И. Ю. Бобрешова, Н. А. Саранцева. http://www.rusnauka.com/24_PNR_2014/Agricole/5_175665.doc.htm.
2. Кабашникова Л. Ф. Прайминг защитных реакций в растениях при патогенезе: приобретенный иммунитет // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2020. № 4. с. 19–29.
3. Монастырский О. А. Биопрепараты: типы, рынки в России и в других странах // Агрохимия. 2019. № 11. С. 86–90.
4. Морозова Н. Г., Маслов М. А. Отдельные главы общей биотехнологии // Клеточная биотехнология растений. М., 2010. 42 с.
5. Buchanan B. B. Biochemistry and molecular biology of plants // American Society of Plant Physiologists. USA. Rockville, Maryland, 2006. 1367 p.
6. Ding P., Ding Y. Stories of salicylic acid: A plant defense hormone // Trends Plant Sci. 2020. No 25. P. 549–565.
7. Exogenous salicylic acid ameliorates heat stress-induced damages and improves growth and photosynthetic efficiency in alfalfa (*Medicago sativa* L.) / M. Wassie, W. Zhang, Q. Zhang [et. al.] // Ecotoxicol. Environ. Saf. 2020. No 191. 110206.
8. Exogenous Application of Methyl Jasmonate and Salicylic Acid Mitigates Drought-Induced Oxidative Damages in French Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) / M. Mohi-Ud-Din, D. Talukder, M. Rohman [et. al.] // Plants. 2021. No 10. P. 2066.
9. Regulation of the Arabidopsis transcriptome by oxidative stress / R. Desikan, S. A.-H. Mackerness, J. T. Hancock, S. J. Neill // Plant Physiol. 2001. No 127. P. 159–172.
10. Risk of pesticide pollution at the global scale / F. H. M. Tang, M. Lenzen, A. McBratney [et al.] // Nat. Geosci. 2021. No 14. P. 206–210.
11. Salicylic Acid, a Multifaceted Hormone, Combats Abiotic Stresses in Plants / Junli Liu, Gaoyang Qiu, Chen Liu [et.al.] // Life. 2022. No 12 (6). P. 886.

12. Salicylic acid-induced abiotic stress tolerance and underlying mechanisms in plants / M. I. R. Khan, M. Fatma, T. S. Per [et al.] // Front. Plant. Sci. 2015. V. 6. Article 462.

13. Zhang Y., Li X. Salicylic acid: Biosynthesis, perception, and contributions to plant immunity. Curr. Opin // Plant Biol. 2019. No 50. P. 29–36.

Информация об авторах:

Павлюченко Наталья Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени я.и. потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 166). ORCID: 0000-0002-8185-693X. E-mail: npavlyuchenko@yandex.ru

Зимина Наталия Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени я.и. потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 166). ORCID: 0000-0001-5312-8292. E-mail: ZiminaN@yandex.ru

Мельникова Светлана Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени я.и. потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 166). ORCID: 0000-0001-8862-9329. E-mail: melnikova.s.1951@yandex.ru

Колесникова Ольга Ивановна, старший научный сотрудник лаборатории питомниководства винограда Всероссийского научно-исследовательского института виноградарства и виноделия имени я.и. потапенко – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный Ростовский аграрный научный центр» (346421, Ростовская обл., г. Новочеркасск, пр. Баклановский, 166). ORCID: 0000-0002-0595-0537. E-mail: Kolecnikova O@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-25

INFLUENCE OF DIFFERENT SPECTRUM OF LIGHT IN COMBINATION WITH *BACILLUS SUBTILIS* ON THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS

A. A. Reut¹, I. N. Allayarova¹, O. V. Lastochkina², A. R. Biglova¹

¹South-Ural Botanical Garden-Institute of Ufa Federal Research Centre
of Russian Academy of Sciences

²Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Federal Research Centre
of Russian Academy of Sciences

Received 14.04.2023

Submitted 25.05.2023

The work was carried out under the Program of Basic Research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences "Biodiversity of Natural Systems and Plant Resources of Russia: assessment of the state and monitoring of dynamics, problems of conservation, reproduction, increase and rational use" and within the framework of the state assignments of the SUBGI UFRC RAS on topic No. 122033100041-9 and IBG UFRC RAS (state registration number AAAA-A21-121011990120-7) using the equipment of the Central Collective Use Center "Agidel" and UNU "KODINK" UFRC RAS

Abstract

Introduction. For a detailed study of the physiology of plant resistance to stressful conditions caused by abiotic factors, various plant objects are involved in the research circle. It is known that endophytic bacteria are able to improve plant growth processes and facilitate the transfer of various adverse environmental factors. **Object** of research is *Lilium* × *hybrida* 'Trendy Savannah' – an ornamental perennial bulbous plant of the family Liliaceae Juss., an Asian hybrid. **Materials and methods.** The study used spectrophotometric methods to analyze the dynamics of the content of chlorophylls *a* (Cl *a*), *b* (Cl *b*) and carotenoids (Car) under the influence of different light spectra and inoculation by the bacte-

rium *Bacillus subtilis* (Bs) during the growing season. **Results and conclusions.** During the study, the highest content of photosynthetic pigments in the leaves was observed in the white light spectrum, although a decrease in the values of $Cl\ a/Cl\ b$ was noted during the flowering period. The positive effect of Bs on the indicators of $Cl\ a+Cl\ b$, $Cl\ a/Cl\ b$ and $Cl\ a+Cl\ b/Kar$ was recorded during the fruiting phase in the variants Bs+blue light spectrum and Bs+red light spectrum.

Key words: LED, Light spectra, *Lilium*, PGP-bacteria, Photosynthetic pigments.

Citation. Reut A. A., Allayarova I. N., Lastochkina O. V., Biglova A. R. Influence of different spectrum of light in combination with bacillus subtilis on the content of photosynthetic pigments. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 218-230 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-25.

Author contributions. OL and AR design of the work. AB and IA carried out the analysis. AR, AB and IA carried out the interpretation of data. AB, IA and AR have drafted the work.

Conflict of interest. The authors declared that they have no conflict of interest.

УДК 579.2:635.9:577.344.3

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ СПЕКТРОВ СВЕТА В КОМБИНАЦИИ С *BACILLUS SUBTILIS* НА СОДЕРЖАНИЕ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ

А. А. Реут¹, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
И. Н. Аллаярова¹, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник
О. В. Ласточкина², кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
А. Р. Биглова¹, инженер I категории лаборатории

¹Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа

²Институт биохимии и генетики – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа

Дата поступления в редакцию 14.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем и растительные ресурсы России: оценка состояния и мониторинг динамики, проблемы сохранения, воспроизводства, увеличения и рационального использования» и в рамках государственных заданий ЮУБСИ УФИЦ РАН по теме № 122033100041-9 и ИБГ УФИЦ РАН (№ гос. регистрации АААА-А21-121011990120-7) с использованием оборудования ЦКП «Агидель» и УНУ «Кодинк» УФИЦ РАН

Актуальность. Для детального изучения физиологии устойчивости растений к стрессовым условиям, вызванным абиотическими факторами, в круг исследования вовлекаются различные растительные объекты. Известно, что эндофитные бактерии способны улучшать ростовые процессы растений и облегчать перенесение различных неблагоприятных факторов среды. **Объектом** исследования является *Lilium × hybrida* 'Trendy Savannah' – декоративное многолетнее луковичное растение семейства Liliaceae Juss., азиатский гибрид. **Материалы и методы.** В исследовании использовали спектрофотометрические методы с целью анализа динамики содержания хлорофиллов *a* (Хл *a*), *b* (Хл *b*) и каротиноидов (Кар) под воздействием разных спектров света и инокуляции бактерией *Bacillus subtilis* (Bs) за вегетационный период. **Результаты и выводы.** За время изучения наибольшее содержание фотосинтетических пигментов в листьях наблюдали при белом спектре света, хотя в период цветения отмечали понижение значений Хл *a*/Хл *b*. Положительное влияние Bs на показатели Хл *a*+Хл *b*, Хл *a*/Хл *b* и Хл *a*+Хл *b*/Кар зафиксировали в фазу плодоношения в вариантах Bs+синий спектр света и Bs+красный спектр. В целом по совокупности полученных данных выявлено, что для получения высокодекоративного материала лилий в условиях закрытого помещения наиболее перспективно использовать красный + синий световой спектры в комбинации с Bs.

Ключевые слова: светодиодные лампы, световой спектр, декоративные растения, рост-стимулирующие бактерии, фотосинтетические пигменты.

Цитирование. Реут А. А., Аллаярова И. Н., Ласточкина О. В., Биглова А. Р. Влияние разных спектров света в комбинации с *Bacillus Subtilis* на содержание фотосинтетических пигментов. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 218-230. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-25.

Авторский вклад. Реут А. А. – анализ полученных данных; Биглова А. Р. – сбор и обработка материалов, написание текста; Аллаярова И. Н. – сбор и обработка материалов, написание текста; Ласточкина О. В. – концепция и дизайн исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Круглогодичная выгонка декоративных растений – один из основных этапов в производстве цветочной продукции [9]. Лилии являются широко распространенной и популярной культурой защищенного грунта в зимне-весенний период благодаря технологичности и высокой декоративности. Однако при зимней выгонке в период с января по март высока вероятность снижения качества цветочной продукции (бледная окраска цветка и листьев, вытягивание стебля). Солнечный свет является одним из основных абиотических факторов, влияющих на жизнедеятельность и продуктивность растений. Для успешного выращивания цветочных культур естественного уровня солнечной радиации может быть недостаточно, например, в условиях Севера [1]. Поэтому очевидна необходимость применения источников искусственного света для дополнительного освещения и изучения их влияния на физиологические процессы.

Особый интерес в технологиях освещения в закрытых системах садоводства представляют светодиоды, которые характеризуются высокой эффективностью излучения, длительностью срока службы, компактными размерами, низкой температурой, узким диапазоном спектра и технической надежностью [11]. Внедрение в практику светокультуры современных светодиодных источников, позволяющих реализовать любую комбинацию параметров световой среды, должно учитывать известные к настоящему времени эффекты воздействия оптического излучения на растения. Результаты современных экспериментальных исследований по светокультуре, увязанные с классическими положениями светофизиологии растений, позволяют лучше понять особенности совокупного и отдельного воздействия параметров световой среды на растения и могут быть использованы при программированном выращивании растений в культурных сооружениях [6].

Красный спектр способствует выработке хлорофилла (Хл) *a*, вытягиванию растения, цветению и созреванию плодов [2]. Красный и синий спектры света также могут оказывать бактерицидное и фунгицидное действие, являясь при этом экологически безопасным способом защиты [13].

Опыт указывает на необходимость более широкого применения средств защиты и новых форм биологических удобрений и регуляторов роста растений. В качестве альтернативы химическим препаратам все более широкое применение находят биопрепараты на основе полезных рост-стимулирующих бактерий (PGPB – plant growth-promoting bacteria), характеризующихся также свойствами индукторов устойчивости растений к стрессовым факторам биотической и абиотической природы. Бактерии рода *Bacillus* более перспективны в качестве компонентов биоудобрений, поскольку образуют споры, длительно сохраняющие жизнеспособность и устойчивость к повреждающим воздействиям [10]. Особый интерес представляют эндофитные бактерии *Bacillus subtilis*, способные колонизировать ткани растений-хозяев и изнутри влиять на их метаболизм в ходе всего вегетационного периода, сохраняя защитный потенциал на последующие годы [15].

Хлорофиллы и каротиноиды (Кар) являются основными фотосинтетическими пигментами, обеспечивающими адсорбцию квантов света и фотосенсибилизацию у растений. Поскольку пигменты интегрированы в мембраны хлоропластов и связаны с белками, их количественное содержание и соотношение могут отражать особенности адаптации фотосинтетического аппарата в целом и обеспечивать его функциональную диагностику. Значимым показателем физиологического состояния растений является содержание в листьях пигментов Хл *a* и Хл *b* и Кар. Изменения в составе пигментного комплекса можно рассматривать в качестве индикаторов механизма адаптации видов к условиям внешней среды [3]. Количество фотосинтетических пигментов в растениях не является константной характеристикой, а имеет сезонный характер [7]. Однако данных по сезонной динамике пигментного комплекса декоративных травянистых растений недостаточно, а в отношении влияния разных спектров света в сочетании с эндофитными бактериями на эти показатели в растениях лилии и вовсе отсутствуют. В связи с вышесказанным актуальны исследования по подбору оптимальных источников освещения в комбинации с полезными рост-стимулирующими бактериями с целью повышения эффективности фотосинтеза у цветочных культур, что позволит повысить качество выращиваемой продукции с одновременным снижением затрат на электроэнергию.

Цель работы – выявить специфичность действия разных световых спектров на содержание фотосинтетических пигментов и декоративные качества *Lilium*×*hybrida* ‘Trendy Savannah’, инокулированных штаммом бактерий *Bacillus subtilis* при выращивании в условиях закрытого пространства.

Материалы и методы. Объект исследования – *Lilium*×*hybrida* ‘Trendy Savannah’ – декоративное многолетнее луковичное растение семейства Liliaceae Juss., азиатский гибрид. Цветок чашевидной формы, ярко-розовый с эффектом свечения, центр черно-пурпурный, бутоны направлены в стороны под углом 45°. Высота взрослого растения до 45 см. Сорт неприхотлив, устойчив к грибным заболеваниям, зимостоек. Идеально подходит для выращивания в контейнерах, горшках, уличных вазонах.

Исследования по выращиванию лилий под светодиодными излучателями проводили в закрытом помещении без доступа солнечного света. Опытные культуры произрастали в пяти боксах для выращивания растений (1,5×1,5 м), из которых четыре были оснащены светодиодными лампами (LED-equipped growth boxes), а один являлся контрольным вариантом с лампами дневного света. Каждый бокс был оснащен светодиодными лампами с разными спектрами света:

- синий (условное обозначение В): длина волны 460 нм,
- белый (W): 35 % синий (400+500 нм) + 49 % средний (500+600 нм) + 16 % красный (600+700 нм),
- красный (R): 660 нм,
- красный+синий (R+B): 70 % красный (600+700 нм) + 30 % синий (460 нм);
- дневное освещение (Day L).

Свет обеспечивали светодиодные (LED) модули (24-W, Iran Grow Light Co., Иран). Спектры мониторили с помощью люксметра Sekonic (Sekonic C-7000, Токио, Япония). Во всех боксах плотность потока фотосинтетических фотонов (PPFD, photon flux density) (интенсивность света) составляла $250 \pm 10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Все растения подвергали одинаковым контролируемым условиям, т.е. 16-ти часовой фотопериод, температура воздуха – $22 \pm 3^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха – $50 \pm 5 \%$.

Штамм бактерии *Bacillus subtilis* 10-4 ВКПМ (Всероссийская коллекция промышленных микроорганизмов) был ранее выделен из пахотных почв Республики Башкортостан в Башкирском НИИСХ УФИЦ РАН (г. Уфа), идентифицирован с помощью

16s РНК анализа, детально охарактеризован [12, 15] и депонирован в БРЦ ВКПМ (№ В-12988 от 23.06.2019 г.). Для получения инокулюма клетки штамма 10-4 культивировали на среде Лурия-Бертани (LB) при 37 °С, 180 об/мин в течение 24 ч (до достижения концентрации клеток 10^9 КОЕ/мл) и разбавляли стерильной водой до концентрации 10^5 КОЕ/мл, отобранной ранее в качестве оптимальной в стимуляции роста и защите растений от стрессов [12]. Концентрацию бактериальных клеток определяли при OD₆₀₀ на спектрофотометре SmartSpec™ Plus (Bio–Rad, Hercules, США).

Луковицы лилий в опытных вариантах перед посадкой замачивали в суспензии культуры *B. subtilis* ВКПМ (10^5 КОЕ/мл) (Bs), в контрольном (C) – в воде, продолжительностью 30 минут. Подготовленные луковицы сажали в горшки с почвой и ставили в камеры роста с белым (W), синим (B), красным (R), красным + синим (R+B) спектрами света и при дневном освещении (Day L). Варианты опытов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты опытов и их расшифровка

Table 1 – Variants of experiments and their decoding

№ опыта / experience number	Вариант опыта / Experience variant	Расшифровка варианта / Variant decoding
1	C+R	Неинокулированные луковицы (контроль) в красном спектре / Non-inoculated bulbs (control) in the red spectrum
2	Bs+R	Инокулированные луковицы в красном спектре / Inoculated bulbs in the red spectrum
3	C+B	Неинокулированные луковицы (контроль) в синем спектре / Non-inoculated bulbs (control) in the blue spectrum
4	Bs+B	Инокулированные луковицы в синем спектре / Inoculated bulbs in the blue spectrum
5	C+W	Неинокулированные луковицы (контроль) в белом спектре / Non-inoculated bulbs (control) in white spectrum
6	Bs+W	Инокулированные луковицы в белом спектре / Inoculated bulbs in white spectrum
7	C+R+B	Неинокулированные луковицы (контроль) в варианте красный + синий спектры / Non-inoculated bulbs (control) in the red + blue spectrum
8	Bs+R+B	Инокулированные луковицы в варианте красный + синий спектры / Inoculated bulbs in red + blue spectrum
9	C+Day L	Неинокулированные луковицы (контроль) под лампами дневного света / Non-inoculated bulbs (control) under fluorescent lights
10	Bs+Day L	Инокулированные луковицы под лампами дневного света / Inoculated bulbs under fluorescent lights

Агрохимическая характеристика торфогрунта на начало опытов: грунт питательный марки универсальный с биогумусом. Массовая доля питательных веществ, мг/100 г: азот общий – 50-110, общий фосфор – 30-70, калий – 55-110. Органическое вещество – не <50 %. pH_{водн} – 5,5–7,0. Состав: торф, песок, биогумус (продукты жизнедеятельности дождевых червей), комплексные минеральные удобрения, раскислитель (известняковая мука). Маркировка по ГОСТ 19433.

Математическую обработку данных осуществляли с помощью общепринятых методов вариационной статистики с использованием пакета программ AgCStat в виде надстройки Excel. Различия оценивали как статистически значимые при $p \leq 0,05$. Для оценки различий между группами использовали тест Шеффе.

Оценку содержания фотосинтетических пигментов проводили в период бутонизации, цветения и плодоношения. Содержание фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, хлорофилла *b* и каротиноидов, далее Хл *a*, Хл *b* и Кар) определяли спектрофотометрическим методом [11]. Листья растений (0,05 г) гомогенизировали в 96 % этаноле (10 мл) с добавлением СаСО₃ и фильтровали. Оптическую плотность отфильтрованных экстрактов измеряли с помощью спектрофотометра SmartSpec™ Plus spectrophotometer (Bio-Rad, Hercules, США) при 663 нм (Хл *a*), 646 нм (Хл *b*) и 470 нм (Кар). Количественное содержание пигментов рассчитывали по формуле, описанной в методике.

Результаты и обсуждение. *Содержание фотосинтетических пигментов.* В ходе экспериментов было установлено, что в период бутонизации максимальное содержание Хл *a*, Хл *b* и Кар наблюдали в варианте «Bs + W» (0,034; 0,008 и 0,009 мг/г, соответственно), минимальное – в «C + W» (0,017; 0,003 и 0,004 мг/г, соответственно) и «C + B» (0,015; 0,003 и 0,004 мг/г, соответственно) (рисунок 1А). Положительное влияние бактерий в фазу бутонизации выявлено в вариантах «Bs + B», «Bs + R», «Bs + W» и «Bs + Day L».

В период цветения максимальное содержание Хл *a*, Хл *b* и Кар наблюдали в варианте «C + W» (0,044; 0,014 и 0,010, мг/г соответственно), минимальное – в «C + Day L» (0,018; 0,009 и 0,004 мг/г, соответственно) (рисунок 1Б). Положительное влияние бактерий в фазе цветения выявлено в вариантах «Bs + R + B» и «Bs + Day L».

В период плодоношения максимальное содержание Хл *a*, Хл *b* и Кар наблюдали в варианте «C + W» (0,049; 0,013 и 0,012 мг/г, соответственно), минимальное – в «Bs + Day L» (0,011; 0,002 и 0,003 мг/г, соответственно) и «K + B» (0,012; 0,002 и 0,003 мг/г, соответственно) (рисунок 1В). Положительное влияние бактерий в фазе плодоношения выявлено в вариантах «Bs + B» и «Bs + R».

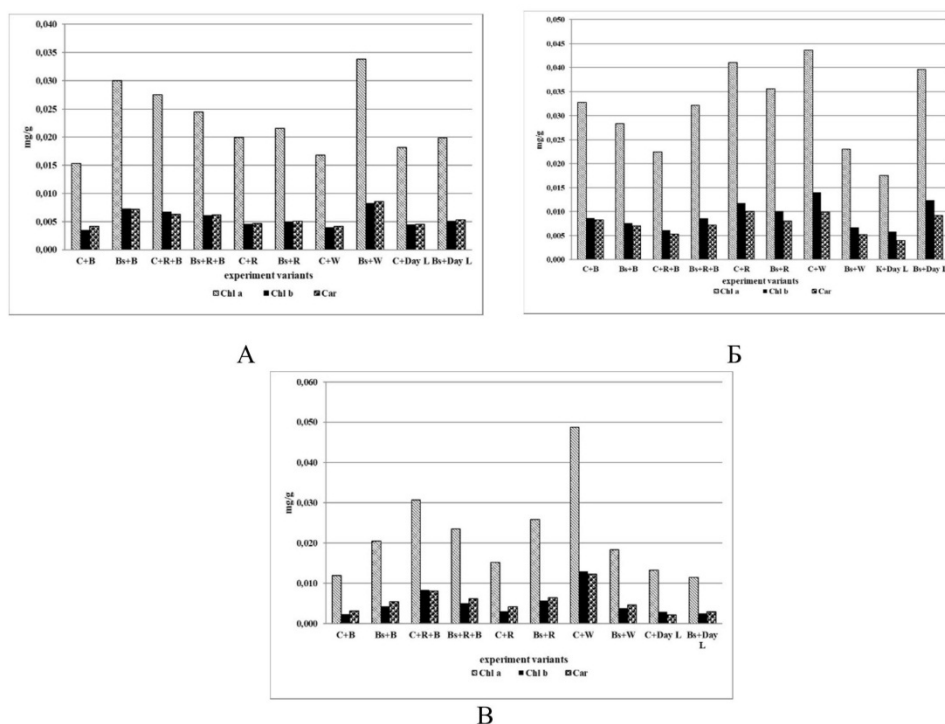


Рисунок 1 – Содержание хлорофилла *a* (Chl *a*), хлорофилла *b* (Chl *b*) и каротиноидов (Car) в листьях лилий, выращенных в разных световых спектрах в фазах бутонизации (А), цветения (Б) и плодоношения (В)

Figure 1 – The content of chlorophyll *a* (Chl *a*), chlorophyll *b* (Chl *b*) and carotenoids (Car) in lily leaves grown in different light spectra in the phases of budding (A), flowering (Б) and fruiting (В)

Содержание фотосинтетических пигментов за вегетационный период. При анализе содержания фотосинтетических пигментов за весь вегетационный период выявлено, что их количество в листьях зависело от фенологических фаз развития. Максимальное содержание Хл *a* отмечено в фазе плодоношения в варианте «С + W», минимальное – в «Bs + Day L» (рисунок 2А). Полученные результаты согласуются с имеющимися в литературе данными о максимальном накоплении Хл *a* в период плодоношения у *L. pilosiusculum* (Freyn) Misch [3].

Наибольшее количество Хл *b* отмечено в варианте «С + W» в фазе цветения, наименьшее – в «С+В» в фазе плодоношения (рисунок 2Б).

Каротиноиды выполняют фотопротекторные и антиокислительные функции, накапливаются под влиянием стрессовых факторов окружающей среды [11]. Максимальное содержание Кар наблюдалось в фазе плодоношения в вариантах «С + W», минимальное – в «С+Day L» (рисунок 2В).

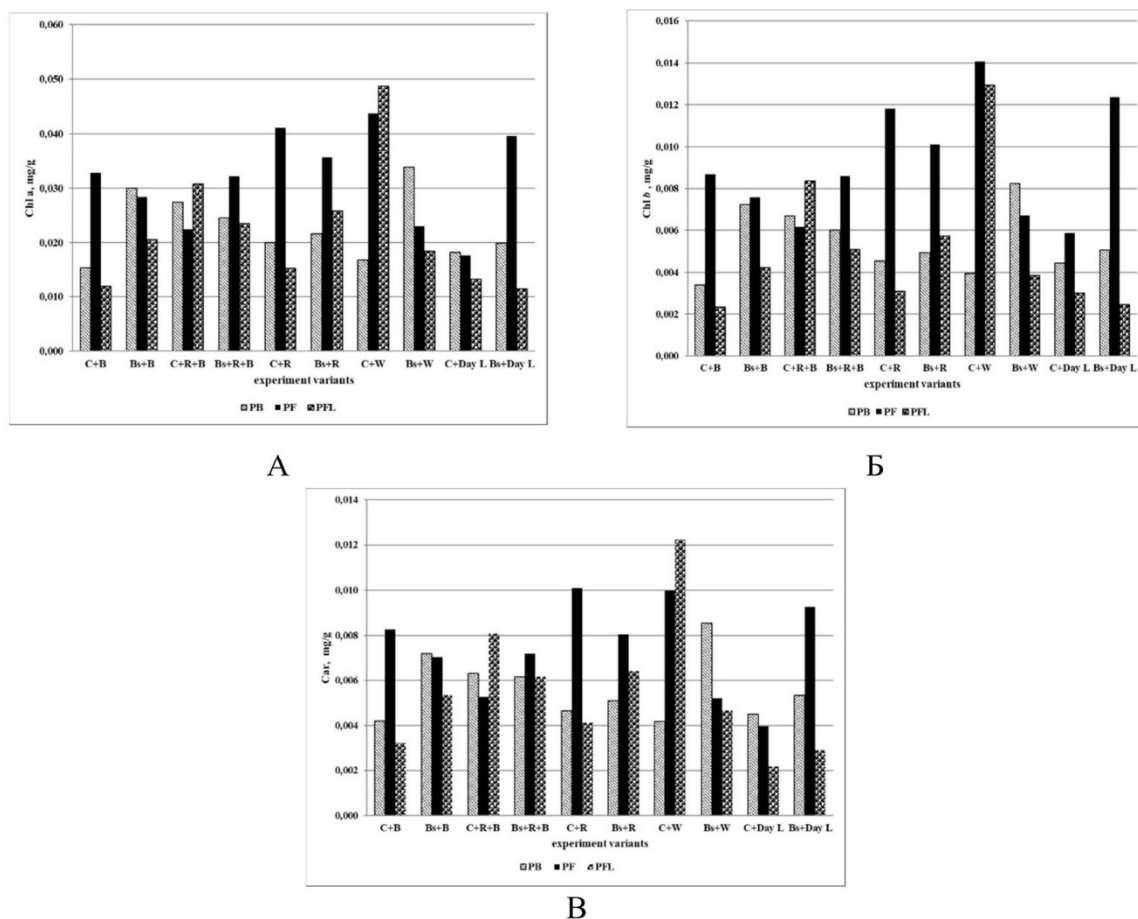


Рисунок 2 – Содержание хлорофилла а (Chl a) (А), хлорофилла b (Chl b) (Б), каротиноидов (Car) (В) в листьях *Lilium x hybrida* 'Trendy Savannah' за вегетационный период (фазы: PB – бутонизации, PF – цветения, PFL – плодоношения)

Figure 2 – The content of chlorophyll a (Chl a) (А), chlorophyll b (Chl b) (Б), carotenoids (Car) (В) in the leaves of *Lilium x hybrida* 'Trendy Savannah' during the growing season (phases: PB – budding, PF – flowering, PFL – fruiting)

Таким образом, в течение всего вегетационного периода максимальное содержание фотосинтетических пигментов наблюдали в W световом спектре, однако продуктивность цветения в этом спектре ниже (14-17 %), чем в других вариантах опыта (24-56 %), за ис-

ключением варианта «Bs + Day L» (4 %). Фотосинтетический аппарат растений одним из первых реагирует на стрессовое воздействие [5], и состояние пигментной системы определяет эффективность фотоассимиляции CO₂. По данным Смирнова А. А. [8], высокое содержание Кар, Хл *a* и Хл *b* при низкой продуктивности томатов указывают на то, что в стрессовом состоянии фотосинтетического аппарата генная программа биохимии плодоношения нарушается, что приводит к снижению урожайности и качества продукта.

Значимыми показателями устойчивости пигментного комплекса к стрессу могут быть отношение хлорофиллов (Хл *a*/Хл *b*) и соотношение хлорофиллов (Хл *a*+Хл *b*) и Кар [4]. Изменения в соотношении содержания фотосинтетических пигментов отражаются на активности фотосинтетического аппарата, влияющей на скорость накопления ассимилятов, рост и продуктивность растений. В наших экспериментах суммарное содержание хлорофиллов (Хл *a*+Хл *b*) варьировало от 0,014 («Bs+Day L») до 0,062 мг/г («C + W»). Положительное влияние бактерий отмечено в фазе бутонизации в «Bs + В», «Bs + R», «Bs + W» и «Bs + Day L»; в период цветения в «Bs+R+В» и «Bs+Day L»; в фазе плодоношения в «Bs + В» и «Bs + R».

Отношение Хл *a*/Хл *b* также является одним из информативных показателей, характеризующих потенциальную фитохимическую активность листьев [3]. Выявлено, что в период вегетации количество Хл *a* в 3-5 раза больше, чем Хл *b* во всех фенофазах развития (таблица 2). Эти данные хорошо согласуются с результатами исследований, полученными Вронской О. О. и Седельниковой Л. Л. [3]. Но в отличие от видовых лилий, выращенных в грунте, у сортовой лилии, культивируемой под светодиодными лампами, соотношение Хл *a*/Хл *b* выше в 1,5 раза. Высокие показатели Хл *a*/Хл *b* отмечены в вариантах «C + R + В», «C + В» и «C + W» в фазе бутонизации; в «C + R», «Bs + R», «Bs + R + В», «Bs + В», «Bs + W», «C + Day L» и «Bs + Day L» в фазе плодоношения. В фазе цветения во всех вариантах опыта значения Хл *a*/Хл *b* понизились. Положительное влияние бактерий отмечено в фазе бутонизации в вариантах «Bs + В», «Bs + R», «Bs + W» и «Bs + Day L»; в период цветения в вариантах «Bs + R», «Bs + R + В» и «Bs + Day L»; в фазе плодоношения в вариантах «Bs + В» и «Bs + R».

Таблица 2 – Среднее содержание пигментов фотосинтетического аппарата на разных стадиях вегетации в листьях *Lilium × hybrida* ‘Trendy Savannah’

Table 2 – Average content of pigments of the photosynthetic apparatus at different stages of vegetation in the leaves of *Lilium × hybrida* ‘Trendy Savannah’

Вариант / Variant	Фенологическая фаза / Phenological phase	Хл <i>a</i> +Хл <i>b</i> , мг/г / Chl <i>a</i> +Chl <i>b</i> , mg/g	Хл <i>a</i> /Хл <i>b</i> / Chl <i>a</i> /Chl <i>b</i>	Хл <i>a</i> +Хл <i>b</i> / Кар / Chl <i>a</i> +Chl <i>b</i> / Car
1	2	3	4	5
C + R	ФБ / PB	0,024	4,411	5,258
	ФЦ / PF	0,053	3,479	5,244
	ФП / PF ₁	0,018	4,934	4,438
Bs + R	ФБ / PB	0,026	4,367	5,194
	ФЦ / PF	0,046	3,521	5,695
	ФП / PF ₁	0,032	4,514	4,926
C + R + B	ФБ / PB	0,034	4,102	5,411
	ФЦ / PF	0,029	3,628	5,431
	ФП / PF ₁	0,039	3,675	4,835
Bs + R + B	ФБ / PB	0,031	4,079	4,951
	ФЦ / PF	0,041	3,735	5,668
	ФП / PF ₁	0,029	4,617	4,646

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5
C + B	ФБ / PB	0,014	5,149	4,457
	ФЦ / PF	0,042	3,769	5,024
	ФП / PF ₁	0,019	4,517	4,468
Bs + B	ФБ / PB	0,037	4,139	5,186
	ФЦ / PF	0,036	3,747	5,114
	ФП / PF ₁	0,025	4,843	4,615
C + W	ФБ / PB	0,021	4,266	4,974
	ФЦ / PF	0,058	3,104	5,784
	ФП / PF ₁	0,062	3,768	5,039
Bs + W	ФБ / PB	0,042	4,103	4,921
	ФЦ / PF	0,030	3,430	5,713
	ФП / PF ₁	0,022	4,768	4,755
C + Day L	ФБ / PB	0,023	4,087	5,018
	ФЦ / PF	0,023	2,994	5,931
	ФП / PF ₁	0,016	4,453	7,481
Bs + Day L	ФБ / PB	0,025	3,939	4,673
	ФЦ / PF	0,052	3,206	5,611
	ФП / PF ₁	0,014	4,707	4,779

Примечание: ФБ – бутонизации, ФЦ – цветения, ФП – плодоношения

Note: PB – budding, PF – flowering, PF₁ – fruiting

Значение Хл *a*+Хл *b*/Кар увеличилось к фазе плодоношения в варианте «C + Day L»; уменьшилось – в «C + R» и «Bs + B», что свидетельствует о снижении светособирающей функции пигментного комплекса в конце вегетации растений. В остальных вариантах опыта максимальные значения наблюдали в фазе цветения, минимальные – в период бутонизации в вариантах «C + B», «C + W» и «Bs + Day L»; в фазе плодоношения – в «Bs + R», «C + R + B», «Bs + B» и «Bs + W». Положительное влияние бактерий отмечено в фазе бутонизации в «Bs + B» и «Bs + R»; в период цветения в «Bs + B», «Bs + R» и «Bs + R + B»; в фазе плодоношения в «Bs + B» и «Bs + R». Полученные высокие значения Хл *a*+Хл *b*/Кар (4,438-7,481) свидетельствуют о запуске механизмов адаптации изученного сорта к опытным условиям, что подтверждается исследованиями других авторов [3].

Оценка изменчивости содержания фотосинтетических пигментов проведена методом двухфакторного дисперсионного анализа. В качестве первого фактора использовали Bs, в качестве второго фактора – разные спектры света. Дисперсионный анализ показал, что влияние фактора А (Bs), фактора В (разные спектры света) и их совместное воздействие (А × В) статистически значимо для всех проанализированных параметров, за исключением содержания Хл *a* в фазе бутонизации. Доля дисперсии фактора А варьирует от 0,02 до 39,1%; фактора В – от 20,7 до 51,4 %; совместного воздействия факторов (А×В) – от 39,5 до 77,4 % (таблица 3).

Результаты проведенного анализа влияния бактерий Bs, разных световых спектров и их совместного воздействия на содержание фотосинтетических пигментов в листьях лилий показали, что для большинства рассматриваемых параметров значение суммарного вклада обоих факторов является определяющим. Максимальные показатели силы влияния А × В (доля дисперсии от 74,6 до 77,4 %) выявлены для содержания Кар, Хл *a* и Хл *b* в фазу цветения; фактора световой режим (доля дисперсии от 46,8 до 51,4 %) – для содержания Кар, Хл *a* и Хл *b* в фазу плодоношения; фактора обработки луковиц Bs (доля дисперсии от 33,1 до 39,1 %) – для содержания Кар и Хл *b* в фазу бутонизации.

Таблица 3 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа содержания фотосинтетических пигментов

Table 3 – Results of Factorial ANOVA of the content of photosynthetic pigments

Показатель / Indicator	Фаза / Phase	Bs (A), % / Bs (A), %	Спектр (B), % / Spectrum (B), %	Взаимодействие (A×B), % / Interaction (A×B), %
Хл <i>a</i> / Chl <i>a</i>	ФЦ / PF	0,02*	22,6*	77,4*
	ФП / PF ₁	3,6*	49,6*	46,8*
Хл <i>b</i> / Chl <i>b</i>	ФБ / PB	33,1*	20,7*	45,9*
	ФЦ / PF	0,2*	25,1*	74,6*
	ФП / PF ₁	7,1*	46,8*	46,0*
Кар / Car	ФБ / PB	39,1*	21,4*	39,5*
	ФЦ / PF	0,2*	24,2*	75,6*
	ФП / PF ₁	2,2*	51,4*	40,3*

Примечание: ФБ – бутонизации, ФЦ – цветения, ФП – плодоношения;

* влияние фактора достоверно при уровне значимости $p \leq 0,05$

Note: PB – budding, PF – flowering, PF₁ – fruiting;

* the influence of the factor is reliable at the significance level $p \leq 0.05$

По результатам сравнения средних значений Хл *a* в период бутонизации на основании теста Шеффе можно выделить 9 групп: в первую группу входят Bs + Day L и C-R (разность между средними в данных вариантах опыта незначима); остальные 8 вариантов распределены по разнородным группам;

Хл *b* – 8 групп: I – C + R и C-Day L; II – Bs + R и Bs + Day L; остальные 6 вариантов распределены по разнородным группам;

Кар – 9 групп: I – C + W и C + B; остальные 8 вариантов распределены по разнородным группам. В однородные группы попадают средние значения, между которыми различия несущественны, в то время как различия между разнородными группами существенны на 5 % уровне значимости.

По результатам оценки частных различий между отдельными вариантами опыта по содержанию в листьях Cl *a* в период цветения и плодоношения на основании теста Шеффе выделено 10 групп, т.е. все варианты опыта распределены по разнородным группам.

В период цветения: Хл *b* – 9 групп: I – Bs + R + B и C + B; остальные 8 вариантов распределены по разнородным группам;

Кар – 8 групп: I – C + R + B и Bs + W; II – C + W и C + R; остальные 6 вариантов распределены по разнородным группам.

По результатам сравнения средних значений Хл *b* в период плодоношения на основании теста Шеффе выделены 8 разнородных групп: I – Bs + Day L и C + B; II – C + R и C + Day L; остальные 6 вариантов распределены по разнородным группам;

Кар – 2 групп: I – C + W; II – остальные варианты.

По результатам оценки средних значений Хл *a*+Хл *b*/Кар в период бутонизации (рисунок 3А) на основании теста Шеффе можно выделить 5 групп: в первую группу входит C-B; II – Bs-Day L; III – C-R+B; IV – C-R, Bs-R, Bs-R; V – остальные варианты опыта. В период цветения выделено 5 групп (рисунок 3Б): в первую группу входят K-B и Bs-B; II – K-R; III – K-R+B; IV – K-Day L; V – остальные варианты опыта. В период плодоношения можно выделить 6 групп (рисунок 3В): в первую группу входят C-Day L; II – Bs-R; III – C+W; IV – C+R и C+B; V – Bs+B и Bs+R+B; VI – остальные варианты опыта.

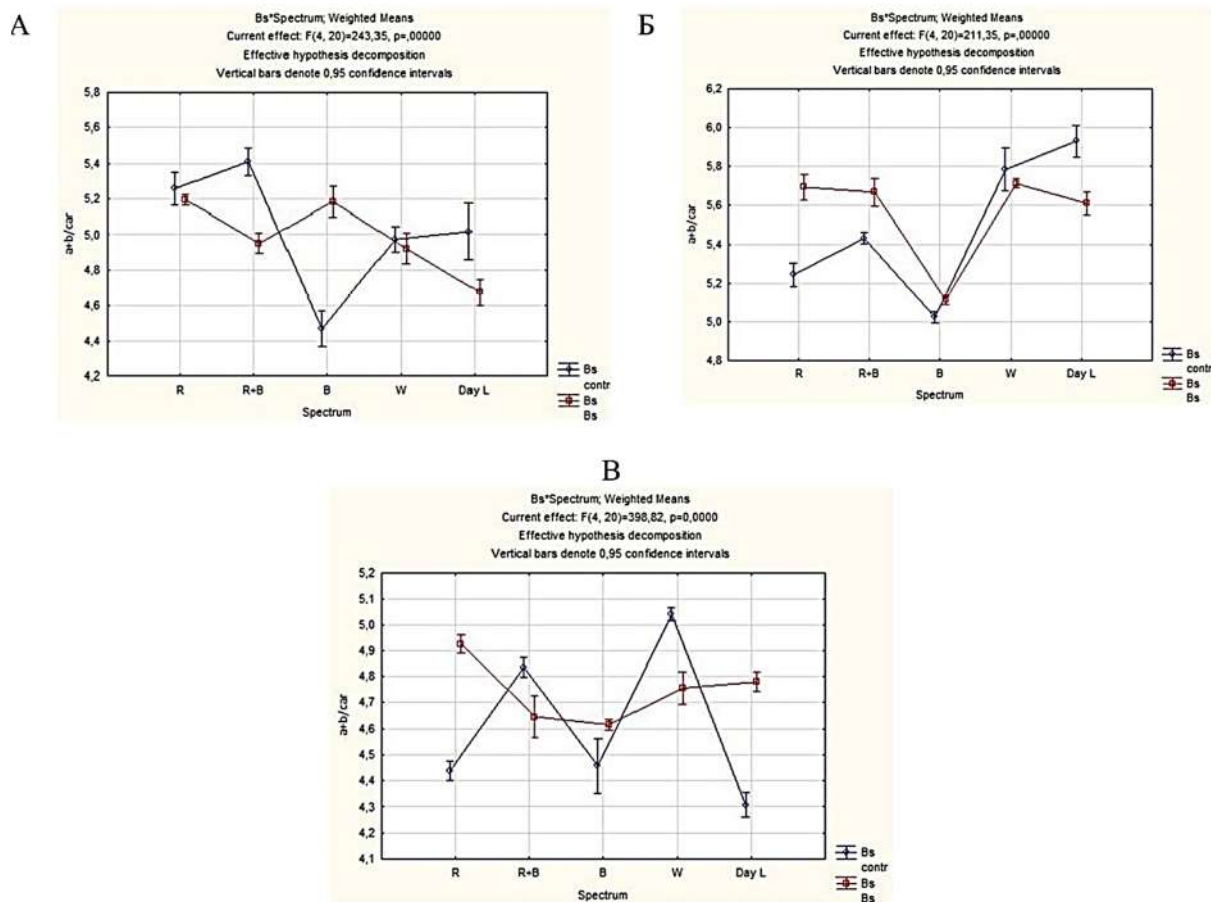


Рисунок 3 – График средних значений соотношения Хл а+Хл b/Кар в период бутонизации (А), цветения (Б) и плодоношения (В)

Figure 3 – Graph of average values of ratio Cl a+Cl b/Car (B) phase of budding (A), flowering (Б) and fruiting (В)

Выводы. За время изучения наибольшее содержание фотосинтетических пигментов (Хл а, Хл b и Кар) наблюдается при W световом спектре. Показано, что инокуляция луковиц бактериями приводит к увеличению содержания фотосинтетических пигментов в фазе бутонизации при B, R, W спектрах света и при Day L; в период цветения – при R+B спектре света и Day L; в фазе плодоношения – при B и R световых спектрах.

Выявлено, что в период вегетации количество Хл а в 3-5 раза больше, чем Хл b во всех фенофазах развития. В период цветения отмечалось понижение значений Хл а/Хл b. Полученные высокие показатели Хл а+Хл b/Кар (от 4,438 до 7,481) свидетельствуют о запуске механизмов адаптации изученного сорта к исследуемым условиям выращивания. Положительное влияние бактерий Bs на значения Хл а + Хл b, Хл а/Хл b и Хл а+Хл b/Кар отмечено в фазе плодоношения в вариантах «Bs + В» и «Bs + R».

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа влияния бактерий Bs, различных световых спектров (W, B, R, R+B, Day L) и их комбинированного воздействия на содержание фотосинтетических пигментов в листьях лилий показывают, что определяющей величиной является суммарный вклад обоих факторов.

В целом по совокупности полученных данных выявлено, что для получения высокодекоративного материала лилий в условиях закрытого помещения наиболее перспективно использовать красный + синий световой спектры в комбинации с Bs.

Благодарность. Авторы выражают благодарность заведующему лабораторией фотосинтеза и световых реакций Тегеранского университета (г. Тегеран, Иран) доктору биологических наук Сасану Алиниэфарду за предоставление оборудования, оснащенного светодиодами, для проведения исследований.

Библиографический список

1. Влияние искусственного солнечного света на рост и развитие растений-регенерантов *Solanum tuberosum* / Е. П. Субботин, И. В. Гафицкая, О. В. Наконечная [и др.] // *Turczaninowia*. 2018. № 21 (2). С. 32-39.
2. Влияние спектрального состава света на рост и развитие растений *in vivo* и *in vitro* / Р. В. Папихин, С. А. Муратова, И. Д. Мелехов [и др.] // *Наука и образование*. 2021. № 4 (3). С. 1-8.
3. Вронская О. О., Седельникова Л. Л. Морфобиологический анализ представителей рода *Lilium* (Liliaceae) в северной лесостепи Западной Сибири // *Лесной журнал*. 2019. № 4. С. 74-83.
4. Дымова О. В., Головкин Т. К. Фотосинтетические пигменты: функционирование, экология, биологическая активность // *Известия Уфимского научного центра РАН*. 2018. № 3-4. С. 5-16.
5. Нестеренко Т. В., Тихомиров А. А., Шихов В. Н. Индукция флуоресценции хлорофилла и оценка устойчивости растений к неблагоприятным воздействиям // *Журнал общей биологии*. 2007. Т. 68. С. 444-458.
6. Оценка влияния факторов световой среды на эффективность выращивания рассады томата / А. Е. Маркова, А. П. Мишанов, Е. Н. Ракутько [и др.] // *Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства*. 2020. № 1 (102). С. 23-34.
7. Сезонная динамика содержания хлорофиллов и каротиноидов в листьях степных и лесных растений на уровне вида и сообщества / Л. А. Иванов, Д. А. Ронжина, П. К. Юдина [и др.] // *Физиология растений*. 2020. Т. 67. № 3. С. 278-288.
8. Смирнов А. А. Зависимость биосинтеза пигментов и продуктивности томата от спектрального состава излучения // *Инновации в сельском хозяйстве*. 2018. № 3 (28). С. 78-86.
9. Устойчивость рассады декоративных растений к кратковременному холодовому стрессу при воздействии узкоспектрального света / В. В. Кондратьева, Т. В. Воронкова, Л. С. Олехнович [и др.] // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. № 54 (1). С. 121-129.
10. Фосфат+мобилизующая активность эндофитных штаммов *Bacillus subtilis* и их влияние на степень микоризации корней пшеницы / А. А. Егоршина, Р. М. Хайруллин, М. А. Лукьянцев [и др.] // *Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Биология*. 2011. № 2 (4). С. 172-182.
11. Effects of growth under different light spectra on the subsequent high light tolerance in rose plants / L. Bayat, M. Arab, S. Aliniaiefard [et al.] // *AoB PLANTS*. 2018. № 10. p1052.
12. Effects of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical parameters of *Triticum aestivum* L. (wheat) under salinity / O. Lastochkina, L. Pusenkova, R. Yuldashev [et al.] // *Plant physiology and biochemistry*. 2017. Vol. 121. P. 80-88.
13. Eguchi T., Hernandez R., Kubota C. Far-red and bluer light synergistically mitigate internode injury of tomato plants grown ultraviolet - deficit light environment // *Horticultural Science*. 2016. Vol. 51 (6). P. 712-719.
14. Internal and external factors affecting photosynthetic pigment composition in plants: a meta-analytical approach / R. Esteban, O. Barrutia, U. Artetxe [et al.] // *New Phytol*. 2015. Vol. 206. P. 268.
15. Seed priming with endophytic *Bacillus subtilis* strain-specifically improves growth of *Phaseolus vulgaris* plants under normal and salinity conditions and exerts anti-stress effect through induced lignin deposition in roots and decreased oxidative and osmotic damages / O. Lastochkina, S. Aliniaiefard, D. Garshina [et al.] // *Journal of Plant Physiology*. 2021. № 263 (153462). P. 1-10.

Информация об авторах

Реут Антонина Анатольевна, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН (450080, г. Уфа, ул. Менделеева 195/3), +7 3472-286-12-33, ORCID 0000-0002-4809-6449, SPIN-код: 3175-7700, cvetok.79@mail.ru

Аллаярова Ирина Нагимовна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН (450080, г. Уфа, ул. Менделеева 195/3), ORCID 0000-0002-4575-7301, SPIN-код: 8886-2313. AllayarowaIrina@yandex.ru

Ласточкина Оксана Владимировна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярных механизмов устойчивости растений к стрессам, Институт биохимии и генетики УФИЦ РАН (450054, г. Уфа, пр. Октября, 71), +7 3472-235-60-88, ORCID 0000-0003-3398-1493, SPIN-код: 8189-1462. oksanaibg@gmail.com

Биглова Айгуль Радиковна, инженер I категории лаборатории интродукции и селекции цветочных растений, Южно-Уральский ботанический сад-институт УФИЦ РАН (450080, г. Уфа, ул. Менделеева 195/3), ORCID 0000-0002-5729-8261, SPIN-код: 7856-5376. ajgul.biglova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-26

FORMATION OF YIELD OF MILLET DEPENDING ON FROM PRECURSOR AND HYDROTHERMAL STRESS IN THE CONDITIONS OF THE SOUTHERN URALS

V. Yu. Skorokhodov

*Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Center for Biological Systems"
and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences"*

Received 27.03.2023

Submitted 10.05.2023

The study was carried out in accordance with the plan of research work: "Development of scientifically based parameters of the productivity of agrocenoses with improved indicators of the quality of crop production based on fodder crops, the use of new technological methods for improving the types of crop rotation, the use of methods for long-term forecasting of yields for farms in the steppe zone with different levels intensification and specialization in a changing climate and increasing anthropogenic impact (No. FNWZ-2022-0014)" for 2022-2024. FSBSI FNTs BST RAS.

Abstract

Relevance. The article deals with the problem of forming the yield of millet cultivated in the system of six-field crop rotations and permanently under the influence of hydrothermal stress in the conditions of the Southern Urals. The aim of the study is to determine the effect of predecessors in crop rotations and monocultivation of crops on the yield of millet with and without mineral fertilizers in very dry years over a thirty-year period of research from 1993 to 2022 on chernozems of the southern steppe zone of the Southern Urals. **An object.** The object of research is millet crops cultivated according to various predecessors in crop rotations and permanently on two backgrounds of soil nutrition. **Materials and methods.** Long-term studies were carried out in rainfed conditions on a field stationary plot according to crop rotations and permanent crops of agricultural crops. cultures located in the Orenburg region of the Orenburg region. The study considered the cultivation of millet in six-field crop rotations and mono-sowing on two backgrounds of nutrition (with and without the use of N40P80K40). The scheme of the experiment included four variants of millet cultivation in crop rotations and one monosowing. The total area of the millet plot with the use of fertilizers was 108 m² in crop rotations, 216 m² in monoculture, and 216 and 432 m², respectively, on an unfertilized background. Millet cultivation technology adopted for the conditions of the Orenburg region. **Results and conclusions.** Based on the study in the experiment, it was found that the use of mineral fertilizers for millet in very dry years is ineffective, due to a decrease in crop yield in crop rotations with black and soil-protective fallow by 0.07 tons, with green manure fallow by 0.03, with winter rye by 0.10 t and with mono-sowing 0.02 t per 1 ha. The increase in the yield of millet on the chernozems of the southern Orenburg Cis-Urals in the years of moderate aridity and slightly arid ones amounted to 0.29-0.16 tons per hectare. In drought conditions on southern black earth, millet yields 0.51-0.74 tons per 1 ha. The decrease in the yield of millet in permanent sowing relative to crop rotations is explained by greater infestation with annual weeds, lower soil moisture reserves and soil fatigue of the monoculture.

Key words: precursor, mineral fertilizers, millet, productivity, crop rotation, monoculture, dry years, productive moisture.

Citation. Skorokhodov V. Yu. Formation of millet yield depending on the predecessor and hydrothermal stress in the conditions of the Southern Urals. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 230-238 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-26.

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 reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 633.17:631.55(470.56)

ФОРМИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ПРОСА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРЕДШЕСТВЕННИКА И ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО СТРЕССА В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО УРАЛА

В. Ю. Скороходов, кандидат сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник

ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем
и агротехнологий Российской академии наук»

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

*Исследование выполнено в соответствии с планом научно-исследовательской работы:
«Разработка научно-обоснованных параметров продуктивности агроценозов с улучшенными показателями качества продукции растениеводства на основе кормовых культур, применения новых технологических приёмов совершенствования видов севооборотов, использования методов долгосрочного прогнозирования урожайности для хозяйств степной зоны с различным уровнем интенсификации и специализации в условиях изменяющегося климата и нарастающего антропогенного воздействия (№ FNWZ-2022-0014)»
на 2022-2024 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН.*

Актуальность. Рассматривается проблема формирования урожайности проса, возделываемого в системе шестипольных севооборотов и бессменно под влиянием гидротермического стресса в условиях Южного Урала. Целью исследования является определение влияния предшественников в севооборотах и моновозделывания культуры на урожайность проса при применении минеральных удобрений и без них в очень засушливые годы за тридцатилетний период исследований с 1993 по 2022 годы на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала. **Объект.** Объектом исследований являются посевы проса, возделываемые по различным предшественникам в севооборотах и бессменно на двух фонах почвенного питания. **Материалы и методы.** Многолетние исследования проводились в богарных условиях на полевом стационарном участке по севооборотам и бессменным посевам с.-х. культур, расположенным в Оренбургском районе Оренбургской области. В исследовании рассматривалось возделывание проса в шестипольных севооборотах и монопосеве на двух фонах питания (с применением $N_{40}P_{80}K_{40}$ и без них). Схема опыта включала четыре варианта возделывания проса в севооборотах и один монопосев. Общая площадь делянки проса с применением удобрений составила в севооборотах 108 м², в монокультуре – 216 м², на неудобренном фоне – соответственно 216 и 432 м². Технология возделывания проса – принятая для условий Оренбургской области. **Результаты и выводы.** На основании изучения в опыте установлено, что применение минеральных удобрений под просо в очень засушливые годы неэффективно в связи со снижением урожайности культуры в севооборотах с чёрным и почвозащитным паром на 0,07 т, с сидеральным паром – на 0,03, с озимой рожью – на 0,10 т и при монопосеве – на 0,02 т с 1 га. Прибавка урожайности проса на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья в годы средней засушливости и незначительно засушливые составила 0,29-0,16 т с 1 га. В условиях засухи на чернозёмах южных просо формирует урожайность 0,51-0,74 т с 1 га. Снижение урожайности проса в бессменном посеве относительно севооборотов объясняется большей засорённостью однолетними сорняками, меньшим почвенным влагозапасом и почвоутомлением монокультуры.

Ключевые слова: предшественники проса, минеральные удобрения, просо, урожайность проса, монокультуры, засушливые годы, продуктивная влага.

Цитирование. Скороходов В. Ю. Формирование урожайности проса в зависимости от предшественника и гидротермического стресса в условиях Южного Урала. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 230-238. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-26.

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. В засушливых условиях Южного Урала при недостатке влаги в период вегетации растений большое значение в стабилизации и увеличении производства продовольствия и кормовой базы имеет подбор и выращивание культур, обеспечивающих максимальные урожаи в экстремальных условиях (одной из таких культур является просо) [7].

В связи с расширением санкционного давления недружественных стран на Российскую Федерацию большое внимание уделяется импортозамещению и продовольственной безопасности страны. Одним из источников продовольствия являются злаковые сельскохозяйственные культуры, к коим относится просо, возделываемое для нужд внутреннего и внешнего рынка. Способность проса противостоять неблагоприятным погодным-климатическим условиям и повсеместное его возделывание делает эту культуру стратегически важной для страны [1, 11]. Просо является важнейшей крупяной продовольственной и кормовой культурой. В отличие от других зерновых культур просо относится к растениям позднего срока сева и при воздействии факторов внешней среды обладает стойкостью к высоким температурам. Просо – теплолюбивая культура, но, несмотря на устойчивость к засухе и жаростойкость, отмечается высокая зависимость уровня урожайности от метеоусловий в отдельные периоды вегетации [15].

В современной земледелии самой сложной проблемой является противодействие засухе, при увеличении числа которой в период вегетации сельскохозяйственных культур приводит к значительному снижению урожайности [3, 10].

Своеобразие биологии ксерофитного растения проса в преодолении длительного и глубокого обезвоживания тканей, обуславливает повышенную выживаемость и способность культуры формировать высокую урожайность [9, 12].

Влияние удобрений на урожайность проса зависит от общего количества выпавших осадков, а также от характера их выпадения и распределения в течение всего периода вегетации культуры [5, 14]. В исследованиях Максютова Н. А. и Жданова В. М. причиной низкой урожайности проса отмечены дефицит осадков в июне – июле и высокий температурный режим воздуха [6]. Климатические условия Оренбургской области имеют чётко выраженную засушливость и резкую континентальность, проявляющуюся в сезонных и суточных колебаниях температур [8]. При повышенной температуре воздуха и хорошем почвенном увлажнении ускоряется период от вымётывания до созревания, что влияет на формирование урожайности проса [13]. По мнению многих учёных [2, 16], для получения нормальных всходов необходима температура почвы не ниже 10-12 °С, а оптимальной считается температура 30-35 °С, сумма средних дневных температур – в пределах 1870-2300 °С. Исследованиями Неверова А. А. выявлено доминирующее влияние на урожайность проса в Оренбургской области погодных факторов (61 %), особенно среднесуточной температуры воздуха в третьей декаде июля и осадков первой декады июля (в сумме факторов 35 %) [4].

Цель исследования. Определить влияние предшественников в севооборотах и моновоплодывания культуры на урожайность проса при применении минеральных удобрений и без них в очень засушливые годы за тридцатилетний период исследований с 1993 по 2022 годы на чернозёмах южных степной зоны Южного Урала.

Материалы и методы. Многолетние исследования проводились в богарных условиях с 1993 по 2022 годы. Опыты закладывались на полевом стационарном участке по севооборотам и бессменным посевам сельскохозяйственных культур, расположенном в Оренбургском районе Оренбургской области в координатах 51.775125° с.ш., 55.306547° в.д. Стационар относится к ведомству ФГБНУ «ФНЦ биологических систем и агротехнологий РАН».

Схема расположения исследуемой культуры проса в шестипольных севооборотах и монопопосе представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема эксперимента с возделыванием проса в севооборотах и монокультуре

Table 1 – Scheme of the experiment with the cultivation of millet in crop rotations and monoculture

Севооборот, монокультура	Поле, культура севооборота					
	1	2	3	4	5	6
Шестипольный севооборот	Пар чёрный кулисный	Озимая рожь	Яровая пшеница твёрдая	Просо I	Яровая пшеница мягкая	Ячмень
	Пар чёрный кулисный	Яровая пшеница твёрдая	Яровая пшеница мягкая	Просо II	Яровая пшеница мягкая	Ячмень
	Пар занятый летним посевом суданской травы	Яровая пшеница твёрдая	Яровая пшеница мягкая	Просо III	Яровая пшеница мягкая	Ячмень
	Пар сидеральный	Яровая пшеница твёрдая	Яровая пшеница мягкая	Просо IV	Яровая пшеница мягкая	Ячмень
Монокультура	Просо	Просо	Просо	Просо V	Просо	Просо

Примечание: I, II, III, IV, V – варианты возделывания проса в севооборотах и монокультуре.

При исследовании рассматривалось возделывание проса в шестипольных севооборотах и монопопосе на двух фонах питания (с применением минеральных удобрений в дозе $N_{40}P_{80}K_{40}$ и без них). Ширина делянки проса в севооборотах составляла 3,6 м, в бессменном поседе – 7,2 м. Общая длина делянки в севооборотах и монопопосе 90 м, из которых 30 м опыт с удобрением и 60 м без удобрения. Общая площадь делянки проса с применением удобрений составила в севооборотах 108 м², в монокультуре – 216 м². Площадь делянки неудооленного фона соответственно в севооборотах 216 м², в бессменных посевах – 432 м². Учётная площадь делянки при комбайновой уборке Самопо 500 составила 60 м² по удооленному фону, 120 м² по неудооленному во всех вариантах опыта. Технология возделывания проса – принятая для условий Оренбургской области. Просо возделывалось на чернозёме южном карбонатном среднемощном тяжело-суглинистом с содержанием в пахотном слое 3,2-4,0 % гумуса, общего азота – 0,2-0,3 %, подвижного фосфора – 1,5-2,5 мг и обменного калия – 30-38 мг на 100 г почвы, с нейтрально-слабощелочной (рН = 7,0-8,1) реакцией почвенного раствора.

Результаты и обсуждение. Материалом изучения стали долголетние исследования (30 лет) возделывания проса в шестипольных севооборотах (т.е. пять полных ротаций) и бессменно. Почти за треть столетия культура проса возделывалась под действием различных метеофакторов, включающих многообразие погодных условий, что является наиболее ценным в сравнении с краткосрочными опытами.

При определении степени засушливости года нами применялся расчёт гидротермического коэффициента (ГТК) по Селянинову. Тридцатилетний период исследований (с 1993 по 2022 годы) разделён на три группы засушливости исходя из полученного коэффициента на очень засушливые годы (1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009-2012, 2014-2018, 2020, 2021) при ГТК = 0,6 и менее единиц, засушливые (1993, 1999, 2006-2008, 2019) при ГТК = 0,6-0,8 единиц и менее единиц и незначительно засушливые (1994, 1997, 2000, 2003, 2013, 2002) при ГТК = 0,8 и более единиц. Из 30 лет долголетних исследований 18 (60 %) относятся к очень засушливым (таблица 2).

Таблица 2 – Гидротермический коэффициент по месяцам
и характеристика вегетационных периодов за 1993-2022 годы

Table 2 – Hydrothermal coefficient by months and characteristics
growing seasons for 1993-2022

Показатели, месяц вегетации		Годы эксперимента									
		1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Количество засушливых дней за май-август		46	30	97	66	37	87	89	31	63	51
ГТК	май	0,24	0,63	0,09	0,61	1,16	0	1,51	2,48	0,29	0,65
	июнь	0,73	1,55	0,28	0,64	0,87	0,26	0,43	2,26	1,01	0,85
	июль	1,38	2,49	0,42	0,06	1,70	0,16	0,39	1,12	0	0
	август	0,67	0,47	0,24	0,16	0,12	0,35	0,11	0,18	0,23	0,35
	за май-август	<u>0,81</u> I	<u>1,30</u> I	<u>0,28</u> III	<u>0,35</u> III	<u>0,96</u> I	<u>0,21</u> III	<u>0,61</u> II	<u>1,52</u> I	<u>0,38</u> III	<u>0,46</u> III
Год эксперимента		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Количество засушливых дней за май-август		22	41	41	45	51	60	80	104	59	75
ГТК	май	1,47	0,24	0,24	0,79	1,05	1,21	0,75	0,02	0,95	0,35
	июнь	1,57	0,72	0,64	0,38	0,57	0,51	0,29	0,01	0,67	0,59
	июль	1,11	0,62	0,79	1,08	1,39	0,68	0,20	0,13	0,35	0,31
	август	0,22	0,48	0,11	0,27	0	0,40	1,02	0,44	0,39	0,10
	за май-август	<u>1,09</u> I	<u>0,52</u> III	<u>0,45</u> III	<u>0,63</u> II	<u>0,75</u> II	<u>0,70</u> II	<u>0,57</u> III	<u>0,15</u> III	<u>0,59</u> III	<u>0,34</u> III
Год эксперимента		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество засушливых дней за май-август		73	89	76	84	44	54	112	105	104	76
ГТК	май	0,20	0,14	0,11	0,99	0,74	0,58	0,80	0,55	0,62	2,80
	июнь	0,36	0,64	0,27	0,22	0,71	0,34	0,60	0,36	0,53	0,40
	июль	1,06	0,08	0,44	0,31	0,48	0,25	0,59	0,09	0,61	0,76
	август	1,67	0,13	0,47	0,03	0,06	0,16	0,58	0,19	0,42	0
	за май-август	<u>0,82</u> I	<u>0,25</u> III	<u>0,32</u> III	<u>0,39</u> III	<u>0,50</u> III	<u>0,33</u> III	<u>0,64</u> II	<u>0,30</u> III	<u>0,55</u> III	<u>0,99</u> I

Примечание: под чертой – характеристика вегетационного периода (I – незначительно засушливый ГТК > 0,8, II – засушливый ГТК = 0,6-0,8, III – очень засушливый ГТК < 0,8).

Максимальное количество суховейных дней в засушливые годы отмечалось в 2010 году и составило за вегетационный период 104 дня, при этом гидротермический коэффициент был равен 0,15 единиц. По причине сильнейшей засухи 2010 года урожайность проса отсутствовала. В засушливые годы в течение вегетации сельскохозяй-

ственных культур отмечается большое количество дней с относительной влажностью 30 % и менее. Наименьшее количество таких дней в период наших исследований отмечалось в 2004 году (41 день) среди лет III группы засушливости. Но даже под влиянием таких жёстких погодных условий сельскохозяйственная культура проса формировала свою урожайность. На уровень урожайности проса, помимо погодно-климатических условий, оказывали влияние предшественники в различных севооборотах, включающие возделывание в монокультуре, фон почвенного питания, наличие запасов почвенной продуктивной влаги и другие факторы. В таблице 3 приведена средняя урожайность проса за пять ротаций (с 1993 по 2022 годы) шестипольного севооборота и монокультуры по группам засушливости лет при применении минеральных удобрений и без них.

Таблица 3 – Урожайность проса в шестипольных севооборотах и монопосеве на двух фонах питания в среднем по группам засушливости лет (с 1993 по 2022 годы), т с 1 га

Table 3 – Yields of millet in six-field crop rotations and mono-sowing on two backgrounds of nutrition, on average for groups of dry years (from 1993 to 2022), tons per 1 ha

Характеристика лет	Показатель	Шестипольный севооборот								Монопосев	
		с чёрным паром под твёрдую пшеницу	с занятым паром				с озимой рожь				
			почвозащи- тным		сидераль- ным						
			I	II	I	II	I	II	I	II	I
Очень засушливые (ГТК=0,6 и менее)	*	$\frac{0,64}{-0,07}$	0,71	$\frac{0,67}{-0,07}$	0,70	$\frac{0,71}{-0,03}$	0,74	$\frac{0,61}{-0,10}$	0,71	$\frac{0,51}{-0,02}$	0,53
	НСР ₀₅	0,24	0,25	0,26	0,25	0,28	0,25	0,22	0,25	0,23	0,21
	0,07		0,07		0,10		0,07		0,07		
Засушливые (ГТК=0,6-0,8)	*	$\frac{1,99}{+0,07}$	1,92	$\frac{1,86}{+0,29}$	1,57	$\frac{1,72}{+0,02}$	1,70	$\frac{1,66}{0,00}$	1,66	$\frac{1,04}{+0,02}$	1,02
	НСР ₀₅	1,10	0,96	0,99	0,53	0,94	0,67	1,03	0,87	0,83	0,76
	0,37		0,54		0,38		0,32		0,23		
Незначительно засушливые (ГТК=0,8 и более)	*	$\frac{2,30}{+0,06}$	2,24	$\frac{2,17}{+0,16}$	2,01	$\frac{2,37}{-0,05}$	2,42	$\frac{2,11}{-0,13}$	2,24	$\frac{0,93}{-0,01}$	0,94
	НСР ₀₅	1,00	0,95	1,14	0,96	1,11	1,07	0,96	1,00	0,35	0,56
	0,18		0,66		0,16		0,41		0,30		

Примечание: I – удобренный фон, II – неудобренный фон, * - урожайность. Очень засушливые годы – 1995, 1996, 1998, 2001, 2002, 2004, 2005, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2020, 2021, засушливые годы – 1993, 1999, 2006, 2007, 2008, 2019, незначительно засушливые – 1994, 1997, 2000, 2003, 2013, 2022, под чертой прибавка или снижение урожайности проса от применения минеральных удобрений.

Урожайность проса в условиях засухи составила от 0,51 до 0,74 т с 1 га в зависимости от варианта возделывания в севообороте и бессменно на двух фонах минерального питания. Так, на обычном неудобренном фоне средняя урожайность проса в очень засушливые годы составила в севообороте с сидеральным паром 0,74 (максимальная) и в монопосеве – 0,53 т с 1 га (минимальная). Применение минеральных удобрений под просо в очень засушливые годы неэффективно, о чём свидетельствуют полу-

ченные нами данные по урожайности в условиях засухи. Так, в среднем в острозасушливые годы применение минеральных удобрений снижает урожайность проса в севооборотах с озимой рожью при применении минеральных удобрений неэффективно во всех группах засушливости лет, что подтверждается снижением урожайности культуры на удобренном фоне и дополнительных производственных затрат на приобретение и внесение их. Прибавка урожайности проса на фоне удобрения в бессменных посевах отсутствует в очень засушливые и незначительно засушливые годы. В средние по засушливости годы прибавка урожайности в бессменном посеве проса и в севообороте с сидеральным паром на фоне удобрения незначительна (0,02 т с 1 га).

Положительный эффект от применения минеральных удобрений отмечается при возделывании проса в севооборотах с чёрным и почвозащитным паром в средне- и незначительно засушливые годы. Наибольшая прибавка урожайности проса в такие годы выявлена в севооборотах с почвозащитным паром, занятым летним посевом суданской травы, и составила соответственно 0,29-0,16 т с 1 га.

На формирование урожайности проса влияет вариант возделывания проса в севообороте либо монокультуре, а также запасы продуктивной почвенной влаги к посеву культуры. Так, запасы продуктивной почвенной влаги в среднем за 30 лет (1993-2022 годы) исследований в варианте севооборота с чёрным паром к моменту посева проса составили 147,6 мм в метровом слое, 217,6 мм в полутораметровом, в монопосевах – 138,7 и 208,3 мм соответственно 1-1,5 метровым слоям почвы (таблицы 4 и 1).

Таблица 4 – Среднемноголетняя урожайность проса и количество продуктивной влаги в почве в периоды посева и уборки культуры при возделывании в севообороте и монопосеве в среднем за 1993-2022 годы исследований

Table 4 – The average long-term yield of millet and the amount of productive moisture in the soil during the periods of sowing and harvesting of crops when cultivated in crop rotation and mono-sowing on average for 1993-2022 years of research

Вариант севооборота, монопосев	Слой почвы/	Влажность почвы в период посева и уборки проса, мм				Урожайность проса, т с 1 га	
		в среднем за 30 лет		средняя в очень засушливые годы		в среднем за 30 лет исследований	средняя в очень засушливые годы (18 лет)
		в посев	в уборку	в посев	в уборку		
С чёрным паром под твёрдую пшеницу	0-30	43,7 (±12,613)	12,7 (±12,217)	41,8 (±12,578)	9,0 (±6,193)	<u>1,24(±0,953)</u> 1,26(±0,908)	<u>0,64(±0,432)</u> 0,71(±0,447)
	0-100	147,6 (±30,026)	52,8 (±32,937)	147,6 (±38,924)	41,6 (±21,309)		
	0-150	217,6 (±42,729)	-	212,7 (±58,565)	-		
Монопосев	0-30	41,3 (±12,020)	14,2 (±14,052)	41,5 (±10,806)	8,8 (±7,031)	<u>0,68(±0,352)</u> 0,68(±0,586)	<u>0,51(±0,582)</u> 0,53(±0,409)
	0-100	138,7 (±31,114)	52,7 (±33,095)	132,2 (±40,207)	39,4 (±22,076)		
	0-150	208,3 (±50,774)	-	196,8 (±66,684)	-		

Примечание: над чертой удобренный фон, под чертой – неудобренный, в скобках среднее отклонение.

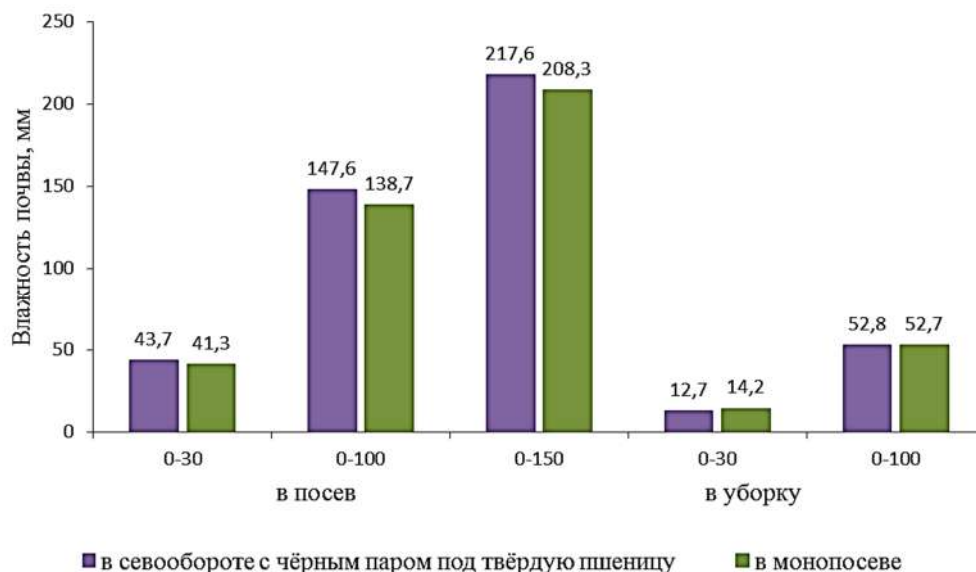


Рисунок 1 – Количество продуктивной влаги в почве в период посева и уборки проса при возделывании в севообороте и монопосеве в среднем за 30 лет (1993-2022 годы)

Figure 1 – The amount of productive moisture in the soil during the period of sowing and harvesting millet when cultivating in crop rotation and mono-sowing on average for 30 years (1993-2022)

Среднемноголетнее (30 лет) использование продуктивной влаги метрового слоя к уборке (с учётом использования всех выпавших осадков) проса составило в севообороте с чёрным паром 94,8 мм, в монопосеве – 86,0 мм.

В очень засушливые годы к моменту посева проса в вариантах севооборота и монокультуры содержится такое же количество 147,6 и 132,2 мм продуктивной влаги в метровом слое почвы, как и в среднем за 30 лет исследований. В условиях засухи к уборке проса в метровом слое почвы сохраняется в варианте с севооборотом 41,6 мм, в бессменном посеве – 39,4 мм, т.е. потребление от весенних запасов 28,2 и 29,8 % соответственно. В острозасушливые годы просом используется на 21,2 % больше продуктивной влаги метрового слоя по варианту с севооборотом и на 25,2 % при бессменном возделывании культуры в сравнении со средними данными за 30 лет исследований. Снижение урожайности проса в очень засушливые годы при возделывании в севообороте составило на удобренном фоне 48,4 % и 43,6 % на неудобренном. При бессменном возделывании проса в острозасушливые годы урожайность снижается на 25,0 и 22,1 % соответственно по фонам удобренности.

Выводы. Применение минеральных удобрений под просо в очень засушливые годы неэффективно в связи со снижением урожайности культуры в севооборотах с чёрным и почвозащитным паром на 0,07 т, с сидеральным паром – на 0,03 т, с озимой рожью – на 0,10 т и при монопосеве – на 0,02 т с 1 га. Положительный эффект от применения удобрений отмечается при возделывании проса в севооборотах с чёрным и почвозащитным паром в годы средней засушливости и незначительно засушливые. Прибавка урожайности проса в такие годы составляет соответственно 0,29-0,16 т с 1 га. Урожайность проса на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья в условиях засухи составляет 0,51-0,74 т с 1 га. На формирование урожайности проса влияет предшественник в севообороте и монопосев в сочетании с запасами продуктивной почвенной влаги прошлых лет, предшествующих посеву культуры. Снижение урожайности проса в бессменном посеве относительно севооборотов объясняется большей засорённостью однолетними сорняками и меньшим почвенным влагозапасом.

Библиографический список

1. Антимопова О. Н., Сыркина Л. Ф. Формирование урожайности сортов проса посевного в зависимости от гидротермических условий // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2020. № 10. С. 74-82.
2. Влияние погодных факторов на урожайность проса при возделывании в севооборотах и бессменном посеве на чернозёмах южных Оренбургской области / В. Н. Жижин, В. Ю. Скороходов, Д. В. Митрофанов [и др.] // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101. № 4. С. 217-225.
3. Зеленев А. В., Неймышева А. Н., Смутнев П. А. Достижения селекции проса в сухостепной зоне Нижнего Поволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 79-85.
4. Камалеев Р. Д., Неверов А. А. Закономерности в формировании урожайности и прибавке урожайности проса посевного в центральной зоне Оренбургского Предуралья // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (60). С. 27-31.
5. Куликова А. Х., Антонова С. А., Яшин Е. А. Влияние соломы, биопрепарата Байкал ЭМ-1 и минеральных удобрений на формирование посевов и урожайность проса // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 2 (42). С. 78-85.
6. Максютон 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.
7. Митрофанов Д. В. Влияние абиотических факторов среды, минеральных удобрений и предшественников на урожайность зерна проса в степной зоне Южного Урала // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (60). С. 64-70.
8. Пищевой режим чернозёма южного и продуктивность проса (*Panicum Miliaceum* L.) в длительном стационарном опыте с удобрениями / М. П. Чуб, В. В. Пронько, Т. М. Ярошенко, Н. Ф. Климова, Д. Ю. Журавлёв // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 1. С. 3-9.
9. Приёмы ресурсосберегающей технологии выращивания проса на чернозёмах степного Поволжья / Шевцова Л. П., Шьурова Н. А., Башинская О. С., Щукин С.А. // Аграрный научный журнал. 2017. № 8. С. 41-46.
10. Садовой А. С., Барановский А. В. Влияние погодных условий на влагообеспеченность и продуктивность посевов проса при различных сроках сева // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (78). С. 71-73.
11. Скороходов В. Ю. Продуктивность проса в монокультуре и севооборотах на двух агрофонах при долготемном исследовании в регионе с неустойчивым увлажнением // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 1 (57). С. 70-76.
12. Скороходов В. Ю., Аношкин П. А. Продуктивность севооборотов с просом и их экономическая эффективность на чернозёмах южных Оренбургского Предуралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2016. № 4 (60). С. 46-48.
13. Сурков А. Ю., Суркова И. В. Формирование урожайности проса и её элементов в зависимости от гидротермических условий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 5. С. 18-23.
14. Филин В. И., Балакшина В. И. Эффективность удобрений в сухостепной зоне каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 67-72.
15. Millets: a solution to agrarian and nutritional challenges / A. Kumar, V. Tomer, A. Kaur [et. al] // Agric & Food Secur. 2018. № 7. P. 31.
16. Nielsen D. C., Merle F. Vigil Field. Water use and environmental parameters influence proso millet yield // Crops Research Volume. 2017. P. 34-44.

Информация об авторах:

Скороходов Виталий Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник отдела «Земледелия и РСТ», ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (460051, Оренбургская область, г. Оренбург, пр. Гагарина 27/1). ORCID: 0000-0003-4179-7784. **E-mail:** skorohodov.vitali1975@mail.ru.

ASSESSMENT OF DESERTIFICATION MANIFESTATIONS IN THE ASTRAKHAN VOLGA REGION ACCORDING TO REMOTE SENSING DATA

V. V. Doroshenko¹, A. V. Melihova¹

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

Received 14.04.2023

Submitted 25.05.2023

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS № 122020100311-3 «Theoretical foundations of functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry landscape 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», НИР № 122020100405-9 «Cartographic modeling of the state, functioning and dynamics of the processes of desolate territories using information technologies»

Summary

The article presents the results of mapping of open sands and rock depressions on the territory of the Astrakhan Volga region for the period 2017-2022 using satellite imagery data and geoinformation methods.

Abstract

Relevance. The Astrakhan Volga region belongs to the dry-steppe and semi-desert zone, in connection with which deflation and desertification pose the greatest danger to this territory. The assessment of natural processes using off-site methods and remote sensing helps to reduce labor cost and makes it possible to operatively analyze large areas. The separation of open sands and sores makes it possible to clarify the assessment of the area of desertification. The materials obtained as a result of the work can be used in subsequent studies on mapping the dynamics of desertification processes, including in other regions. The aim of the study was to map open sands and sor depressions as key factors in assessing desertification in the Astrakhan Volga region. **An object.** The study area is characterized by flat terrain and insufficient humidification of the territory, which creates favorable conditions for the development of desertification and the formation of dust storms. The Krasnoyarsky and Kharabalinsky municipal districts of the Astrakhan region, which are located on the territory of the Northern Caspian Sea and are most susceptible to intensive desertification processes, have been selected for mapping. **Materials and methods.** Interpretation of open sands and sor depressions was carried out by the method of visual expert decoding using satellite images in a combination of "natural colors". The sor depressions were deciphered as of 2022, multispectral images of the Sentinel-2 spacecraft with a spatial resolution of 10 m for August-September from 2017 to 2022 were used to decipher open sands. "QGIS" and MS "Excel" were used for data processing. **Results and conclusions.** As a result of the work, 24.1 thousand objects with a total area of about 500 thousand ha were allocated, including the sor depressions with an area of 8.9 thousand ha and 489.5 thousand ha of open sands. The trend towards an increase in the area of desertification associated with the intensification and increase in dust storms on the territory of the Astrakhan Volga region has been revealed.

Key words: Astrakhan Volga region, sors, sor depressions, desertification, remote sensing, geoinformation analysis.

Citation. Doroshenko V. V., Melihova A. V. Assessment of desertification manifestations in the astrakhan volga region according to remote sensing data. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 239-246 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-27.

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 631.47

**ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЙ ОПУСТЫНИВАНИЯ В АСТРАХАНСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ
ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ****В. В. Дорошенко, магистр географических наук****А. В. Мелихова***Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 14.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

*Исследования проведены в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН НИР
№ 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 геоинформаци-
онных технологий, аэрокосмических методов и математико-картографического моделиро-
вания в современных условиях», НИР № 122020100405-9 «Картографическое моделирование
состояния, функционирования и динамики процессов опустыненных территорий с приме-
нением информационных технологий»*

Актуальность. Астраханское Заволжье относится к сухостепной и полупустынной зоне, в связи с чем, дефляция и опустынивание представляют наибольшую опасность для данной территории. Оценка природных процессов с помощью камеральных методов и ДЗЗ способствует снижению трудоемкости и дает возможность оперативно анализировать большие площади. Разделение открытых песков и соров позволяет уточнить оценку площади опустынивания. Полученные в результате работы материалы могут быть использованы в последующих исследованиях по картографированию динамики процессов опустынивания, в т. ч. в других регионах. Целью исследования являлось картографирование открытых песков и соровых понижений как ключевых факторов оценки опустынивания в Астраханском Заволжье. **Объект.** Зона исследования характеризуется равнинным рельефом и недостаточным увлажнением территории, что создает благоприятные условия для развития опустынивания и формирования пыльных бурь. Для картографирования выбраны Красноярский и Харабалинский муниципальные районы Астраханской области, которые располагаются на территории Северного Прикаспия и наиболее подвержены интенсивным процессам опустынивания. **Материалы и методы.** Дешифрирование открытых песков и соровых понижений проводилось методом визуального экспертного дешифрирования с использованием космических снимков в комбинации «естественные цвета». Сорковые понижения дешифрированы по состоянию на 2022 год, для дешифрирования открытых песков использовались мультиспектральные снимки КА «Sentinel-2» с пространственным разрешением 10 м за август-сентябрь с 2017 по 2022 гг. Для обработки данных использовались «QGIS» и MS «Excel». **Результаты и выводы.** В результате работы выделено 24,1 тыс. объектов общей площадью около 500 тыс. га, включающие сорковые понижения площадью 8,9 тыс. га и 489,5 тыс. га открытых песков. Выявлен тренд к увеличению площади опустынивания, связанный с усилением и учащением пыльных бурь на территории Астраханского Заволжья.

Ключевые слова: Астраханское Заволжье, соры, сорковые понижения, опустынивание земель, дистанционное зондирование Земли, геоинформационный анализ.

Цитирование. Дорошенко В. В., Мелихова А. В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования земли. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 239-246. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-27.

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. Астраханское Заволжье относится к сухостепной и полупустынной зоне, где проявление процессов деградации земель и опустынивания является особенно опасным. В связи с тем что в этой области почвы являются маломощными, развитие процессов опустынивания является быстро нарастающим и трудно обратимым процессом [7]. Поскольку Астраханское Заволжье относится к дефляционно-опасным территориям, избыточная антропогенная нагрузка часто приводит к вспышкам дефляции и образованию подвижных песков [2, 8]. В связи с этим необходимо выработать методику оперативного выявления критических участков с использованием доступных данных дистанционного зондирования Земли. Применение спутниковых данных позволяет значительно снизить временные затраты на выявление опасных участков, а также проводить оперативный мониторинг изменения площадей открытых песков после пыльных бурь, значительно участвовавших в последние годы [12, 13]. Отсутствие на всей территории исследования значительных возвышений обуславливает сохранение максимальной энергии пыльных бурь и повышение урона от них [7].

При этом большое влияние на результат обработки мультиспектральных спутниковых данных при картографировании проявлений опустынивания оказывают соровые понижения, широко распространенные на территории Прикаспийской низменности. Соровое понижение (сор) представляет собой замкнутое бессточное понижение; как правило, дно соров покрыто солевой коркой, поэтому лишено растительного покрова [1, 9]. Автоматизированное отделение соров от открытых песков затруднено в связи со схожими спектральными характеристиками, при этом соры могут значительно повлиять на результаты оценки площадей опустынивания.

Целью исследования являлась оценка проявлений опустынивания и их динамики на территории Астраханского Заволжья, для чего поставлена задача провести картографирование открытых песков и соров за период с 2017 по 2022 год.

Территория исследования располагается на левом берегу р. Волги и административно относится к территории Красноярского и Харабалинского муниципальных районов Астраханской области. С запада она ограничена поймой р. Волги, с юга — дельтой р. Волги, с востока — государственной границей с Республикой Казахстан. Общая площадь исследованной территории 992 тыс. га. Большая часть зоны исследования находится ниже уровня моря и является преимущественно равнинной [7]. Климат в зоне исследования является засушливым, среднегодовая сумма осадков составляет 200 мм [6]. При этом наблюдается тенденция к усилению континентальности, т. е. снижению годовых сумм осадков в сочетании с повышением среднегодовых температур [11].

Результаты исследования позволят оценить развитие процессов опустынивания в Астраханском Заволжье и выявить участки наибольшего риска.

Материалы и методы. Выявление соровых понижений и открытых песков в зоне исследования проводилось методом визуального экспертного дешифрирования спутниковых снимков. Из имеющихся в свободном доступе материалов дистанционного зондирования Земли были выбраны мультиспектральные снимки КА «Sentinel-2» с пространственным разрешением 10 м. Для дешифрирования песков было составлено композитное изображение в «естественных цветах» (комбинация зеленого, красного и синего спектральных каналов), обеспечивающее достаточную контрастность для отделения открытых песков как от покрытых растительностью, распаханых и голых земель, так и от соровых понижений. Визуально соровые понижения отделяются от песков благодаря более светлому холодному цвету, а также гладкой текстуре и четким краям (рисунок 1). Также песчаные массивы, образовавшиеся в результате пыльных бурь, отличаются вытянутой формой, ориентированной соответ-

ственно направлению господствующих ветров на данной территории [4]. При этом было проведено уточнение границ соровых понижений, граничащих с песчаными массивами или частично засыпанных песком в результате пыльных и песчаных бурь, с использованием инфракрасного канала [1, 5].

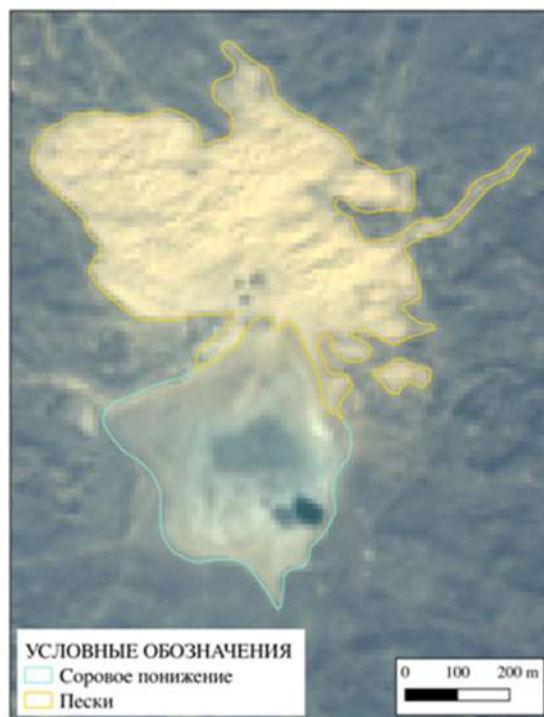


Рисунок 1 — Соровое понижение и песчаный массив на спутниковом снимке «Sentinel-2»
(дата съемки: 18.09.2020; 46.7808° с.ш., 48.7851° в.д.)

Figure 1 – A sor depression and a sandy massif on the Sentinel-2 satellite image
(date of shooting: 09/18/2020; 46.7808° n. l., 48.7851° e. l.)

Дешифрирование открытых песков проводилось с использованием космических снимков за август и сентябрь для обеспечения наибольшей контрастности в период 2017-2022 гг. [1]. Сорковые понижения дешифрированы по состоянию на 2022 год в связи с их малой изменчивостью. Пространственная ориентация сорковых понижений определялась как соотношение длины и ширины (автоматически рассчитанных долгот и широт крайних точек) [1, 5].

Для последующего анализа территория исследования была разбита на регулярные ячейки со сторонами 2 км. В атрибутивную таблицу ячеек с помощью оверлейных операций были внесены площади участков, занятых песками, с дифференциацией по годам. Динамика площадей открытых песков оценивалась как соотношение площадей по состоянию на 2017 г. и по состоянию на 2022 г.

Создание и редактирование векторных объектов, а также обработка данных дистанционного зондирования и оформление итоговых картографических материалов проводились в геоинформационном ПО «QGIS». Статистическая обработка данных проводилась в MS «Excel».

Результаты и обсуждение. По результатам дешифрирования данных дистанционного зондирования выявлено 3622 сорковых понижения общей площадью 8,9 тыс. га. Средняя площадь объекта составляет 2,4 га, что свидетельствует о большом количестве

малых соров в зоне исследования (53,4 % всех соров имеют площадь до 1 га). При этом абсолютное большинство (71,4 %) сорových понижений имеет субширотную ориентацию, меньшая часть имеет субмеридиональную ориентацию (9,1 %) или не имеет выраженной пространственной ориентации (19,5 %). Это также позволяет отделять их от песчаных массивов, которые в большинстве случаев (61 % от общего количества) не имеют ярко выраженной ориентации в пространстве.

Дешифрирование материалов спутниковой съемки за период с 2017 по 2022 гг. позволило выявить 20,5 тыс. объектов, отнесенных к открытым пескам и очагам опустынивания (рисунок 2). общая площадь песков за весь период дешифрирования составила 489,5 тыс. га. При этом минимальный размер объекта ограничен разрешающей способностью спутникового снимка и составляет 0,02 га, т. е. два пикселя растрового изображения с пространственным разрешением 10 м, т. к. один пиксель не дает достаточно достоверной информации.

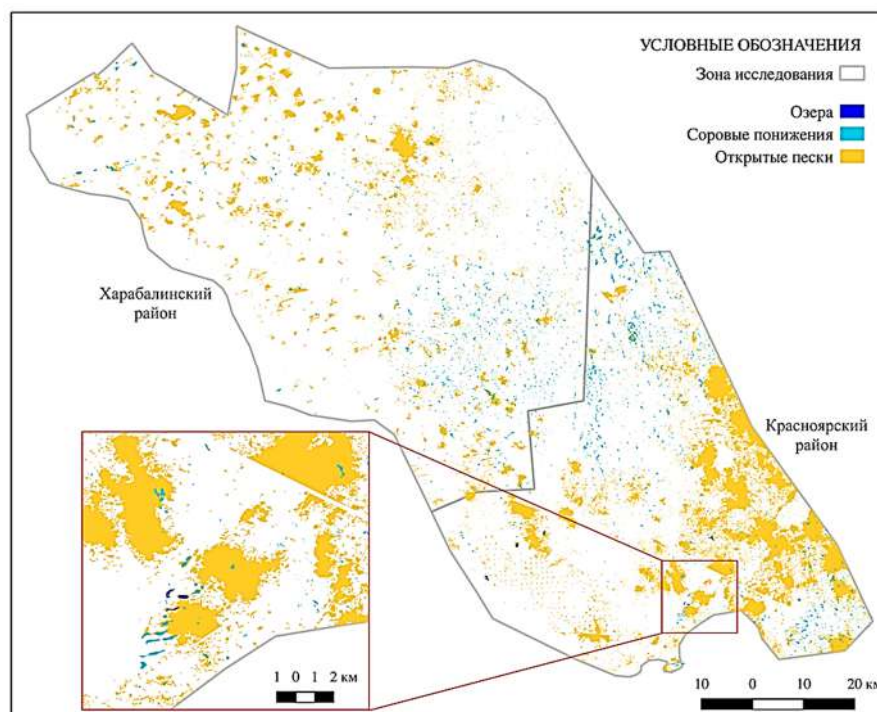


Рисунок 2 — Пространственное распределение открытых песков и сорových понижений в Астраханском Заволжье (по состоянию на 2022 г.)

Figure 2 – Spatial distribution of open sands and sediment depressions in the Astrakhan Volga region (as of 2022)

Наибольшие площади песков в течение каждого года исследования, кроме 2017 г., были выявлены на территории Красноярского муниципального района. Распределение площадей песков по муниципальным районам и по годам показано на рисунке 3.

График демонстрирует снижение количества объектов, дешифрируемых как очаги опустынивания и массивы открытых песков при увеличении общей площади таких объектов. Это связано с тем, что после пыльных бурь появляются крупные (более 1 тыс. га) объекты, объединяющие множество мелких очагов опустынивания.

В течение рассматриваемого периода наблюдалась тенденция к росту общей площади открытых песков относительно первого года исследования (рисунок 4), при этом конфигурация очагов показывает, что большое количество участков с открытыми

песками является стабильными и слабо изменяющимися по площади очагами опустынивания или участками разбитых почв вокруг производственных или хозяйственных объектов. Наибольшие колебания площадей связаны с крупными (более 1 тыс. га) участками, покрытыми песками в результате песчаных бурь [12]. Такие участки занимают площадь 156,6 тыс. га за весь период исследования, что составляет 32,1 % от общей площади песков, при этом в количественном отношении их всего 38 (0,2 % от общего количества объектов).

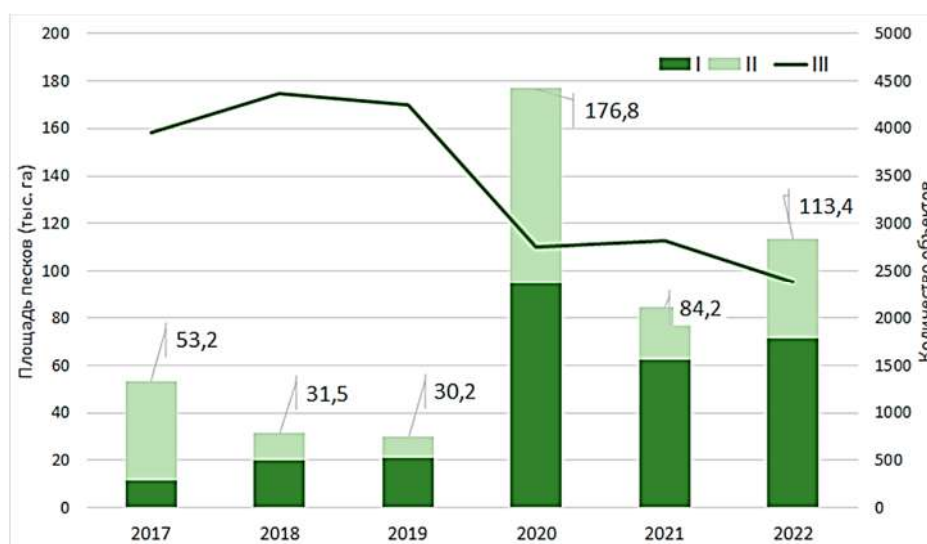


Рисунок 3 – Пространственно-временное распределение песков
(I – площадь песков в Красноярском районе, II – площадь песков в Харабалинском районе,
III – общее количество объектов)

Figure 3 – Spatial and temporal distribution of sands (I – the area of sands in the Krasnoyarsky district, II – the area of sands in the Kharabalinsky district, III – the total number of objects)

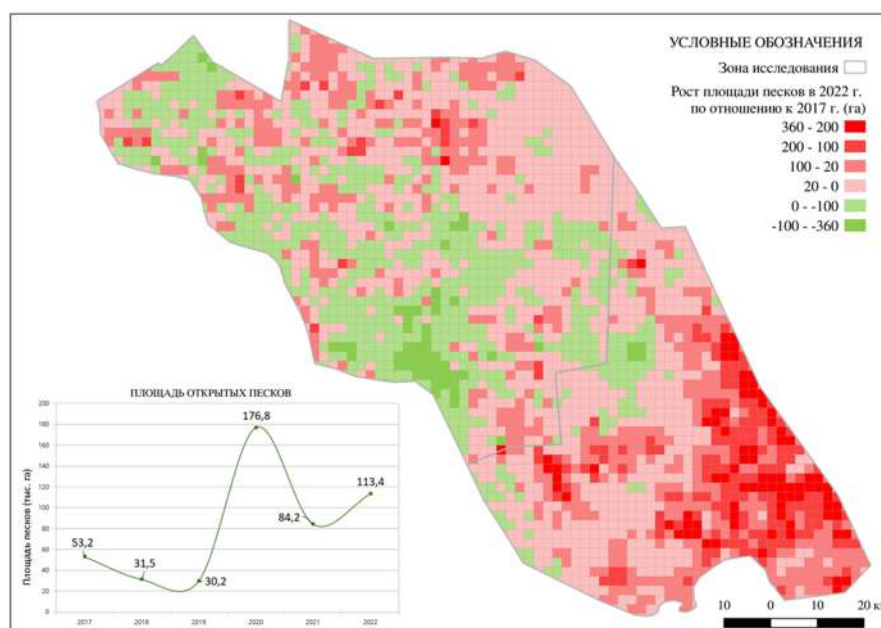


Рисунок 4 — Схема динамики площадей открытых песков

Figure 4 – Diagram of the dynamics of the areas of open sands

Поскольку выявлены значительные изменения площадей песков в каждой ячейке регулярной сетки, представляется целесообразным оценить повторяемость выявления открытых песков (рисунок 5). При этом учитывалась повторяемость объектов с площадью более 40 га, чтобы исключить влияние постоянных очагов опустынивания и антропогенных объектов.

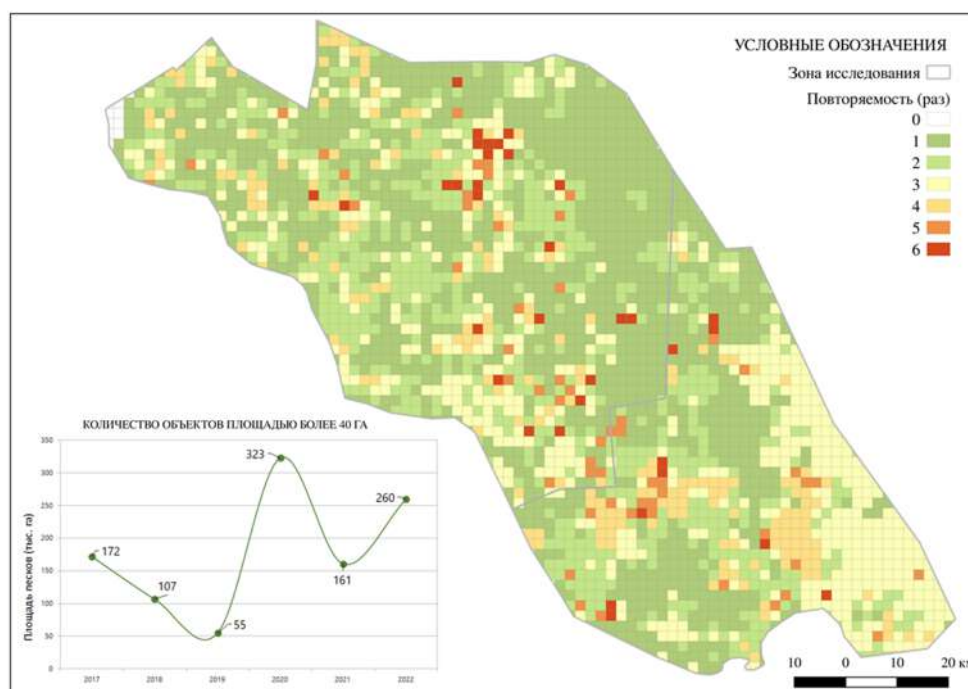


Рисунок 5 — Схема повторяемости проявлений опустынивания с 2017 по 2022 гг.

Figure 5 – Pattern of recurrence of desertification manifestations from 2017 to 2022

На значительной части территории исследования (43 %) площадь открытых песков в каждой ячейке составляла 40 га и более только один раз за рассматриваемый период. Из них в 97 % случаев — в 2020 году, что позволяет предположить, что данные пески были принесены песчаными бурями и распределялись достаточно тонким слоем, что позволило за год сформироваться растительному покрову с достаточным проективным покрытием для изменения спектральных характеристик территории. Сортовые понижения могут накапливать песок после песчаных бурь и впоследствии становятся источником материала для более поздних пыльных бурь. Но следует отметить, что в результате пыльных бурь возможен перенос семян, и после заполнения сортовых понижений песком появляется возможность разрастания растительности, которое может привести к формированию полноценного фитоценоза [3, 5].

Сосредоточение участков с повторяемостью выявления крупных песчаных массивов 3-5 раз на юго-востоке области исследования, вдоль границы с Республикой Казахстан свидетельствует о наибольшем влиянии пыльных и песчаных бурь на данную территорию, т. к. конфигурация массивов в каждый год исследования значительно изменялась. В этой же области отмечена наиболее активная динамика площадей (рисунок 4).

Количество крупных объектов (более 40 га) значительно возросло в 2020 г. и позже, что соответствует данным других исследователей об увеличении частоты и интенсивности пыльных бурь на территории Западного Прикаспия в этот период, а также связанного с этим увеличения площадей открытых песков [10-12].

Выводы. Общая площадь выявленных в результате дешифрирования материалов ДЗЗ проявлений опустынивания составила 489,5 тыс. га за период 2017-2022 гг., а также 8,9 тыс. га составляет площадь соровых понижений. Учет соров при картографировании динамики опустынивания необходим для уточнения площадей открытых песков и зон наибольшего риска.

Выявлен значительный рост площадей опустынивания с 2017 года, при этом полученные данные о конфигурации открытых песков и повторяемости их выявления свидетельствуют о значительном влиянии пыльных и песчаных бурь на динамику процессов опустынивания в Астраханском Заволжье.

Библиографический список

1. Берденгалиева А. Н., Дорошенко В. В. Пространственное распределение соровых понижений на юге европейской России по данным дистанционного зондирования // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 6-11.
2. 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.
3. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры предупреждения, борьбы, ликвидация последствий и адаптационные мероприятия (сельское и лесное хозяйство): Национальный доклад / под ред. Р. С.-Х. Эдельгериева. Москва: изд. «Издательство МБА», 2021. 700 с.
4. Дорошенко В. В. Геоинформационный анализ развития процессов опустынивания в Ставропольском крае // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 31-36.
5. Дорошенко В. В. Геоинформационное картографирование соровых понижений и солончаков в Ставропольском крае // Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 553-561.
6. Календжян Т. В., Иолин М. М., Борзова А. С. Особенности климата Астраханской области // Современные проблемы географии: Межвузовский сборник научных трудов. Астрахань: Издательский дом "Астраханский университет", 2021. Т. 5. С. 125-128.
7. Кравченко А. С., Юферев В. Г., Шинкаренко С. С. Геоинформационный анализ ландшафтов астраханского Заволжья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 154-163.
8. Лепеско В. В., Рыбашлыкова Л. П. Современное состояние и эколого-мелиоративное значение древесно-кустарниковых экосистем на закрепленных песках Астраханского Заволжья // Мелиорация. 2019. № 2 (88). С. 69-72.
9. Пищулов С. А. Соры как форма аридного рельефа // Геоморфология. 2013б. № 3. С. 89-96.
10. Спутниковый мониторинг процессов опустынивания на юге Европейской России в 2019-2022 гг. / С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев, А. Н. Берденгалиева, В. В. Дорошенко // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 5. С. 319-327.
11. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К. Проблема опустынивания аридной зоны Астраханской области в условиях изменения климата и повышенного антропогенного воздействия // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. № 67. С. 68-70.
12. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Оценка площади опустынивания на юге европейской части России в 2021 г. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 4. С. 291-297.
13. 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.

Информация об авторах

Дорошенко Валерия Витальевна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), e-mail: doroshenko-vv@vfanc.ru

Мелихова Алина Владимировна, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), e-mail: melihova-a@vfanc.ru

SOYBEAN VARIETIES OF THE LOWER VOLGA BREEDING

S. S. Mukhametkhanova, V. V. Tolokonnikov

Federal State Budget Scientific Institution

«All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 19.04.2023

Submitted 25.05.2023

*Studies were carried out as part of the theme of the research of 2022-2024. FNFR-2022-0007
“Create the genetic resources of agricultural crops (soy, corn) that have important economic
valuable features that are stressful to the conditions of the climate iridizations, which are important
for irrigation to obtain safe and high-quality, including functional food products”.*

Abstract

Introduction. The increase in the world area of soybean sowing to – 128 million hectares and yield to 2.8 tons / ha is preceded by high rates of variety change and orientation of seed production to accelerated reproduction of new varieties. It is possible to accelerate the process of approaching the Russian soybean yield (1.6 t/ha) to the world level and expand the area of sowing (3.5 million hectares) in our country by 2-3 times, due to the significant introduction of irrigated land into agricultural circulation with the allocation of at least 20% of this area for soybeans. The purpose of the research is to give the main characteristics of the Volgograd soybean varieties bred for irrigation conditions, to reflect the features of agro-reclamation and the direction of economic use. **Materials and methods.** Soybean varieties phased out and listed in the State Register (from 1991 to 2020): Volgogradka 1, VNIIOZ 86, VNIIOZ 76, VNIIOZ 31, Volgogradka 2. Their characteristics, identification of responsiveness to agro-reclamation and directions of economic use are given. **Results and discussion.** The success of the production development of soybeans in the Volgograd region is associated with the breeding of the Volgogradka 1 variety. It is better suited for cultivation in ordinary (0.30 x 0.042 m) sowing (3.7 t/ha) than in wide-row (2.59 t/ha). In non-irrigated agriculture, it provides 1.77 t/ha. It is characterized by high-quality grain suitable for food purposes. The increase in the area of sowing under early varieties focused breeding on the mobilization of the precocious gene pool, which led to the creation of the early VNIIOZ 86 variety, responsive to ordinary sowing (3.09 t/ha) with an increase in yield of 0.89 t/ha and forming grain with protein up to 44% for food purposes. The demand for varieties adapted to drought and at the same time responsive to irrigation has given the direction of breeding for drought resistance and high responsiveness to irrigation. The VNIIOZ 76 variety was bred with a higher yield level – without irrigation – up to 1.57 t/ha, with pre-sowing seed treatment with bischofite (20%) under irrigation conditions of 4.24 t/ha. A significant tightening of the atmospheric drought, which is difficult to smooth out by irrigation, focused breeding on short-stemming and increasing the economic productivity of photosynthesis. A low-growing, determinant variety VNIIOZ 31 was created, responsive (4.08-4.39 t/ha of grain) for complex seed treatment. A high-protein (38-42%) variety suitable for food purposes. Dry -resistant in crops without irrigation - 1.4 t/ha. Responsive to the differentiated irrigation mode (80-80-70 % HB)-3.19 t/ha. Perennial (since 2010) climate aridization helps to increase the consumption of irrigation water. Using, in hybridization, both early and mid -season divergent various genotypes led to the creation of a Volgograd 2 variety, combining early growth (105 days), productivity (3.5 t/ha). High -protein (40 %) variety of feed and food use. The promising novelty of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture is an ultra-productive, water, water-saving and well-suitable VNIIOZ 4. Over the years of testing (2020-2022), with a yield of 2.85 t/ha, the VNIIOZ 86 standard by 0.25 t/ha and ripe has matured and matured (90 days) earlier for 9 days. Seed output - 75 %with germination energy of 78 %and a germination of 90 %, exceeding the standard and (68 %, 51 %, 81 %, respectively). High -protein - 40.5 % and high -handed 20 % fat variety.

Key words: Soybeans, varieties, irrigation, economically valuable signs, agricultural techniques and irrigation reclamation, yield, seed production, seeds, protein, fat.

Citation. Mukhametkhanova S. S., Tolokonnikov V. V. Soybean varieties of the lower volga breeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 247-256 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-28.

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

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

УДК 643.34:631.526.32

СОРТА СОИ НИЖНЕВОЛЖСКОЙ СЕЛЕКЦИИ

С. С. Мухаметханова, магистр, младший научный сотрудник

В. В. Толоконников, доктор сельскохозяйственных наук

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,

г. Волгоград, Российская Федерация

Дата поступления в редакцию 19.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Исследования проведены в рамках тематики НИР 2022-2024 гг. FNFR-2022-0007
«Создать стрессоустойчивые к условиям аридизации климата генетические ресурсы сельскохозяйственных культур (соя, кукуруза), обладающие важными хозяйственно ценными признаками, отзывчивые на орошение для получения безопасных и качественных, в том числе функциональных продуктов питания»

Актуальность. Увеличение мировой площади посева сои до 128 млн га и урожайности до 2,8 т./га предвзвешивается высокими темпами проведения сортосмены и ориентации семеноводства на ускоренное размножение новых сортов. Ускорить процесс приближения российской урожайности сои (1,6 т/га) к мировому уровню и расширить площадь посева (3,5 млн га) в нашей стране в 2-3 раза возможно за счёт значительного ввода орошаемых земель в сельскохозяйственный оборот с выделением не менее 20 % этой площади под сою. **Цель исследований** – дать основную характеристику сортов сои Волгоградской селекции, выведенных для условий орошения, отразить особенности агрономии и направление хозяйственного использования. **Материалы и методы.** Поэтапно созданные и занесённые в Госсортеестр (с 1991 по 2020 гг.) сорта сои: Волгоградка 1, ВНИИОЗ 86, ВНИИОЗ 76, ВНИИОЗ 31, Волгоградка 2. Дана их характеристика, выявление отзывчивости на агрономии и направления хозяйственного использования. **Результаты и обсуждение.** Успешность производственного освоения сои в Волгоградской области связана с выведением сорта Волгоградка 1. Он лучше пригоден для возделывания в рядовом (0,30 x 0,042 м) посеве (3,7 т/га), чем в широкорядном (2,59 т/га). В неорошаемом земледелии обеспечивает получение 1,77 т/га. Характеризуется высококачественным, пригодным для пищевых целей зерном. Увеличение площади посева под ранними сортами ориентировало селекцию на мобилизацию скороспелого генофонда, что привело к созданию раннего сорта ВНИИОЗ 86, отзывчивого на рядовой посев (3,09 т/га), прибавкой урожая 0,89 т/га и формирующего зерно с протеином до 44 % для пищевых целей. Спрос на адаптированные к засухе и одновременно отзывчивые на орошение сорта привел к вопросу создания направления селекции на засухоустойчивость и высокую отзывчивость на орошение. Выведен сорт ВНИИОЗ 76 с более высоким уровнем урожайности – без орошения – до 1,57 т/га, с допосевной обработкой семян бишофитом (20 %) в условиях орошения 4,24 т/га. Значительное ужесточение атмосферной засухи, трудно сглаживаемой орошением, ориентировало селекцию на короткостебельность и повышение хозяйственной продуктивности фотосинтеза. Был создан невысокорослый, детерминантный сорт ВНИИОЗ 31, отзывчивый (4,08-4,39 т/га зерна) на комплексную обработку семян. Высокобелковый (38-42 %) сорт, пригодный на пищевые цели. Засухоустойчив в посевах без орошения – 1,4 т/га. Отзывчив на дифференцированный режим орошения (80-80-70 % НВ) – 3,19 т/га. Многолетняя (с 2010 года) аридизация климата способствует увеличению расхода поливной воды. Использование в гибридизации как ранних,

так и среднеспелых дивергентно различных генотипов привело к созданию сорта Волгоградка 2, совмещающего скороспелость (105 суток), урожайность (3,5 т/га). Высокобелковый (40 %) сорт кормового и пищевого использования. Перспективная новинка ФГБНУ ВНИИОЗ – ультратранний, продуктивный, водосберегающий и хорошо пригодный к семеноводческой работе сорт ВНИИОЗ 4. За годы испытания (2020-2022 гг.) при урожайности 2,85 т/га превзошел стандарт ВНИИОЗ 86 на 0,25 т/га и созрел (90 суток) раньше на 9 суток. Выход семян – 75 % с энергией прорастания 78 % и всхожестью 90 %, превысив стандарт и (соответственно 68 %, 51 %, 81 %). Высокобелковый – 40,5 % и высокомасличный 20 % жира сорт.

Ключевые слова: сорта сои, орошение сои, хозяйственно-ценные признаки сои, агротехника сои, урожайность сои, семеноводство сои.

Цитирование. Мухаметханова С. С., Толоконников В. В. Сорта сои нижеволжской селекции. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 247-256. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-28.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ценнейшая, многогранно используемая в самых разных отраслях белково-масличная культура соя продолжает удивлять непревзойденным ростом мирового производства. В настоящее время площади её посева уже достигли 128 млн га, а урожайность превысила 2,8 т/га. Едва ли не самым важным фактором её феноменального шествия по планете является интенсивность сортосмены [1, 8, 10, 11]. Непрерывный этап селекционного улучшения сои и семеноводства в современном понимании – это процесс размножения новых сортов. Тесная связь селекции и семеноводства – основа мирового лидерства этой уникальной сельскохозяйственной культуры [5, 6, 16].

Для природных условий Российской Федерации повышение качества ведения семеноводства актуально как никогда ранее. Всего 20 % сельскохозяйственных земель в нашей стране не подвержено засушливым явлениям. Поэтому только за счёт расширения площади посева под этой культурой полностью решить проблему дефицита сои в России (а это порядка 5 млн т, которые приобретаются по импорту и в основном ГМО-продукция) не получится, по крайней мере в ближайшие годы [9, 12, 14].

Несмотря на многолетнюю тенденцию к увеличению площади посева сои в нашей стране – в настоящее время до 3,5 млн га, средняя её урожайность остаётся на невысоком уровне – 1,6 т/га, хотя за предшествующие 25 лет этот показатель вырос на 60 %. Однако существенное получение маржи и усиление заинтересованности бизнеса в интенсификации производства сои появляется от получения урожайности более 2-х т/га. За это время значительно возросло количество сортов в Госсортеестре РФ – в 5,7 раза по сравнению с аналогичными показателями 1998 года – 49 наименований [2, 4], причём соотношение скороспелых к среднеспелым из них примерно одинаковое.

Видимо, только за счёт нарастания темпов селекционного улучшения этой культуры по продуктивности вряд ли в обозримом будущем будет достигнут уровень урожайности, приближающийся к мировому. Между тем у нас существует важнейший, но недостаточно используемый резерв интенсификации сельскохозяйственного производства – значительное расширение орошаемых земель в ряде регионов Российской Федерации – на Северном Кавказе, в Нижнем и Среднем Поволжье, в отдельных зонах Сибири и Дальнего Востока. В условиях орошения, как показывает научный и производственный опыт, урожайность этой культуры достигает 3-5 т/га и даже более с использованием отзывчивых на орошение, удобрения сортов и усовершенствованных агроме-

лиоративных приёмов. В России явно недостаточно (4,6 млн га) орошается сельскохозяйственных земель, по сравнению со странами значительного производства сои такими, как Индия (55,8 млн га), Китай (54,6 млн га), США (22,2 млн га), где этой культуре в условиях орошения отведено не менее 20 % от всех мелиорированных площадей [7, 13, 15].

В ФГБНУ ВНИИОЗ выведено 6 высокопродуктивных, различных по срокам созревания сортов сои, многие из них внесены в Госсортреестр: Волгоградка 1 (с 1991 года), ВНИИОЗ 86 (с 2002 года), ВНИИОЗ 76 (с 2003 года), ВНИИОЗ 31 (с 2011 года), Волгоградка 2 (с 2020 года).

Перспективный сорт ВНИИОЗ 4 (ультраскороспелый – 90 суток с уровнем урожайности 3т/га) готовится к передаче в Госсортосеть.

Цель исследований – дать основную морфобиологическую характеристику сортов сои Волгоградской селекции по урожайности, продолжительности вегетационного периода, высоте прикрепления нижнего боба, качеству зерна, выявить особенности приёмов агротехники и оросительной мелиорации, а также направление хозяйственного использования сортов.

Материалы и методы. Исследования выполнены в лаборатории селекции и семеноводства ФГБНУ ВНИИОЗ в период с 1983-2023 гг. Объектом исследования являются растения сои выведенных в ФГБНУ ВНИИОЗ сортов, а также семена их различных репродукций, выращенные в условиях орошения.

Размер учётной делянки полевого опыта конкурсного сортоиспытания составлял 12,6 м² в 4-х кратной повторности. Исследования выполняли в соответствии с методическими указаниями по селекции и семеноводству сои [3, 5, 6].

Результаты и обсуждение. Начало производственного возделывания сои в Волгоградской области относится к 80-м годам прошлого века. Районированный здесь сорт сои Мерит канадской селекции, несмотря на высокий потенциал продуктивности, удлинял вегетацию в условиях орошения до 2-й половины октября, особенно в годы с дождливой осенью. В результате селекционного улучшения сои был выведен сорт Волгоградка 1. Он создан методом направленного естественного кроссбридинга с участием сортообразцов, полученных из Амурской области. Подвид маньчжурский. Разновидность agr. Sordida Enk. Среднескороспелый, сроки созревания – 2-я половина сентября, тип роста полудетерминантный, линейный рост средний. Опушение рыжевато-коричневое. Соцветие – среднецветковая кисть. Окраска венчика цветка – белая. Бобы коричневые, хорошо озернённые. Семена жёлтые со слабо выраженным зеленоватым оттенком. Рубчик – одного цвета с семенной оболочкой.

В результате конкурсного сортоиспытания (1985-1987 гг.) существенно – на 11,7 % (при НСР₀₅ – 0,23 т/га) превзошёл стандарт (сорт Мерит канадской селекции) по урожайности, достигшей 2,51 т/га. Сорт почти 20 лет использовался в качестве официального стандарта при испытании сои на Госсортоучастках Нижневолжского региона. В условиях орошения наиболее высокие уровни урожая в среднем за 1999- -2004 гг. – 3,71 т/га сформировал в рядовых посевах (0,30 х 0,042 м), чем в широкорядных (0,70 х 0,024 м) – 2,59 т/га. Сорт выделяется минимальными потерями при механизированной уборке (0,4-1,1 % биологического урожая), благодаря высокому прикреплению бобов на растении (выше 0,15 м), устойчивости к полеганию и осыпанию семян.

Устойчив к засухе в неорошаемом земледелии. В экологическом сортоиспытании ОПХ «Калининском» НВ НИИСХ (1985-1987 гг.) сформировал 1,77 т/га, превысив стандарт на 0,27 т/га или на 18 % (НСР₀₅ – 0,2 т/га). Высоко адаптирован к возделыванию в различных регионах нашей страны. По данным Госсортсети, за 1988-1990 гг. при

испытании на 15 сортоучастках средний урожай этого сорта составил 2,38 т/га, среднего стандарта – 1,93 т/га, прибавка 0,45 т/га (НСР₀₅ – 0,20 т/га). Продолжительность вегетационного периода испытываемого сорта достигла 119 суток, незначительно (на 3 суток) превысив аналогичный показатель районированных сортов. Содержание протеина – от 37 до 42 %, жира – 19-20 %.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что Волгоградка 1 может рентабельно возделываться для использования на кормовые и пищевые цели в регионах, расположенных на широте от 44,6 ° с.ш. (Чеченская республика РФ) до 51,2 ° с.ш. (Уральская область – Казахстан).

С началом развития фермерского движения в Российской Федерации в конце прошлого-в начале нынешнего столетия возрос интерес к ранним сортам сои, являющимся хорошими предшественниками для озимой пшеницы и не требующими послеуборочной сушки семян. Результатом селекционного направления сои в ФГБНУ ВНИИОЗ на сокращение сроков вегетации этой культуры стало создание скороспелого сорта ВНИИОЗ 86.

Он получен методом гибридизации сортов дивергентного происхождения Белоснежка (Украина) и Эванс (США) с последующим индивидуальным отбором. Подвид маньчжурский. Разновидность *agr. Lucida* Enk. Растения высокорослые с индетерминантным типом роста. Опушение серой окраски. Количество цветков в соцветии среднее, окраска венчика цветка фиолетовая. Бобы светло-коричневые (соломенной окраски), озернённость средняя. Семена жёлтые с аналогичным цветом рубчика, крупные с массой 1000 зерен 178,3 г.

Характеризуется ранними сроками продолжительности вегетации – 87-96 суток. Формирует более высокую (2,21 т/га) урожайность, чем стандарт Соер 3 (1,98 т/га) в условиях орошения. Отличительная особенность – высокий линейный рост – 0,81 м – с незначительной степенью ветвистости, за счёт чего этот сорт выше образует первые бобы на растении от поверхности почвы (0,13 м), чем стандарт (0,11 м).

Сравнительно засухоустойчив. В производственных (10 га) посевах без орошения (ООО «Сорт» Еланского района Волгоградской области) обеспечил получение 1,2 т/га зерна в засушливом 2007 году, превысив стандарт на 0,2 т/га. О целесообразности расширения посевов этого сорта в северных районах соеяния, расположенных выше 52 ° с.ш., свидетельствуют данные Госсортоиспытания. За 2000-2001 годы сорт ВНИИОЗ 86 обеспечил получение среднего урожая 1,41 т/га за 103 суток, в то время как стандарты в среднем сформировали 1,26 т/га за такой же период вегетации (НСР₀₅ – 0,13 т/га).

Очень отзывчив на возделывание в рядовом посеве (0,30 x 0,042 м) с уровнем урожая 3,09 т/га, по сравнению с широкорядным (0,70 x 0,024 м) в условиях орошения. Лучше реагирует на дифференцированный 70-80-70 % НВ и 80-80-70 % НВ режим орошения по фазам развития растений – до 2,51 т/га, чем на постоянный 80 % НВ – 2,17 т/га.

Относится к высокобелковым сортам с содержанием протеина 39-44 %, жира – 18-19 %. Благодаря отсутствию окрашенного рубчика и пигментации кожуры семян, характерных для ряда сортов сои, пригоден для использования на пищевые цели.

Недостаточная площадь орошаемых земель в Российской Федерации, в том числе и в регионе Нижнего Поволжья, ориентирует на усиление селекции засухоустойчивых сортов. Нашими исследованиями установлено, что в степной зоне чернозёмных почв средняя урожайность сортов сои селекции ФГБНУ ВНИИОЗ без орошения достигает 1,3-1,8 т/га. Одним из сортов такого типа является ВНИИОЗ 76, полученный методом многократного индивидуального отбора из гибридной популяции К-4113.

Подвид маньчжурский. Группа апробации агр. Масгосагра Korg. Тип роста среднерослых растений полудетерминантный. Окраска опушения рыжая. Цветков в кисти среднее количество с фиолетовой окраской венчика. Окраска бобов светло-коричневая, озёрность хорошая. Семена жёлтые со светло-коричневым рубчиком мелкие по величине – масса 1000 зерен 120 г.

В неорошаемом земледелии (Еланский ГСУ Волгоградской области) обеспечил получение в среднем за 2002-2004 гг. 1,32 т/га зерна, превысив стандарт ВНИИОЗ 86 на 0,2 т/га (НСР₀₅ – 0,1 т/га). На Поволжской селекционно-опытной станции в контрастные по влагообеспеченности годы (2001 – оптимальный ГТК-08 по гидротермическому режиму, 2002 – очень засушливый ГТК-02) сформировал 1-1,57 т/га зерна, в то время как стандарт значительно меньше – 0,7-1,27 т/га. В производственном (10 га) посеве (ООО «Сорт» Еланского района) в период 2007 очень засушливого года дал по 1,2 т/га зерна, превысив сорт Соер 3 на 0,2 т/га.

ВНИИОЗ 76 – высоко адаптированный сорт. При значительном зональном размещении его посевов от 43 ° с.ш. (Терский ГСУ Кабардино-Балкарии) до 51 ° с.ш. (Балаковский ГСУ Саратовской области) в системе Госсортсети (2000-2002 гг.) без проведения орошения дал средний урожай 1,17 т/га, превысив стандартные (20 наименований) сорта на 0,22 т/га (НСР₀₅ – 0,11 т/га). В среднем за годы испытаний оказался и более скороспелым – 114 дней, чем стандарты в среднем – 120 дней.

Исследования показали, что сорт ВНИИОЗ 76 высокопродуктивен в условиях орошения. Он превысил стандартный сорт Волгоградка 1 на 0,37 т/га в конкурсном сортоиспытании 1997-1999 года, сформировав 2,81 т/га зерна.

Возделывать сорт рекомендуется в рядовом агрофитоценозе, где он обеспечивает более высокий сбор урожая – 3,3 т/га, чем при широкорядном посеве. Лучше отзывчив на предпосевную обработку семян регуляторами роста растений: водный раствор (20 %) бишофита – 4,2 т/га и водный раствор (0,01 %) никфана – 4 т/га, чем в посеве без обработки – 3,55 т/га.

Сорт ВНИИОЗ 76 приспособлен к возделыванию с применением мало энергоёмких приёмов мульчирующей обработки почвы и средств химизации. С применением мелкой (до 0,12 м) и комбинированной (бороздование) предпосевной обработки почвы и органоминерального удобрения этот сорт превысил контроль (вспашка) на 0,41 т/га при урожайности 3,2 т/га. Такой способ возделывания сои в условиях орошения запатентован (Патент № 2313209 от 27.12.2007 г.).

Относится к высокобелковым сортам с содержанием сырого протеина 38-42 %, и жира 17-19 %, однако из-за наличия тёмной окраски рубчика семян пригоден для использования преимущественно на кормовые цели.

Большинство селекционных достижений сои, внесённых в Госсортреестр по Нижневолжскому региону, в том числе и сорта Волгоградской селекции, характеризуются неограниченным или полуограниченным ростом стебля. Такие сортоотипы выделяются высокорослостью (0,8 – 1 м) стебля и его ростом на протяжении практически всего периода «всходы – налив бобов». Это способствует усиленной взаимозатянутости растений, снижению хозяйственной продуктивности фотосинтеза, особенно проявляющейся в годы с ужесточающимися засушливыми явлениями, поскольку значительно увеличивается подача оросительной воды и соответственно – усиленный прирост биомассы.

Селекционные исследования показали, что отдельные генотипы законченного (детерминантного) роста (после цветения) стебля, несмотря на невысокий линейный рост растений 0,5-0,7 м, способны формировать высокий (3 т/га) урожай. Это объясняется более поздним (на 15-20 суток) закрытием междурядий (0,7 м), чем у высокосте-

бельных сортов, и продолжительной за счёт этого фотосинтетической активностью листьев. Проведение сложной гибридизации между сортами Эванс (США), Волжана и детерминантной линией 233 (Волгоградская область) с последующим проведением индивидуального отбора дало возможность вывести принципиально новый короткостебельный сорт сои ВНИИОЗ 31.

Подвид маньчжурский, апробационная группа agr. Hibrida Enk. Короткостебельный (0,5 м), детерминантный рост, рыжая окраска опушения. Кисть среднецветковая с белой окраской венчика. Бобы бурые, средне-озернённые. Семена жёлтые, рубчик одного цвета с семенем, крупные – масса 1000 зерен – 171,4 г.

Сроки созревания средние (до 117 суток). В орошаемых посевах конкурсного сортоиспытания (2006-2008 гг.) сформировал 3,01 т/га, превысив стандарт Волгоградка 1 на 0,26 т/га (НСР₀₅ – 0,16 т/га).

По концентрации белка в семенах 37-39 % относится к среднебелковым, жира 17-19 % – к среднемасличным сортам. Отсутствие явно окрашенного рубчика у семян характеризует хорошую пригодность сорта для использования на пищевые цели.

Сорт ВНИИОЗ 31 показывает высокую засухоустойчивость. На Еланском ГСУ обеспечил получение 1,4 т/га зерна, превзойдя стандарт на 0,14 т/га при НСР₀₅ – 0,1 т/га.

Выявлена высокая эффективность предпосевной обработки семян этого сорта регуляторами роста растений (водные растворы бишофита, никфана) в смеси с ризоторфином. Прибавка при урожае 4,08-4,39 т/га составила 0,84-1,15 т/га по сравнению с контролем без обработки семян (3,24 т/га). Защищён патентом РФ № 6209 от 24.11.2011.

В настоящее время актуальна селекция адаптированных к засухе сортов, способных при невысоком потреблении оросительной воды обеспечивать получение рентабельно высоких уровней урожайности. Наши исследования показали, что среди сортов меньшим потреблением оросительной воды – на 10-13 % характеризуются ранние сорта, чем более поздние. За счёт короткого периода «всходы – цветение» они успевают больше потребить влагу из почвы (10-12 %) до её значительного испарения, чем среднеспелые сорта (6-9 %), и поэтому представляют особую ценность для использования в орошаемом земледелии. Селекционное улучшение сортов, совмещающих ранние сроки созревания и высокий уровень зерновой продуктивности, – достаточно трудная задача, поскольку орошение способствует удлинению вегетационного периода сортов на 12-15 суток, по сравнению с возделыванием их без полива [7, 8]. Наши исследования показали, что подбор в скрещиваниях генотипов, различающихся контрастными сроками продолжительности вегетационного периода, приводит к выщеплению в потомстве 3-4 поколений отдельных скороспелых и одновременно продуктивных морфобиотипов. Тщательный выбор родительских форм ВНИИОЗ 31 и К-10001 (ВНИИОЗ 152) в гибридизацию с проведением многократного индивидуального отбора привел к выведению скороспелого и урожайного сорта сои Волгоградка 2.

Подвид маньчжурский по апробационным признакам относится к группе agr. Hibrida Enk. Сорт среднестебельный (0,7 м). Тип развития детерминантный. Окраска опушения главного стебля рыжевато-коричневая. Количество цветков в кисти среднее. Окраска венчика цветка фиолетовая. Боб со средней интенсивностью коричневой окраски. Семена крупные – 185 г/1000 зерен. Окраска кожуры семян жёлтая, рубчик одного цветка с семенем, глазок белый. Продолжительность вегетационного периода – 105 суток.

В конкурсном сортоиспытании периода 2019-2021 гг. сорт по урожайности – 3,51 т/га – превысил стандарт ВНИИОЗ 76 на 0,28 т/га (НСР₀₅ – 0,2 т/га) и созрел раньше его на 7 суток. Характеризуется более высоким прикреплением нижних бобов на растении (0,16 м), чем стандарт (0,14 м).

Засухоустойчив в неорошаемом земледелии. На Тамбовском Госсортоучастке в 2018 году дал 1,5 т/га за 100 дней вегетационного периода, превысив стандартный сорт Ланцентная на 0,2 т/га (НСР₀₅ – 0,18 т/га). Защищён патентом РФ № 11288 от 20.10.2020.

Дальнейшее улучшение селекции сои в условиях орошения на такие важные признаки, как скороспелость, высокая продуктивность и экономичность водопотребления привело к созданию ультрараннего сорта сои ВНИИОЗ 4 (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная агромелиоративная характеристика сортов сои ВНИИОЗ 4 и ВНИИОЗ 86 в условиях орошения (2020-2022 гг.)

Table 1 – Comparative agro-reclamation characteristics of soybean varieties VNIIOZ 4 and VNIIOZ 86 under irrigation conditions (2020-2022)

№ п/п	Показатель	Наименование сортов		Отклонение от стандарта, ±	
		ВНИИОЗ 4	ВНИИОЗ 86	Абсолютный показатель	%
1	Урожайность, т/га (НСР 0,18 т/га)	2,85	2,6	0,25	9,6
2	Линейный рост, м: растения до первого боба от поверхности почвы	0,67	0,9	-0,23	-25,6
		0,16	0,11	0,05	45,5
3	Период вегетации, сутки	91	100	-9	-9
4	Плотность продукционного стеблестоя, шт/м ²	46	36	10	27,8
5	Зерновая продуктивность растения, г	6,2	7,2	-1	-13,9
6	Масса 1000 зерен, г	189	150	39	26
7	Концентрация в зерне, % сухой массы: протеина	40,6	40,5	0,1	0,2
	жира	20	18,1	1,9	10,5
8	Валовый выход, т/га: протеина	1	0,91	0,09	9,9
	жира	0,49	0,40	0,09	22,5
	Протеин + жир	1,49	1,31	0,18	13,7

Перспективный сорт характеризуется более высоким, чем у стандарта, уровнем формируемой урожайности – прибавка 0,25 т/га – невысоким линейным ростом, повышенным прикреплением бобов на растении, очень ранними сроками формирования урожайности – на 9 суток короче показателя скороспелого стандарта, значительной плотностью растений перед уборкой – на 10 стеблей, оказавшую более существенное влияние на повышение урожайности, чем зерновая продуктивность, крупностью семян, концентрацией протеина и увеличенным содержанием жира в семенах – на 1,9 %, а также их сбором с 1 гектара – 1 т/га и 0,49 т/га.

Сорт удобен в семеноводческой работе. Имеет очень крупные и продолговатые семена, незначительно подвергается дроблению при комбайновой уборке. Обеспечивает повышенный выход кондиционных семян из общей зерновой массы – 75 % с энергией прорастания 78 % и лабораторной всхожести 90 %, чем стандарт (соответственно 68 %; 58 %; 81 %).

Выводы. В настоящее время рост ускорения селекции и размножения новых сортов считается главной задачей увеличения производства стратегической культуры сои, особенно в условиях орошения.

Для решения этой задачи в ФГБНУ ВНИИОЗ за 1983-2022 гг. выведены 6 сортов сои с различными сроками созревания (91-120 суток) и уровнем формируемой урожайности (2,21-3,51 т/га): Волгоградка 1 (в Госсортрестре по Нижневолжскому региону с 1991 года), ВНИИОЗ 86 (с 2002 года), ВНИИОЗ 76 (с 2003 года), ВНИИОЗ 31 (с 2011 года), Волгоградка 2 (с 2020 года), ВНИИОЗ 4 (перспективный для передачи в Госсорткомиссию). Совершенствование приёмов агротехники способствовало существенному росту урожайности. За счёт возделывания сортов в рядовом посеве (0,30 х 0,042 м) до 3,7 т/га (Волгоградка 1) повышена продуктивность по сравнению с широкорядным (0,70 х 0,024 м) агрофитоценозом. Комплексная обработка семян (бишофит + никфан) привела к увеличению урожайности до 4,39 т/га (ВНИИОЗ 31). Применение мульчирующей обработки почвы в посевах сорта ВНИИОЗ 76 с органоминеральным удобрением более способствовало повышению урожайности – до 3,4 т/га, чем с применением вспашки (2,99 т/га).

Сорта сои селекции ФГБНУ ВНИИОЗ выделяются высокими показателями характеристики высокопротеиновых генотипов 37-44 % с концентрацией жира в семенах до 17-20 % и пригодны для использования как на кормовые цели, так и для получения пищевой соевой основы.

Библиографический список

1. Вронская Л. В., Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С. Скороспелый, высокоурожайный сорт сои и особенности технологии его возделывания // *Орошаемое земледелие*. 2021. № 3. С. 31-34.
2. Государственный реестр селекционных достижений допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). М., 2020.
3. Зеленцов С. В. Соя главные составляющие большого урожая // *Эффективное растениеводство*. 2019. № 3. С. 25-29.
4. Зима Д. Е. Влияние элементов технологии возделывания сои на содержание белка в семенах и его взаимосвязь с урожайностью // *Масличные культуры*. 2021. Вып. 2 (186). С. 60-47.
5. Коллекция мировых генетических ресурсов зерновых бобовых культур: пополнение, сохранение и изучение: методические указания / М. А. Вишнякова [и др.]. Санкт-Петербург: Вир, 2018. С. 143.
6. Кружилин И. Н., Толоконников В. В., Вишнякова М. А. Соя. Исходный материал для селекции сои в богарных и орошаемых условиях Нижнего Поволжья // *Каталог мировой коллекции Вир*. Санкт-Петербург, 2000. Вып. 706. С. 58.
7. Реутин А. В., Картамышева Е. В., Лучкина Т. Н. Сорта сои донской селекции // *Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2018. Вып. № 4 (176). С. 27-30.
8. Селекционные и агротехнические факторы увеличения урожайности среднескороспелых сортов сои в условиях орошения / Т. С. Кошкарлова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // *Орошаемое земледелие*. 2019. № 3. С. 26-29.
9. Селекция сортов сои на скороспелость и высокий биологический потенциал продуктивности в условиях орошения / В. В. Толоконников, С. С. Мухаметханова, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2022. № 1 (65). С. 78-86.
10. Сортные особенности водопотребления сои / С. С. Мухаметханова, В. В. Толоконников, Г. П. Канцер, Н. М. Плющева // *Орошаемое земледелие*. 2021. № 3. С. 19-22.
11. Толоконников В. В., Кошкарлова Т. С., Вронская Л. В. Сравнительная экономическая эффективность использования сортов сои // *Орошаемое земледелие*. 2021. № 1. С. 21-24.
12. Торилов В. Е., Бельченко С. А. Соя северного экотипа в интенсивном земледелии: монография. Брянск: Брянский ГАУ, 2019. С. 284.
13. Фадеева М. Ф., Воробьёва Л. В., Матвеева О. Л. Нормы высева и способы посева раннего сорта сои северного экотипа «Памяти Фадеева» в условиях Чувашии // *Зерновые и зернобобовые культуры*. 2019. № 2 (30). С. 62-67.

14. Чамурлиев Г. О., Толоконников В. В., Чамурлиев О. Г. Соя при орошении в Нижнем Поволжье: монография. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2018. С. 156.
15. Genome – wide genetic diversity is maintained through decades of Soybean breeding in Canada. Theor Appl Genet. 2019. № 132 (11). P. 3089-3100.
16. Vital R.U. Ketric oxide increases the prysiologicae and biochemical stability of Soybean plants unde high temperature // Agronomy. 2019. V. 9. № 8. P. 412.

Информация об авторах:

Мухаметханова Сурия Сергеевна, магистр, младший научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), e-mail: muha2014damir@mail.ru; тел.: 89627606612

Толоконников Владимир Васильевич, ведущий научный сотрудник отдела интенсивных технологий возделывания сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им Тимирязева, 9), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: tolokonnikov@vniioz.ru; тел.: 89177238403

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-29

INITIAL MATERIAL FOR SELECTION OF TABLE WATERMELON WITH DIFFERENT PULSE COLORS

E. A. Varivoda¹, S. I. Voronov²

¹*Bykovskaya melon selection experimental station - branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Vegetable Growing"*

²*Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center "Nemchinovka", Moscow region*

Received 16.04.2023

Submitted 25.05.2023

Abstract

Relevance. Expanding the range of vegetable and melon products is an integral part of import substitution in the country. The creation of new varieties of table watermelon with different flesh colors is a very promising and relevant direction in breeding. **An object.** The objects of research were samples and hybrid combinations of table watermelon. **Materials and methods.** In their work, they used the methods of individual selection, hybridization, incubation. The assessment was carried out in rainfed conditions at the Bykovskaya melon breeding experimental station, located in the zone of the dry steppe Trans-Volga, in 2021-2022. Research was conducted in the collection and hybrid nurseries of the station. In the course of the work, all the necessary observations and records were carried out: phenological observations on the phases of growth and development of plants, field analyzes of fruits, accounting for yield. **Results and conclusions.** In the course of many years of work in the watermelon collection nursery, more than 50 samples with different flesh colors were studied: yellow, orange, salmon, white. For use in hybridization, 3 samples were selected that have the characteristics necessary to obtain a variety with the specified parameters: early and medium ripening, average fruit weight 5-7 kg, dry matter content of at least 10.0%, with white and yellow flesh, with high yield on the rainfed land. Crossing was carried out with a station breeding variety with a complex of economically useful traits and a pink color of the pulp. As a result of hybridization, five hybrid combinations of table watermelon were obtained. When studying the combinations obtained, an analysis was made of the inheritance of the color of the pulp in the first and second generations. The data of earlier studies on the dominance of white and yellow pulp in the fruits of table watermelon over pink were confirmed. Also, an assessment of new hybrid combinations was given for the duration of the growing season, the average weight of the fruit, the content of dry soluble substances, and yield. As a result of the work carried out, a new source material has been created that has useful economic indicators, as well as morphological features specified by the breeder. Inoculation was carried out to fix the given traits and speed up the breeding work. Based on the obtained source material, varieties of table watermelon with different flesh colors will be created. The inclusion of which in the State Register of the Russian Federation will allow producers to expand the range of commercial products of melon growing.

Key words: *table watermelon, quality, pulp color, generation, hybrid combination, dry matter, hybridization.*

Citation. Varivoda E. A., Voronov S. I. Source material for selection of table watermelon with different flesh colors. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 256-263 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-29.

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

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

УДК 631.527.5:635.615

ИСХОДНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ АРБУЗА СТОЛОВОГО С РАЗЛИЧНЫМИ ЦВЕТАМИ МЯКОТИ

Е. А. Варивода¹, старший научный сотрудник

С. И. Воронов², доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН

¹Быковская бахчевая селекционная опытная станция –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства»

²Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный исследовательский
центр «Немчиновка», Московская область

Дата поступления в редакцию 16.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. Расширение ассортимента овощной и бахчевой продукции является неотъемлемой частью импортозамещения в стране. Создание новых сортов арбуза столового с различным цветом мякоти – очень перспективное и актуальное направление в селекции. **Объект.** Объектами исследований были образцы и гибридные комбинации арбуза столового. **Материалы и методы.** В своей работе использовали методы индивидуального отбора, гибридизацию, инцухт. Оценку проводили в богарных условиях на Быковской бахчевой селекционной опытной станции в 2021-2022 годах. Исследования велись в коллекционном и гибридном питомниках станции. **Результаты и выводы.** В ходе многолетней работы в коллекционном питомнике арбуза было изучено более 50 образцов с различным цветом мякоти: желтая, оранжевая, лососевая, белая. Для использования в гибридизации отобрано 3 образца, обладающие признаками, необходимыми для получения сорта с заданными параметрами: раннего и среднего сроков созревания, средней массой плода 5-7 кг, содержанием сухого вещества не менее 10,0 %, с белой и желтой окраской мякоти, с высокой урожайностью на богаре. Скрещивание проводили с сортом селекции станции, обладающего комплексом хозяйственно-полезных признаков и розовым цветом мякоти. В результате гибридизации получено пять гибридных комбинаций арбуза столового. При изучении полученных комбинаций проведен анализ наследования цвета мякоти в первом и втором поколениях. Подтверждены данные ранее проведенных исследований о доминировании белой и желтой мякоти в плодах арбуза столового над розовой. Также была дана оценка новых гибридных комбинаций по продолжительности вегетационного периода, средней массе плода, содержанию сухих растворимых веществ, урожайности. В результате проведенной работы создан новый исходный материал, обладающий полезными хозяйственными показателями, а также заданными селекционером морфологическими признаками. Для закрепления заданных признаков и ускорения селекционной работы проведено инцухтирование. На основе полученного исходного материала будут созданы сорта арбуза столового с различным цветом мякоти, включение которых в Государственный реестр РФ позволит товаропроизводителям расширить сортимент товарной продукции бахчеводства.

Ключевые слова: *арбуз столовый, качество плодов арбуза, цвет мякоти арбуза, гибридные комбинации арбуза, сухое вещество, селекция арбуза.*

Цитирование. Варивода Е. А., Воронов С. И. Исходный материал для селекции арбуза столового с различными цветами мякоти. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 256-263. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-29.

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. Полноценность рациона питания и повышение уровня обеспечения населения овощной и бахчевой продукцией – первоочередная государственная задача, направленная на улучшение здоровья нации. Овощи являются основой диетического питания, источником биологически активных веществ и антиоксидантов, используются для создания продуктов функционального действия. На создание функциональных пищевых продуктов ориентировано такое актуальное направление селекции растений, как получение сортов с повышенным содержанием каротиноидов, флавоноидов и других биологически активных компонентов [7].

Арбуз в Российской Федерации является самой популярной культурой среди бахчевых культур. Посевные площади арбуза составляют 70-80 % от всех посевов бахчевых культур. В последние годы большой популярностью у потребителей стали пользоваться сорта арбуза с различным цветом мякоти. Цвет мякоти арбуза подразделяется на красный, канареечно-желтый, лососевый, оранжевый и белый [10]. В плодах арбуза содержатся различные каротиноиды, которые отвечают за различный цвет мякоти, как и в других фруктах и овощах. Каротиноиды являются основными функциональными компонентами и питательными микроэлементами арбуза. Арбузы с красной мякотью состоят в основном из ликопина и бета-каротина, причем ликопин является основным пигментом, а бета-каротин – второстепенным. Преобладающим каротиноидом в арбузе с желтой мякотью является неоксантин [5, 13]. У арбузов с белой мякотью обнаружены фитофлуен, β - и γ -каротин [12]. Зарубежными исследователями установлено, что сорта арбуза с желтой и белой мякотью не уступают по химическому составу, питательным качествам и содержанию сахара сортам арбуза с красной мякотью [11]. Использование в рационе питания арбуза с белой, желтой и оранжевой мякотью полезно людям с аллергическими реакциями, больным сахарным диабетом.

В нашей стране арбузы с различными цветами мякоти не получили широкого распространения из-за небольшого сортимента отечественных сортов и гибридов, адаптированных к условиям выращивания и стрессовым факторам среды. И если отечественные сорта с желтой окраской мякоти уже существуют, то сортов с белой окраской пока нет [6]. На Быковской опытной станции начата селекционная работа по созданию новых сортов арбуза с белой, желтой и оранжевой мякотью.

Целью данной работы является оценка исходного материала для получения новых сортов арбуза по основным хозяйственно-ценным признакам.

Материалы и методы. Исследования проводили в богарных условиях Быковского района Волгоградской области. Объектом исследований являлись образцы арбуза из коллекционного и гибридного питомников. Применялись следующие методы исследований: гибридизация и индивидуальный отбор. Агротехника на опыте общепринятая для выращивания бахчевых культур. Площадь питания одного растения – 4 м².

Погодные условия периода исследований складывались следующим образом.

2021 год. Количество осадков за вегетационный период 2021 года было больше среднемноголетних данных на 48,7 %. Однако распределение осадков по месяцам вегетационного периода было неравномерным. Основное количество осадков выпало в мае и составило 38,7 % от всех осадков, выпавших за вегетационный период. В 3,3 раза превысило среднемноголетние данные количество осадков в июне 2021 года. Самым

высоким количеством осадков характеризовались первая и третья декады мая, первая декада июня и третья декада сентября. Вегетационный период 2021 года характеризовался также высокими среднесуточными температурами воздуха. Самые высокие среднесуточные температуры воздуха отмечены в июле и августе $27,2^{\circ}\text{C}$, что на $1,6-2,2^{\circ}\text{C}$ выше средне многолетних данных. На $0,7^{\circ}\text{C}$ превышали средне многолетние данные среднесуточных температур воздуха в июне 2021 года.

2022 год. Количество осадков во время вегетационного периода 2022 года распределялось неравномерно. Основное количество осадков $133,6$ мм выпало на конец вегетации. Во время роста и развития растений осадков было меньше средне многолетних данных, что отрицательно сказалось на всходах и развитии растений бахчевых культур. Среднесуточная температура воздуха практически во весь вегетационный период была ниже средне многолетних данных на $5,3-0,9^{\circ}\text{C}$. Исключение составил август, где среднесуточная температура составила 27°C , что на $2,2^{\circ}\text{C}$ выше средне многолетних данных.

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент периода исследований, 2021-2022 гг.

Table 1 – Hydrothermal coefficient of the research period, 2021-2022

Месяц	Сумма активных температур, $^{\circ}\text{C}$		Сумма осадков, мм		ГТК (гидротермический коэффициент)	
	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год	2021 год	2022 год
Май	589,8	395,1	5,3	42,7	2,49	1,08
Июнь	703,4	654,8	147,0	50,5	1,3	0,77
Июль	843,5	744,4	92,6	33,1	0,2	0,44
Август	840,2	837,8	13,1	12,2	0,06	0,15
Сентябрь	451,5	490,5	8,8	133,6	2,49	2,72
За период вегетации	3428,4	3465,6	67,6	303,3	1,3	0,88
За период вегетации (средне многолетнее)	3625,5		299,6		0,83	

Результаты и обсуждение. На Быковской опытной станции более 90 лет ведется селекционная работа по созданию новых сортов и гибридов арбуза столового. За это время создан большой сортимент сортов арбуза с различными морфологическими признаками: светло-зеленая и темно-зеленая окраска плода с различными полосами, шаровидной, округлой, овальной, цилиндрической, эллипсоидальной формами и многие другие [3, 4]. Однако по окраске плода мякоти все сорта, созданные на станции, отличаются лишь оттенками красного (от бледно-розовой до ярко-красной). Сейчас одним из направлений селекционной работы с арбузом является создание сортов с желтой и белой мякотью плодов.

Для подбора исходных форм нами в коллекционных питомниках арбуза в предыдущие годы было исследовано более 50 образцов с различным цветом мякоти [1, 2]. По результатам проведенных исследований для дальнейшего использования в селекционном процессе отобрано 3 образца арбуза.

WSL. Вегетационный период 65 суток. Плоды шаровидной формы, массой от 2,5 до 6,0 кг. Поверхность плода зеленая с темно-зелеными полосами. Мякоть белая, освежающая на вкус (рисунок 1). Содержание сухих веществ – 11,0-12,0 %. Семена черные, мелкие. Урожайность – 25,0 т/га.



Рисунок 1 – Образец WSL / Figure 1 – WSL sample

Ww. Вегетационный период – 75 суток. Плоды шаровидной формы, массой от 2,5 до 4,0 кг. Поверхность плода зелёная с тёмно-зелёными узкими полосами. Мякоть белая, почти прозрачная. Содержание сухих веществ – 11,0-11,6 %. Семена чёрные, мелкие. Урожайность – 20,0 т/га.

EmB. Вегетационный период – 75-80 суток. Плоды округлой формы, массой от 5,0 до 7,0 кг. Поверхность плода зелёная с тёмно-зелёными узкими полосами. Мякоть жёлтая, нежная. Содержание сухих веществ – 10,4-12,0 %, хорошие вкусовые качества. Семена тёмно-коричневые мелкие. Урожайность – 18,5 т/га.



Рисунок 2 – Образец EmB / Figure 2 – Sample EmB

Отобранные образцы использовали в гибридизации для получения новых сортов арбуза со следующими заданными параметрами:

- ранний и средний срок созревания, белая плотная мякоть с содержанием сухого вещества не менее 10,0 %, средняя масса плода не менее 5,0 кг, высокая потенциальная урожайность;

- ранний и средний срок созревания, желтая плотная мякоть с содержанием сухого вещества не менее 10,0 %, средняя масса плода не менее 5,0 кг, высокая потенциальная урожайность.

В 2020 году проведена гибридизация отобранных образцов с сортами селекции Быковской опытной станции. Получено 5 гибридных комбинаций, испытание которых провели в 2021 году. Краткая характеристика полученных комбинаций по морфологическим признакам приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Биометрическое описание плодов гибридных комбинаций и родительских форм арбуза столового, 2021 год

Table 2 – Biometric description of fruits of hybrid combinations and parent forms of table watermelon, 2021

Наименование образца	Плод (среднее)			Окрас- ка мя- коти	Окраска плода	Рисунок
	высота (h)	диаметр (d)	индекс (h/d)			
Гибридные комбинации						
M × WSL	25,0	23,0	1,09	белая	зеленая	темно-зеленые узкие полосы
WSL × M	27,0	24,0	1,13	белая	зеленая	темно-зеленые узкие полосы
M × Ww	26,0	24,5	1,06	белая	темно- зеленая	черно-зеленые полосы
Ww × M	26,5	25,0	1,06	белая	зеленая	темно-зеленые узкие полосы
EmB × M	23,5	21,5	1,09	желтая	зеленая	темно-зеленые узкие полосы
Родительские формы						
M	25,0	23,5	1,06	розовая	темно- зеленая	едва заметные черные узкие полосы
WSL	26,5	22,5	1,17	белая	зеленая	тёмно-зелёные полосы
Ww	23,0	22,0	1,04	белая	зеленая	темно-зеленые узкие полосы
EmB	26,0	24,0	1,08	желтая	зеленая	темно-зеленые узкие полосы

Как видно из таблицы 2, все родительские формы имели шаровидную или округлую форму плода (индекс от 1,04 до 1,17). Полученные гибридные комбинации в основном округлой формы (индекс ≥ 1). Из ранее проведенных исследований [12, 13] мы знаем, что белая окраска мякоти плодов арбуза, как и желтая, являются доминантной по отношению к розовой. Это подтверждают и наши исследования: при скрещивании образцов с белой и желтой мякотью с образцами с розовой мякотью гибриды в первом поколении обладают белой и желтой окраской мякоти.

При дальнейшем испытании выявлено, что во втором поколении происходит расщепление по окраске мякоти на белую, желтую и красную (в соответствии с комбинацией) (таблица 3). Соотношение плодов с белой и желтой мякотью к красной составляло примерно 3 : 1, что также подтверждают ранее проведенные исследования зарубежных ученых [8].

Для определения качественной характеристики полученных образцов нами была проведена оценка по основным хозяйственным признакам: продолжительность вегетационного периода, средняя масса плода, содержание сухих растворимых веществ, продуктивность (таблица 4).

Таблица 3 – Соотношение по окраске мякоти в плодах арбуза в F₁ и в F₂

Table 3 – Ratio of pulp color in watermelon fruits in F₁ and in F₂

Наименование образца	Поколение	Количество плодов, шт			Соотношение		
		белая	желтая	красная	белая	желтая	красная
M × WSL	F ₁	18	-	0	100	-	0
	F ₂	38	-	12	68,4		31,6
WSL × M	F ₁	24	-	0	100	-	0
	F ₂	43	-	15	65,1	-	34,8
M × Ww	F ₁	22	-	0	100	-	0
	F ₂	39	-	15	61,5	-	38,5
Ww × M	F ₁	18	-	0	100	-	0
	F ₂	32	-	11	65,6	-	34,4
EmB × M	F ₁	-	23	0	-	100	0
	F ₂	-	42	14	-	66,7	33,3

Таблица 4 – Характеристика гибридных комбинаций арбуза по хозяйственным признакам, 2021-2022 гг.

Table 4 – Characteristics of hybrid combinations of watermelon by economic characteristics, 2021-2022

Наименование образца	Длина вегетационного периода, сут.	Средняя масса плода, кг	Содержание сухого вещества, %	Урожайность, т/га
M × WSL	72	5,5	11,8	13,1
WSL × M	72	5,5	10,1	10,8
M × Ww	78	6,0	12,4	15,2
Ww × M	70	6,5	10,9	12,4
EmB × M	76	6,2	11,2	11,6
HCP ₀₅				1,1

По продолжительности вегетационного периода изученные образцы относятся к ранней (до 75 суток) и средней группам спелости. Все образцы обладают относительно невысокой средней массой плода от 5,5 до 6,5 кг, что в настоящее время является востребованным у потребителя. Содержание сухих веществ в соке плода также находится на достаточно высоком уровне, более 10,0 %. Самая низкая продуктивность была отмечена у образца WSL × M и составляла 10,8 т/га. По урожайности и содержанию сухого вещества выделился образец M × Ww (таблица 4).

Для получения более выровненных плодов по цвету мякоти во втором поколении нами было проведено инцухтирование внутри каждого растения. Для дальнейшей работы отобраны образцы с белой и желтой мякотью. Работа по созданию сортов арбуза будет продолжена.

Выводы. В результате проведенной работы был выявлен исходный материал для использования в создании сортов арбуза с различным цветом мякоти. При использовании выделенного исходного материала в гибридизации получены новые гибридные комбинации арбуза с белой и желтой окраской мякоти. Проведен анализ наследования цвета мякоти в первом и втором поколении. Дана оценка новых комбинаций арбуза по хозяйственным признакам и выявлены лучшие комбинации.

Библиографический список

1. Байбакова Н. Г., Варивода Г. В. Изучение коллекционных образцов арбуза столового с нетрадиционной окраской мякоти // Овощи России. 2021. № (2). С. 11-15.
2. Бочерова И. Н., Малыева С. В., Вербитская О. Г. Симфония вкуса и цвета. Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования. М., 2018. С. 352-356.

3. Бочерова И. Н., Рябчикова Н. Б. Результаты испытания новых сортов и перспективных селекционных образцов арбуза столового в условиях Волгоградского Заволжья // Овощи России. 2022. № 5. С. 50-53.
4. Бочерова И. Н., Суслова В. А., Курунина Д. П. Сравнительная оценка новых сортов бахчевых культур в Волгоградской области // Картофель и овощи. 2022. № 3. С. 32-37.
5. Буржинская Т. Г., Дейнека В. И. Определение каротиноидов мякоти арбузов различной окраски. Инновации в науках о жизни. Белгород, 2021. С. 190-192.
6. Теханович Г. А., Елацкова А. Г. Коллекция бахчевых культур: выявление гомологических рядов наследственной изменчивости // Vavilovia. 2022. Т. 5. № 2. С. 30-44.
7. Федеральный научный центр овощеводства: Вековая история как фундамент развития / В. Ф. Пивоваров, А. В. Солдатенко, О. Н. Пышная, Л. К. Гуркина // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 5. С. 861-875.
8. Flesh Color Inheritance and Gene Interactions among Canary Yellow, Pale Yellow, and Red Watermelon / H. Bang, Angela R. Davis, Sunggil Kim, Daniel I. Leskovar, Stephen R. King // Journal of the American Society for Horticultural Science. 2010. V. 135. Issue 4.
9. Gusmini G., Wehner T. C. Qualitative Inheritance of Rind Pattern and Flesh Color in Watermelon // Journal of Heredity. 2006. V. 97. Iss. 2. P. 177-185.
10. King S. R., Davis A. R., Bang H. New flesh colors in watermelon // HortSci. 2009. V. 44. P. 576.
11. Menon Soumya V., Rao T. V. Ramana Metabolic behavior and quality changes of yellow-fleshed watermelon at different stages of ripening // International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM). 2020. V. 2. Iss. 4. P. 125-135.
12. Zhao W. E., Kang B. S., Hu G. Q. Advances in research on carotenoids in watermelon flesh // J. Fruit Sci. 2008. V. 25 (6). P. 908-915.
13. Zhao W., Lv P., Gu H. Studies on carotenoids in watermelon flesh // Agricultural Sciences. Chengdu: SCIRP. 2013. V. 4. P. 13-20.

Информация об авторах

Варивода Елена Александровна, старший научный сотрудник отдела селекции Быковской БСОС – филиала ФГБНУ ФНЦО (404067 Волгоградская обл., Быковский р-он, п. Зеленый, ул. Солнечная 19), тел. 8-937-707-01-66, e-mail: elena-varivoda@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

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-30

INFLUENCE OF CLIMATIC CONDITIONS OF THE ASTRAKHAN REGION ON THE DURATION OF INTERPHASE PERIODS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING OATS

N. A. Naumova

Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Chernoyarsky district, village of Saline Zaymishche

Received 28.02.2023

Submitted 25.05.2023

The research was carried out within the framework of the research work of the PAFSC RAS, on the topic: No. 1021043000735-8-4.1.6 "To create, on the basis of mobilization and comprehensive study of genetic resources of agricultural crops, hybrids and varieties of domestic breeding with high productivity and adaptive capabilities to the arid conditions of the Northern Caspian Sea"

Summary

The article presents the results of studying the introduced varieties of spring oats of the VIR collections and determines the relationship of their yield with the interphase periods of growth and development of this crop in the arid climate of the Astrakhan region.

Abstract

Introduction. Scientific research was carried out on the territory of the Caspian Agricultural Research Center of the Astrakhan region. The climatic conditions of this zone are arid, which means that there is an increasing need to study and isolate plant varieties with a wide range of reactions to changing conditions that can realize their potential [4]. **Materials and methods of research.** Field experience was laid in the fields of the FSBI "PAFNTS RAS", in rain conditions. The predecessor is an early steam. The experience was based on the methodology of B. A. Dospekhov, the selection work in the experiment was carried out according to the "Methodological guidelines for the study and preservation of the world collection of barley and oats" [1, 5]. **Results and conclusions.** According to the correlation analysis, the influence of the duration of interphase periods on the growth, development and formation of grain productivity of spring oats was revealed. It was determined that the ability of the studied cultivars to form a consistently high yield falls on the period of "sprouting - earing", which, in the meteorological conditions of the studied years, is a consequence of their reaction to an increase in temperature and lack of moisture during this period, thereby presenting resistance to adverse factors of the arid climate of the Astrakhan region. Of the studied varieties of spring oats, the most productive (for 3 years of study) were recognized: UFRGS -18, S.I.3300, Bai Yan 2, Urs guara, Athlete, Troika, UFRGS-0680, Assol, Landing, Zhytomyr, Yakov, Steepler.

Key words: spring oats, climate, interphase period, yield, Astrakhan region, Bogara.

Citation. Naumova N. A. Influence of climatic conditions of the Astrakhan region on the duration of interphase periods of growth and development of spring oats *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 263-271 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-30.

Author's contribution. The author of this study was directly involved in the planning, execution and analysis of this study.

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

УДК 633.13:551.582

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ МЕЖФАЗНЫХ ПЕРИОДОВ РОСТА И РАЗВИТИЯ ЯРОВОГО ОВСА

Н. А. Наумова

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»,
Астраханская область, Россия

Дата поступления в редакцию 28.02.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Исследования проведены в рамках выполнения научно-исследовательской работы ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», по теме: №1021043000735-8-4.1.6 «Создать, на основе мобилизации и комплексного изучения генетических ресурсов сельскохозяйственных культур, гибриды и сорта отечественной селекции с высокой продуктивностью и адаптационными возможностями к аридным условиям Северного Прикаспия»

Актуальность. Научные исследования проводились на территории Прикаспийского аграрного научного центра Астраханской области. Климатические условия данной зоны являются засушливыми, а значит, возрастает необходимость в изучении и выделении сортов растений с широким диапазоном реакций на изменяющиеся условия, способные реализовать свой потенциал [4]. **Материалы и методы.** Полевой опыт закладывался на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в богарных условиях. Предшественник – ранний пар. Опыт закладывался по методике Б. А. Доспехова, селекционная работа в опыте проводилась согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» [1, 5]. **Результаты и выводы.** По данным корреляционного анализа выявили влияние продолжительности межфазных периодов на рост, развитие и формирование зерновой продуктивности ярового овса. Определили, что способность изучаемых сортов образцов формировать стабильно высокий урожай приходится на период «всходы – колошение», что в метеорологических условиях исследуемых лет является следствием их реакции на повышение температуры и недостаток влаги в этот период, тем самым представляя устойчивость к неблагоприятным

ятным факторам засушливого климата Астраханской области. Из изучаемых сортообразцов ярового овса наиболее урожайными (за 3 года изучения) были признаны: UFRGS - 18, С.І.3300, Bai Yan 2, Urs guara, Атлет, Тройка, UFRGS-0680, Ассоль, Десант, Житомирский, Яков, Стиплер.

Ключевые слова: яровой овес, климатические условия возделывания овса, урожайность ярового овса, Астраханская область, богара.

Цитирование. Наумова Н. А. Влияние климатических условий Астраханской области на продолжительность межфазных периодов роста и развития ярового овса. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 263-271. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-30.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. За последнее столетие климатические условия на земном шаре подвержены возрастающему действию антропогенного фактора, под действием которого истончается озоновый слой, повышается температура и меняется климат планеты. Всё чаще повторяются засухи, которые охватывают все большие регионы нашей страны.

Это говорит о том, что перед селекционерами стоит задача искусственного отбора сортов, устойчивых к различным типам засухи и в различные этапы онтогенеза растений, а также выведения и внедрения в производство высокоурожайных скороспелых сортов сельскохозяйственных культур [5]. Южные регионы нашей страны имеют период достаточный для выращивания сортов с продолжительным вегетационным периодом, но во второй половине периода вегетации в этих регионах часты засухи и среднеспелые сорта, попадая под них, резко снижают свою урожайность [4]. Скороспелые же сорта к этому времени успевают полностью сформировать урожай и уходят от засухи. Поэтому актуальным является повышение устойчивости производства зерна яровых зерновых культур и стабилизация его качества в засушливых условиях Астраханской области, а именно изучение и выделение сортов растений с широким спектром реакций на изменяющиеся условия, которые могут реализовать свой потенциал [11].

Нами была изучена способность различных сортообразцов ярового овса формировать в засушливых условиях Астраханской области стабильные урожаи зерна, и выявлены из них наиболее перспективные.

Овес занимает пятое место в производстве зерна и находится в топе таких культур, как пшеница, рис, кукуруза и ячмень. Благодаря химическому составу овёс представляет собой незаменимый концентрированный корм, особенно для молодняка. На корм также используются солома и мякина. Кроме того, ценным кормом является и зеленая масса овса как в чистом виде, так и в смеси с другими культурами. Продукты, изготавливаемые из овса (геркулес, толокно, галеты, кофе), имеют большое значение в диетическом и детском питании [8].

Значимость ярового овса велика, однако в последние годы посевы данной культуры сократились, причем сокращение посевных площадей происходит повсеместно.

Цель исследований – изучение интродуцированных сортообразцов ярового овса в условиях богарного земледелия Астраханской области и выделение наиболее перспективных по комплексу хозяйственно ценных признаков.

Материалы и методы. Полевой опыт закладывался в богарных условиях на полях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» по методике Б.А. Доспехова, селекционная работа в опыте проводилась согласно «Методическим указаниям по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса» [1, 7]. Предшественник – ранний пар. Объектами исследования являлись 24 сортообразца ярового овса из коллекции Вир.

Схема закладки полевого опыта. Каждую весну в первой декаде апреля закладывался коллекционный питомник яровых зерновых культур. Повторность опыта однократная.

Учетная площадь делянки каждого сортообразца – 1 м², разделительные полосы между делянками – 0,3 м. Общая площадь коллекционного питомника составила 26 м². Предшественником являлся ранний пар. Предпосевная агротехника – типичная для данной зоны исследований. Все сортообразцы изучались на естественном фоне без внесения удобрений и без защиты посевов от болезней и вредителей.

Стандартом служил районированный в Нижнем Поволжье сорт Конкур.

Результаты и обсуждение. Метеорологические условия весенне-летнего периода 2020 года значительно отразились на межфазном периоде «посев – всходы». Связано это было с полным отсутствием осадков в этот период и сильными ветрами (март 7-16 м/сек, апрель 11-21 м/сек). Июльская засуха (1,2 мм осадков) особенно тяжело отразилась на росте и развитии ярового овса. При сумме активных температур 769,9 °С и испаряемости 216,6 мм – формирование метелки и налив зерна были неполноценными. Относительная влажность воздуха в июне в среднем составила 37 %, к концу месяца опустилась до 7 %. ГТК-0,4 характеризуется как сухой.

Таблица 1 – Метеорологические условия вегетационного периода ярового овса, 2020-2022 гг.

Table 1 – Meteorological conditions of the growing season of spring oats, 2020-2022

Показатель / Indicator	Годы проведения исследований / Years of research			В среднем за период/ On average for the period
	2020	2021	2022	
Среднесуточная температура воздуха, °С /Average daily air temperature, °C	16,8	22,2	18,9	19,3
Сумма атмосферных осадков, мм /The amount of precipitation, mm	52,2	105,2	86,6	244,4
Относительная влажность воздуха, % /Relative humidity, %	50	56	51	52
Сумма активных температур воздуха >10°С /Sum of active air temperatures >10°С	1408	1600	1824	4832
Скорость ветра, м/сек/ Wind speed, m/sec	16/19	14/19	13/15	14/18
ГТК/ GTK	0,4	0,6	0,5	0,5

В 2021 году метеорологические условия способствовали активному росту и развитию ярового овса. Обусловлено это было тем, что в период кущения и его интенсивного роста при довольно высоком температурном режиме выпало достаточное (случается раз в четыре года) количество осадков. Средняя температура воздуха в апреле, мае и июне превышала среднееголетние показатели на 2,8 °С, 3,0 °С и 3,2 °С, а максимальная достигала – 25,7 °С, 35,3 °С и 40,5 °С, соответственно. В апреле выпало 42,9 мм, что выше многолетнего показателя в 2,4 раза, за май, июнь количество осадков превысило среднееголетние 5,3 мм, составив 62,3 мм [5]. Относительная влажность воздуха в этот период также была выше многолетних значений, поднимаясь в отдельные дни до 95 %. ГТК-0,6, что характеризует этот период как умеренно сухой (таблица 2).

За весенне-летний период вегетации ярового овса в 2022 году при среднесуточной температуре воздуха 17,3 °С выпало 73,7 мм осадков. Испаряемость за апрель, май, июнь составила 348,2 мм (+59,2 мм к среднееголетнему показателю), количество дней с относительной влажностью воздуха ниже 30 % выросло до 56 дней. ГТК составил 0,5, что характеризует этот период как умеренно сухой (таблица 2).

Вегетационный период роста и развития яровых зерновых культур. Начало вегетации растений ярового овса в опыте отмечали с момента появления первых всходов. Период «посев – всходы» в 2020 году составил 14-20 дней, в 2021 году – 7-10 дней, в 2022 году – 7-12 дней.

Период «всходы – колошение» в 2020 году был непродолжительным и составил 39-46 дней, период «колошение – созревание» практически у всех образцов составил 65-80 дней [8]. Продолжительный вегетационный период был у некоторых образцов овса (он составил 80 дней): UFRGS-21, 1610, Тройка. Раннеспелыми (65 дней) были образцы ярового овса – UFRGS-14, Конкур-стандарт, UFRGS-15, UFRGS-11, UFRGS-18, Rouse 244.

Таблица 2 – Элементы продуктивности сортообразцов ярового овса, в среднем за 2020-2022 гг.

Table 2 – Elements of productivity of spring oat varieties, on average for 2020-2022

№ п/п	Название/ Title	Высота, см/ Height, cm	Количество про- дуктивных стеб- лей, шт./м ² / Number of productive stems, pcs./m ²	Метелка/ Broom			Масса 1000 зерен, г/ Weight of 1000 grains, g	Урожайность т/га/ Yield t/ha
				длина, см/ length, cm	кол-во зерен, шт./ number of grains, pcs.	масса зерна, г/ grain weight, g		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Конкур – St / Show Jumping – St	65	133	14	30	0,90	30,00	1,20
2	UFRGS-9	61	90	17	37	1,55	41,89	1,38
3	UFRGS-11	73	174	16	23	0,79	34,35	1,36
4	UFRGS-15	67	163	13	30	1,00	33,33	1,63
5	UFRGS-14	58	87	10	35	1,60	45,71	1,39
6	UFRGS-18	56	138	12	55	1,70	30,91	2,34
7	UFRGS-19	59	151	13	23	0,54	23,48	0,81
8	UFRGS-21	75	73	12	46	1,11	24,13	0,81
9	Rouse 244	82	180	18	30	0,95	31,67	0,71
10	1610	77	134	15	27	0,60	22,22	0,80
11	4288	84	160	24	20	0,70	35,00	1,11
12	Missoure 04102	79	93	21	37	1,00	27,03	0,93
13	UFRGS-0680	54	162	17	33	1,50	45,45	1,67
14	Ассоль/ Assol	68	178	13	26	0,75	28,85	1,34
15	Десант/ Landing	63	150	11	33	1,14	34,55	1,72
16	Тройка/ Troika	54	185	12	23	1,10	47,83	1,86
17	Житомирский/ Zhytomyr	68	157	13	30	0,96	32,00	1,52
18	Яков/ Yakov	67	68	17	64	2,12	33,12	1,44
19	C.I.3300	68	101	17	37	1,60	43,24	1,61
20	Стиплер/Steepler	75	61	21	56	2,60	46,43	1,59
21	Атлет/ Athlete	75	157	15	30	1,30	43,33	2,04
22	UFRGS-1	48	176	12	26	1,10	38,46	1,76
23	Bai Yan 2	48	176	11	20	0,45	21,00	1,84
24	Urs guara	53	141	20	42	1,60	38,10	2,25

В 2021 году период «всходы – колошение» проходил при относительно теплой и влажной погоде и составил в среднем по образцам 45-49 дней. Продолжительность вегетационного периода этого года в среднем по образцам составила 67-82 дня. Продолжительный вегетационный период был у некоторых образцов овса (он составил 82 дня): Ассоль, Тройка. Раннеспелыми (75 дня) были образцы ярового овса – UFRGS-14, Конкур-стандарт, UFRGS-15, UFRGS -9, 4288, Missoure 04102.

В 2022 году период «всходы – колошение» в среднем по образцам составил 59-64 дня. Продолжительность вегетационного периода ярового овса в среднем по образцам составила 87-105 дней. Самый продолжительный вегетационный период отмечен у образцов овса (105 дней): UFRGS-19, Rousse 244, UFRGS-21, 1610. Раннеспелыми (95 дней) были образцы ярового овса: UFRGS-0680, Конкур-стандарт, С.1.3300, Житомирский, UFRGS-1, Яков, Десант, Стиплер, Urs guara, Атлет.

Анализ структуры урожая. По структурным показателям урожая можно сделать вывод как о конкретном образце, так и о всей выборке в целом. Итак, основываясь на данных основных элементов продуктивности главной метелки ярового овса, можем судить об особенностях ростовых и формообразующих процессов в течение онтогенеза [9, 13]. В нашем опыте оценке элементов структуры подвергался каждый образец, подлежащий уборке. Однако из 24 изучаемых образцов только 17 показали полноценное развитие во все годы исследований и стабильно формировали урожайность, превышающую стандартный сорт Конкур [7].

Наиболее урожайными (за 3 года изучения) среди образцов ярового овса признаны: UFRGS-18 (Бразилия) – 2,34т/га, Urs guara (Бразилия) – 2,25 т/га, Атлет (Екатеринбургская обл.) – 2,04т/га, Тройка (Ульяновская область) – 1,86 т/га. Сорт Конкур (стандарт) показал урожайность 1,20 т/га. Урожайность остальных образцов варьировала от 0,71 т/га (Rousse 244 (Болгария)) до 1,11 т/га (4288 (Турция)) (таблица 2).

Продолжительность межфазных периодов роста и развития ярового овса. В соответствии с отобранными образцами ярового овса, представленными выше, был проведен анализ корреляционных взаимодействий, определяющих признаки. Как числовые значения признаков, так и корреляции обусловлены особенностями климатических условий, в которых проводятся эксперименты, а также особенностями селекционного материала, анализом почвы и другими факторами. Для оценки согласованности определенных признаков в изменяющихся условиях окружающей среды рассчитывается сопряженность одних и тех же показателей в разные годы [10].

Таблица 3 - Корреляционный анализ сортообразцов ярового овса по продолжительности межфазных периодов, 2020 год

Table 3 - Correlation analysis of spring oat varieties by duration of interphase periods, 2020

	«Посев- всходы»/"Sowing -sprouting"	«Всходы- колоше- ние»/"Sprouti ng-earing"	«Колошение- созревание»/ "Earing- ripening"	Вегетацион- ный период / Vegetation period	Урожай- ность, т/га/ Yield, t/ha
Посев – всходы/ Sowing – sprouting	1				
Всходы – колошение/ Sprouting – earing	-0,13917	1			
Колошение – созрева- ние/ Earing – ripening	-0,57366	0,275398	1		
Вегетационный период / Vegetation period	-0,21765	0,480404	0,181037	1	
Урожайность, т/га/ Yield, t/ha	0,559750	0,32741	0,47533	0,586741	1

В 2020 году корреляционный анализ по определению зависимости урожайности от продолжительности межфазных периодов роста и развития ярового овса показал связи с фенологическими фазами «посев – всходы» ($r=0,55$) и «вегетационный период» ($r=0,58$) (таблица 3).

Таблица 4 – Корреляционный анализ сортообразцов ярового ячменя по продолжительности межфазных периодов, 2021 г.

Table 4 – Correlation analysis of spring barley varieties by the duration of interphase periods, 2021

	Посев – всходы / Sowing – sprouting	Всходы – колошение / Sproutig – earing	Колошение – созревание / Earing-ripening	Вегетационный период / Vegetatin period	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
«Посев-всходы» / "Sowing-sprouting"	1				
«Всходы-колошение» / "Sprouting-earing"	-0,99107	1			
«Колошение-созревание» / "Earing-ripening"	-0,11098	0,245391	1		
Вегетационный период / Vegetation period	-0,12415	0,660404	0,681037	1	
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	0,19565	0,68741	0,397533	0,486741	1

В 2021 году данный анализ имел связь показателя урожайности с продолжительностью межфазного периода роста и развития ярового овса «всходы – колошение» ($r=0,68$). Это говорит о том, что благоприятные условия прохождения данной фазы способствовали своевременному развитию растения, формированию метелки и наливу зерна (таблица 4).

Таблица 5 – Корреляционный анализ сортообразцов ярового овса по продолжительности межфазных периодов, 2022 г.

Table 5 – Correlation analysis of spring oat varieties by duration of interphase periods, 2022

	Посев – всходы / Sowing – sprouting	Всходы – колошение / Sprouting-earing	Колошение – созревание / Earing – ripening	Вегетационный период / Vegetation period	Урожайность, т/га / Yield, t/ha
«Посев-всходы» / "Sowing-sprouting"	1				
«Всходы-колошение» / "Sprouting-earing"	-0,99107	1			
«Колошение-созревание» / "Earing-ripening"	-0,03098	0,245391	1		
Вегетационный период / Vegetation period	0,11415	0,660413	0,721037	1	
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	0,27565	0,577411	0,607512	0,448741	1

Корреляционный анализ по определению зависимости урожайности от продолжительности межфазных периодов роста и развития ярового овса в 2022 году показал связь с фенологическими фазами «всходы – колошение» ($r=0,57$) и «колошение – созревание» ($r=0,60$) (таблица 5).

Выводы. В среднем за вегетационный период ярового овса в 2020-2022 гг. гидро-термический коэффициент составил 0,5, что, согласно классификации Селянинова, позволяет отнести рассматриваемый период к засушливому. Вегетационный период ярового овса в среднем по годам составил 65-105 дней. Раннеспелыми были образцы: UFRGS-0680, Конкур-стандарт, Житомирский, UFRGS-1, Яков, Десант, Стиплер, Urs guara.

Урожайность сортообразцов данной культуры варьировала от 0,71 т/га – Rousse 244 до 1,11 т/га – 4288. Самые высокие показатели получены у образцов Атлет (2,04 т/га), Urs guara (2,25 т/га), UFRGS-18 (2,34 т/га).

По данным корреляционного анализа выявили взаимосвязь урожайности и фазы онтогенеза ярового овса «всходы – колошение», что, согласно метеорологическим данным исследуемых лет, является следствием реакции на повышение температуры и недостатка влаги в этот период, тем самым представляя устойчивость к данным неблагоприятным факторам засушливого климата Астраханской области.

Библиографический список

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Книга по требованию, 2012. 352 с.
2. ИONOBA E. B., ГАЗЕ В. Л., НЕКРАСОВ Е. И. Перспективы использования адаптивного районирования и адаптивной селекции сельскохозяйственных культур (обзор) // Зерновое хозяйство России. 2013. № 3 (27). С. 19-21.
3. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области / Д. В. Пушкарев, А. С. Чурсин, О. Г. Кузьмин [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (31). С. 26-35.
4. Левкина К. В., Кудина К. А., Аршинова А. Е. Отбор адаптированных сортов яровой мягкой и твердой пшеницы для светло-каштановых почв Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 78-86
5. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. СПб.: ВИР, 2012. 14 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1 Общая часть.- М.: Колос, 2019.- 329 с.
7. Наумова Н. А. Влияние микробиологических препаратов на продуктивность ярового ячменя в условиях севера Астраханской области // Известия нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 2 (66). С. 161-168.
8. Наумова Н. А. Семенная продуктивность коллекционных образцов ярового овса в аридных условиях Астраханской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 68-72.
9. Наумова Н. А. Сравнительная оценка устойчивости интродуцированных сортообразцов ярового овса к засушливому климату Астраханской области // Аграрный научный журнал «Агрономия, ветеринария и зоотехния, агроинженерия». 2022. № 9. С. 47-51.
10. Письменная Е. В., Азарова М. Ю. Оценка состояния посевов озимой пшеницы в осенний период в засушливой зоне Ставропольского края // Агропромышленные технологии Центральной России. 2019. № 1 (1). С. 43-53.
11. Черенкова Е. А., Золотокрылин А. Н. О сравнимости некоторых количественных показателей засухи // Фундаментальная и прикладная климатология. 2016. Т. 2. С. 79-94.
12. Povilaitis V. Relationship between Spring Barley productivity and Growing management in Lithuania's Lowland // Acta Agriculture scandinavica. Section b Soil and Plant Science. 2018. No 1 (68). Pp. 86-95.
13. The Metabolomic Approach to the Comparative Analysis of Wild and Cultivated Species of Oats (*Avena L.*) / I. G. Loskutov, T. V. Shelenga, A. V. Konarev, A. L. Shavarda, E. V. Blinova, N. I. Dzubenko // Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2017. Vol. 7. № 5. P. 501–508.

Информация об авторах

Наумова Нина Алексеевна, научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), эл. почта- Naumovana84@mail.ru, тел.8927-073-51-75. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3755-9241>

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-31

THE INFLUENCE OF STATE PROTECTIVE FOREST BELTS ON SEASONAL DYNAMICS OF ARABLE LAND PRODUCTIVITY

A.A. Vypritsky, Sh. Matveev

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

Received 10.04.2023

Submitted 25.05.2023

The work was carried out within the framework of the State Task of the Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences state registration No. 122020100406-6 "Theoretical foundations and mathematical and cartographic models of the functioning of agroforestry systems in protecting soils from deflation".

Abstract

Introduction. State protective forest belts play an important environmental role. The field protection functions they perform are associated with the protection of soils from deflation and water erosion, which reduces the loss of the fertile layer and ensures an increase in the productivity of agricultural land. Most of the forest plantations of the State protective forest belts have reached a high age, at which there is a decrease in their safety, as well as the effectiveness of their influence on the fertility of adjacent lands. In this regard, determining the degree of influence of state protective forest belts, taking into account such characteristics, on the seasonal dynamics of arable land productivity is an urgent task. **Object.** The object of the study was agricultural land adjacent to the State protective forest belts. To determine the zone of influence, arable land plots were selected, located in the same soil-climatic, geomorphological conditions, protected from the negative influence of atmospheric phenomena only by the backstage of the State protective forest belts with the same safety. **Materials and methods.** To carry out the research, we used data from remote sensing of the Earth of the second processing level after radiometric calibration and correction of atmospheric distortions from the Sentinel-2 A-B satellite. Mapping of the contours of the design area of the sections of the State protective forest belts, the boundaries of the studied areas of the fields were carried out using the QGIS 3.28 geographic information system. Geomorphological analysis of the territory is carried out to clarify the conditions for the functioning of the system of State protective forest belts - field. For the geomorphological analysis of agricultural land, data from the digital terrain model SRTM 1 were used. With the help of the vegetation index NDVI, an assessment was made of the safety of the backstage of the State protective forest belts. To assess the spatial impact of the State protective forest belts on the productivity of agricultural land, the study area of the ball is divided into cells with a grid step of 10 meters. A buffer zone was determined and a statistical analysis was made of the effective impact of the State protective forest belts on the productivity of agricultural crops, taking into account the geomorphological characteristics of the territory. **Results and conclusions.** As a result of studies of changes in the indicators of NDVI values of vegetative vegetation in the fields adjacent to the State protective forest belts, the values of the seasonal dynamics of the vegetation index in each studied field were established as the distance from the plantation increased. Based on the results of the regression analysis, mathematical functions were identified and the coefficients of approximation of the regression equation were determined, which make it possible to model changes in the indicators of NDVI values. The width of the depression zones for each test plot, where the negative impact of the State protective forest belts is observed, has been established. The average values of the vegetation index in test plots No. 1, No. 2, No. 3 are 0.456, 0.425, 0.527, respectively. The obtained coefficients of determination of the relation

of the model to the average values of seasonal dynamics, depending on the distance from the State protective forest belts, are 0.76, 0.533, 0.756, respectively, which allows us to conclude that the State protective forest belts have a strong influence on the productivity of agricultural land.

Keywords: *productivity, remote sensing, geo-information systems, satellite images, mapping, protective forest strips, analysis, productivity.*

Citation. A.A. Vypritsky, Sh. Matveev. The influence of the State protective forest belts on seasonal dynamics of arable land productivity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 271-280 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-31.

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 authors declare that there is no conflict of interest.

УДК 634.93:521

ВЛИЯНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА СЕЗОННУЮ ДИНАМИКУ ПРОДУКТИВНОСТИ ПАШНИ

А. А. Выприцкий, младший научный сотрудник

Ш. Матвеев, лаборант-исследователь

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

Дата поступления в редакцию 10.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

**Работа выполнена в рамках Госзадания ФНЦ агроэкологии РАН, госрегистрация
№ 122020100406-6 «Теоретические основы и математико-картографические модели функционирования агролесомелиоративных систем в защите почв от дефляции»**

Актуальность. Государственные защитные лесные полосы (ГЗЛП) играют важную средообразующую роль. Полезащитные функции, которые они выполняют, связаны с защитой почв от дефляции и водной эрозии, что снижает потери плодородного слоя и обеспечивает увеличение продуктивности сельскохозяйственных угодий. Большая часть лесных насаждений ГЗЛП достигла высокого возраста, при котором наблюдается снижение их сохранности, а также эффективности их влияния на плодородие прилегающих угодий. В связи с этим определение степени влияния государственных защитных лесных полос с учетом данных характеристик на сезонную динамику продуктивности пашни является актуальной задачей. **Объект.** Объектом исследования являлись сельскохозяйственные угодья, прилегающие к ГЗЛП. Для определения зоны влияния были выбраны участки пашни, расположенные в одинаковых почвенно-климатических, геоморфологических условиях, защищенные от негативного влияния атмосферных явлений только кулисами ГЗЛП с одинаковой сохранностью. **Материалы и методы.** Для проведения исследований использовались данные дистанционного зондирования Земли второго уровня обработки после радиометрической калибровки и коррекции атмосферных искажений спутника Sentinel-2 A-B. Картографирование контуров проектной площади выделов ГЗЛП, границы исследуемых участков полей проводились с использованием геоинформационной системы QGIS 3.28. Геоморфологический анализ территории проводится для уточнения условий функционирования системы ГЗЛП – поле. Для геоморфологического анализа сельскохозяйственных угодий использовались данные цифровой модели местности SRTM 1. С помощью вегетационного индекса NDVI проведена оценка сохранности кулис ГЗЛП. Для оценки пространственного влияния ГЗЛП на продуктивность сельскохозяйственных угодий территория исследований была разделена на ячейки с шагом сетки 10 метров. Определена буферная зона и произведен статистический анализ эффективного влияния ГЗЛП и на продуктивность сельскохозяйственных культур с учетом геоморфологических характеристик территории. **Результаты и выводы.** В результате исследований изменения показателей значений NDVI вегетирующей

растительности на полях, прилегающих к ГЗЛП, по мере удаления от насаждения были установлены значения сезонной динамики вегетационного индекса на каждом исследуемом поле. По результатам регрессионного анализа выявлены математические функции и определены коэффициенты аппроксимации уравнения регрессии, позволяющие моделировать изменения показателей значений NDVI. Установлена ширина зон депрессии для каждого тестового участка, на которых наблюдается негативное влияние ГЗЛП. Средние значения показателей вегетационного индекса на тестовых участках №1, №2, №3 составляют 0,456, 0,425, 0,527 соответственно. Полученные коэффициенты детерминации отношения модели к средним значениям сезонной динамики в зависимости от удаленности от ГЗЛП равны 0,76, 0,533, 0,756 соответственно, что позволяет сделать вывод о сильном влиянии ГЗЛП на продуктивность сельскохозяйственных угодий.

Ключевые слова: продуктивность пашни, дистанционное зондирование земель, геоинформационные системы, космоснимки, защитные лесные полосы.

Цитирование. Выприцкий А. А., Матвеев Ш. Влияние государственных защитных лесных полос на сезонную динамику продуктивности пашни. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 271-280. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-31.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи одобрили окончательный ее вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Государственные защитные лесные полосы создавались при выполнении постановления Совета министров СССР и ЦК ВКП(б) от 20 октября 1948 года «О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительства прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах Европейской части СССР» [6]. В данной работе рассматриваются пашни, прилегающие к государственной защитной лесной полосе «Пенза – Каменск» на территории Волгоградской области.

ГЗЛП выполняют такие функции, как средообразующая, полезащитные функции, которые защищают почву от потери плодородного слоя от дефляции и водной эрозии, что в совокупности факторов влияет на формирование устойчивых агролесоландшафтов и увеличивает продуктивность сельскохозяйственных угодий [1, 2, 7, 14]. Большая часть насаждений ГЗЛП достигает высокого возраста, они описаны в работах Манаенкова и Костина в 2007, 2009 и 2013 годах. Изучение их эффективного влияния на прилегающие к ним сельскохозяйственные угодья является актуальной задачей.

Изучение геоморфологических условий территорий, на которых располагаются сельскохозяйственные угодья, является одним из главных аспектов для выявления причин, влияющих на продуктивность растительности [3, 10, 11].

В данной работе рассматриваются сельскохозяйственные угодья, расположенные в Кумылженском и Серафимовичском районах Волгоградской области, находящиеся в одинаковых почвенно-климатических, геоморфологических условиях, прилегающих к ГЗЛП территориях, и имеющие посевы озимой пшеницы на 2022 год. Конкретная дата начала посева и сорт озимой пшеницы в работе не учитывается.

Задачей является изучение влияния ГЗЛП и геоморфологических условий на изменение показателей вегетационного индекса озимых посевов прилегающих полей по мере удаления от лесных насаждений, защищающих их [13].

Материалы и методы. Картографирование контуров проектной площади государственной защитной лесной полосы «Пенза – Каменск» и сельскохозяйственных угодий, прилегающих к ней, проводилось с помощью геоинформационной си-

стемы QGIS 3.28 из-за наличия необходимых модулей для работы с поставленной задачей, а также из-за бесплатного характера распространения выбранной системы. Используемые в работе космические снимки спутника Sentinel-2 A-B второго уровня обработки после радиометрической калибровки и коррекции атмосферных искажений (L2A –BOA, Bottom of Atmosphere), а также растровые данные, демонстрирующие наличие посевов озимых культур на 2022 год, были получены с помощью сервиса «Beга-science» [16].

Для анализа сохранности кулис ГЗЛП использовались космические снимки со спутника Sentinel-2 на август-сентябрь, так как в это время растительность на прилегающих участках сельскохозяйственных угодьях заканчивает период вегетации, что позволяет с помощью ручной классификации отсеять участки с травянистым покровом от лесных насаждений [12, 15]. Оценка сохранности ГЗЛП проводилась с использованием вегетационного индекса NDVI спутника Sentinel-2. По патенту № 2437061 – расчет сохранности находится как отношение площади полога лесных насаждений внутри выдела к проектной площади [4, 5].

Подготовленные контуры сельскохозяйственных угодий, прилегающих к ГЗЛП, были пересечены векторными полигонами почвенной карты Волгоградской области М: 1 : 400 000.

Произведен геоморфологический анализ полей с помощью цифровой модели рельефа SRTM-1 для определения средней крутизны склона, средней высоты, протяженности склона.

Для оценки климатических условий на вегетационный период озимых на 2022 год использовались данные ближайших станций (<http://www.pogodaiklimat.ru/>), что позволяет с помощью интерполяции в геоинформационной системе определить среднемесячные значения температур и осадков на исследуемых сельскохозяйственных угодьях [8].

Исследуемые сельскохозяйственные угодья рассматривались на период видимости с помощью вегетационного индекса NDVI растительности и безоблачной мозаики снимков на апрель-июнь 2022 года (12.04.2022; 07.05.2022; 09.06.2022).

Статистическая обработка данных проводилась в программе Microsoft Excel и Graphical Analysis.

Результаты и обсуждение. Полученные данные с сервиса «Beга-science» дали возможность провести исследования наличия посевов озимых культур на 2022 год на засеянных полях и присвоить соответствующий атрибут векторному полигону рассматриваемого участка. Для анализа состояния посевов по пространственному распределению индекса NDVI были выбраны три тестовых участка, расположенных на черноземах южных: два в Кумылженском и один – в Серафимовичском районах Волгоградской области. Средняя сохранность выделов ГЗЛП, защищающих исследуемую пашню, составила 92 %, что дает возможность в одинаковой степени считать благоприятное эффективное влияние на продуктивность сельскохозяйственных угодий в зоне на расстоянии 20Н от насаждения [9]. Средняя высота лесных насаждений ГЗЛП, полученная в ходе полевых исследований, составила 11,45 м. По данным климатического источника «Погода и климат» было подсчитано суммарное количество осадков и температур в период выбранных дат снимков, демонстрирующих схожесть климатических условий (таблица 1).

Таблица 1 – Среднемесячные значения осадков и температур на тестовых участках
в период исследования

Table 1 – Average monthly precipitation and temperatures at the test sites during the study period

	Апрель		Май		Июнь	
	Осадки (мм)	Т	Осадки (мм)	Т	Осадки (мм)	Т
Тестовый участок №1	39,96	12,43	29,86	13,01	36,32	21,90
Тестовый участок №2	42,39	12,37	32,46	12,83	38,39	21,75
Тестовый участок №3	47,57	12,30	35,70	12,62	39,77	21,55

По результатам исследования на тестовом участке № 1 (координаты центральной точки: (49°50'13'', 42°46'58'') разработаны геоинформационные слои крутизны склона и сезонной динамики пространственного распределения индекса NDVI (рисунок 1).

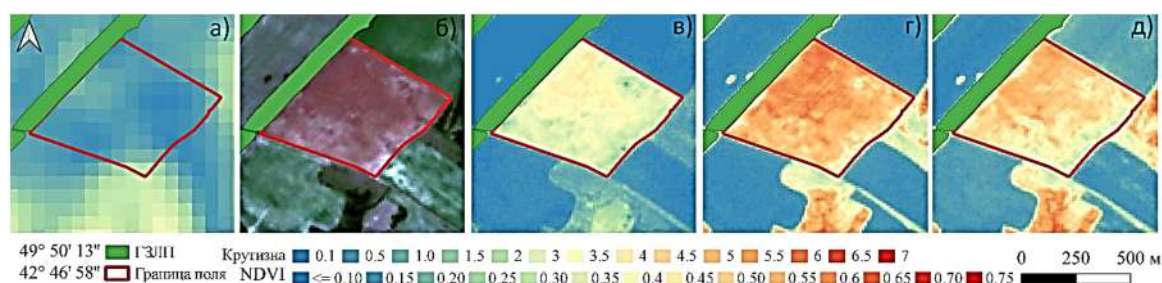


Рисунок 1 – Сезонная динамика изменений значений NDVI на тестовом участке (а) крутизна склона; б) RGB-изображение убранных полей (06.07.2022); в) значения NDVI (12.04.2022); г) значения NDVI (07.05.2022); д) значения NDVI (09.06.2022)

Figure 1 – Seasonal dynamics of changes in NDVI values on the test site (a) slope steepness; b) RGB image of harvested arable land (07/06/2022); c) NDVI values (04/12/2022); d) NDVI values (05/07/2022); e) NDVI values (06/09/2022)

Анализ влияния ГЗЛП на прилегающие поля проводился с шагом сетки в 10 метров, который предоставил возможность провести статистический анализ сезонной динамики изменений значений NDVI. Среднее значение показателей вегетационного индекса на протяжении всего поля составляет 0,456. Стандартное отклонение – 0,038. Средние значения за весь вегетационный период 2022 года демонстрирует присутствие зоны депрессии [9] на тестовом участке, при которой наблюдается негативное влияние полосы на продуктивность пашни до 30 метров, после чего показатели NDVI находятся выше средних значений по всему полю (рисунок 2). Уменьшение средних значений вегетационного индекса по отношению к среднему числу наблюдается при отдаленности от ГЗЛП на 290 метрах, что значительно больше предельного эффективного влияния лесных насаждений в пределах 20Н. При увеличении средней крутизны склона на расстоянии от 410 метров и более наблюдается резкое снижение показателей вегетационного индекса. Коэффициент детерминации полученной модели по отношению к средним показателям сезонной динамики составляет 0,76. Средняя крутизна склона поля – 0,49°, площадь угодья – 28,8 га.

По результатам исследования на тестовом участке № 2 (координаты центральной точки: 49°56'33'', 42°52'14'') разработаны геоинформационные слои крутизны склона и сезонной динамики пространственного распределения индекса NDVI (рисунок 3).

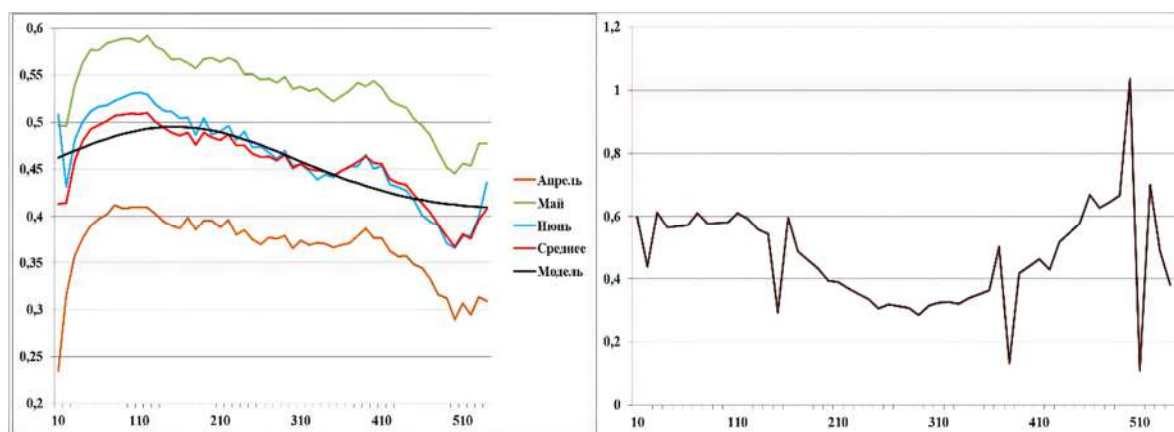


Рисунок 2 – Анализ изменения значений вегетационного индекса в буферной зоне тестового участка №1 в зависимости от удаленности от ГЗЛП (X, м). Сезонная динамика средних значений NDVI (слева); средние значения крутизны склона, ° (справа)

Figure 2 – Analysis of the change in the values of the vegetation index in the buffer zone of the test plot No. 1 depending on the distance from the GZLP (X, m). Seasonal dynamics of the average NDVI values (left); average slope steepness values, ° (right)

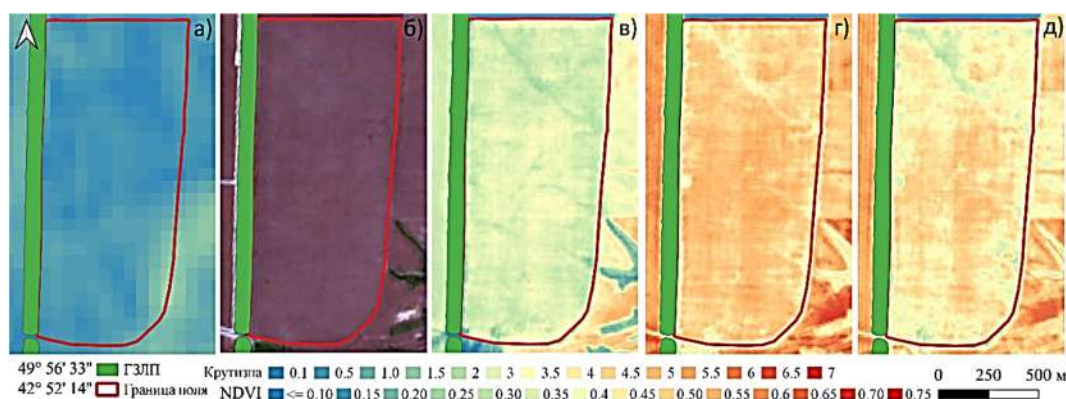


Рисунок 3 – Сезонная динамика изменений значений NDVI на тестовом участке (а) крутизна склона; б) RGB-изображение убранных полей (06.07.2022); в) значения NDVI (12.04.2022); г) значения NDVI (07.05.2022); д) значения NDVI (09.06.2022)

Figure 3 – Seasonal dynamics of changes in NDVI values on the test site (a) slope steepness; б) RGB image of harvested arable land (07/06/2022); c) NDVI values (04/12/2022); d) NDVI values (05/07/2022); e) NDVI values (06/09/2022)

Статистический анализ данных показал следующие параметры: среднее значение NDVI на полях составляет 0,425. Стандартное отклонение 0,021. Депрессионная зона на тестовом участке №2 (по мере удаления от ГЗЛП) прослеживается до 40 метров, далее наблюдается достижение средних сезонных значений вегетационного индекса показателей выше общих средних значений (рисунок 4). При увеличении средних значений крутизны склона наблюдается незначительное уменьшение показателей вегетационного индекса в диапазоне от 580 метров до 640 метров. Коэффициент детерминации полученной модели составляет 0,533. Средняя крутизна склона поля – 0,37°, площадь угодья – 107,7 га.

По результатам исследования на тестовом участке № 3 (координаты центральной точки: 50°15'24'', 43°7'6'') разработаны геоинформационные слои крутизны склона и сезонной динамики пространственного распределения индекса NDVI (рисунок 5).

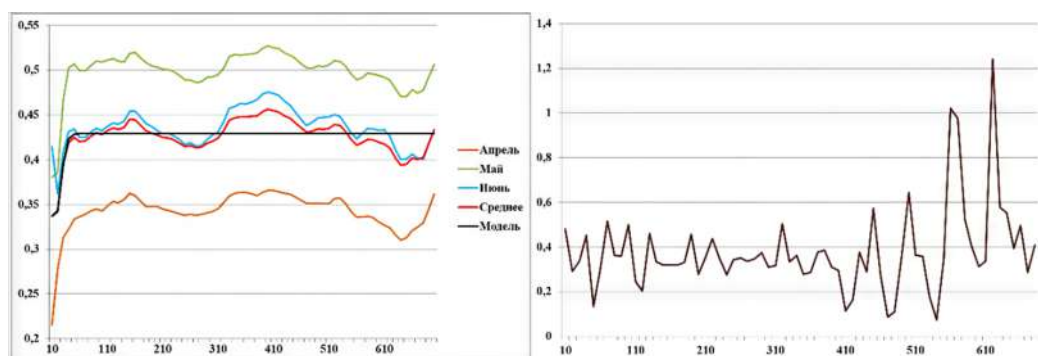


Рисунок 4 – Анализ изменения значений вегетационного индекса в буферной зоне тестового участка № 2 в зависимости от удаленности от ГЗЛП (X, м). Сезонная динамика средних значений NDVI (слева); средние значения крутизны склона, ° (справа)

Figure 4 – Analysis of the change in the values of the vegetation index in the buffer zone of the test plot No. 2 depending on the distance from the GZLP (X, m). Seasonal dynamics of the average NDVI values (left); average slope steepness values, ° (right)

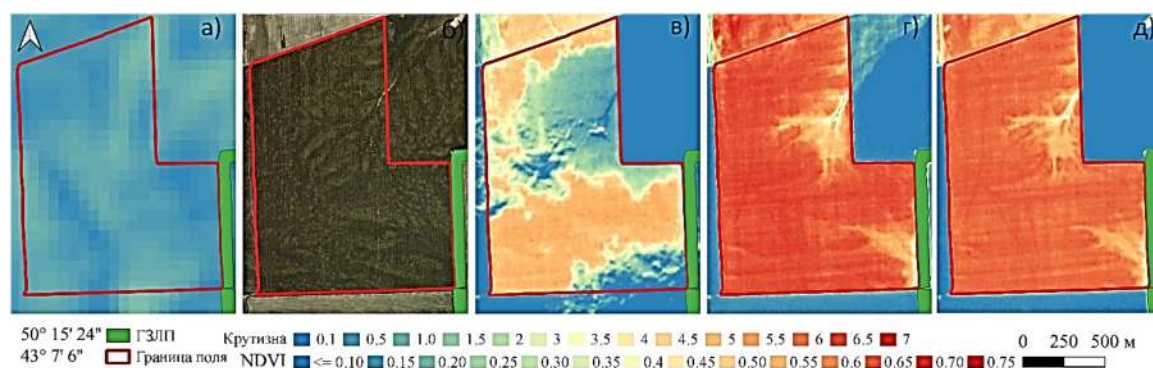


Рисунок 5 – Сезонная динамика изменений значений NDVI на тестовом участке №3 (а) крутизна склона; б) RGB-изображение убранных полей (06.07.2022); в) значения NDVI (12.04.2022); г) значения NDVI (07.05.2022); д) значения NDVI (09.06.2022)

Figure 5 – Seasonal dynamics of changes in NDVI values on the test site (a) slope steepness; б) RGB image of harvested arable land (07/06/2022); в) NDVI values (04/12/2022); г) NDVI values (05/07/2022); е) NDVI values (06/09/2022)

На тестовом участке №3 среднее значение NDVI составляет 0,527. Стандартное отклонение – 0,028. На исследуемом участке по результатам статического анализа установлено, что зона депрессии составляет 40 метров (рисунок 6). Полученные результаты объясняются наличием деградированных участков с промоиной от воздействия водной эрозии на сельскохозяйственное угодье близ кулисы ГЗЛП, а также разрушенный участок от линейного смыва в северо-восточной части поля. Это явление наблюдается на космоснимках за май и июнь 2022 года, и, соответственно, уменьшаются средние показатели значений NDVI в зоне влияния. Установлено, что средняя крутизна склона не влияет на изменение средних значений индекса NDVI на протяжении всего сезона вегетации. Коэффициент детерминации полученной модели составляет 0,756. Средняя крутизна склона поля равна 0,51°, площадь поля – 156,7 га.

Благодаря геоинформационному анализу открывается возможность с помощью дистанционных методов проводить мониторинг предположительной продуктивности сельскохозяйственных угодий. Геоморфологический анализ демонстрирует наглядный пример

влияния морфометрических факторов на средние вегетационные значения на исследуемой территории. Выполненные исследования показывают уникальность каждого участка поля и необходимость дальнейшего изучения сельскохозяйственных угодий с использованием выбранной методики, с изучением характеристик каждого угодья и выявление основных причин уменьшения продуктивности сельскохозяйственных культур на них.

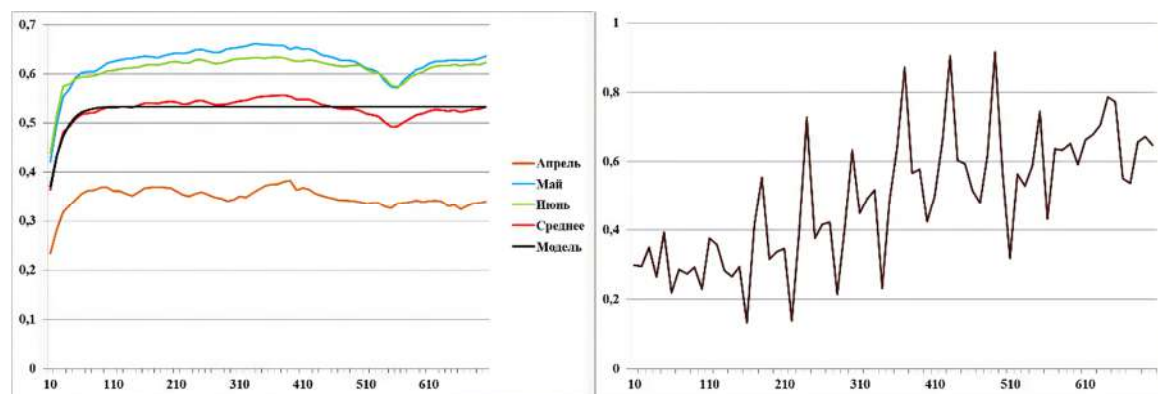


Рисунок 6 – Анализ изменения значений вегетационного индекса в буферной зоне тестового участка № 3 в зависимости от удаленности от ГЗЛП (X, м). Сезонная динамика средних значений NDVI (слева); средние значения крутизны склона, ° (справа)

Figure 6 – Analysis of the change in the values of the vegetation index in the buffer zone of the test plot No. 3 depending on the distance from the GZLP (X, m). Seasonal dynamics of the average NDVI values (left); average slope steepness values, ° (right)

Выводы. В результате проведенной работы были выявлены три тестовых участка, расположенных в одинаковых почвенно-климатических условиях, защищенных только ГЗЛП, общая средняя сохранность которых составляет 92 %.

Определены средние значения NDVI за вегетационный период озимой пшеницы тестовых участков на 2022 год, в зависимости от удаленности от кулис ГЗЛП. Выявлены зоны депрессии, в которых прилегающие лесные насаждения оказывают негативное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур.

Среднее значение NDVI на тестовом участке №1 составляет 0,456. Негативное влияние лесных насаждений ГЗЛП прослеживается до 30 метров. При отдаленности от ГЗЛП 290 метрах наблюдается снижение показателей значений NDVI. При увеличении средней крутизны склона на расстоянии 410 метров и более также наблюдается негативное влияние на средние показатели вегетационного индекса. Разработанная модель по отношению к средним значениям сезонной динамики имеет коэффициент детерминации в 0,76.

Среднее значение вегетационного индекса, полученное в результате статистического анализа на тестовом участке №2, равняется 0,425. Зона депрессии наблюдается до 40 метров, дальнейшие показатели средних сезонных значений вегетационного индекса выше общих средних значений. Влияние крутизны склона на продуктивность растительности характерно наблюдается в диапазоне от 580 до 640 метров на удаленности от ГЗЛП. Коэффициент детерминации полученной модели изменения NDVI для исследуемого поля равен 0,533.

На тестовом участке №3 среднее значение показателей индекса NDVI составляет 0,527. Зона депрессии, оцениваемая по результатам исследований распределения индекса NDVI, составляет 40 метров, локальное снижение значений индекса объясняется

наличием последствий деградации земель в результате водной эрозии. Установлено, что на участке №3 крутизна склона незначительна и не оказывает существенного негативного влияния на продуктивность сельскохозяйственных культур. Коэффициент деформации полученной модели изменения NDVI для исследуемого поля равен 0,756.

Полученные результаты дают возможность дальнейшего изучения продуктивности сельскохозяйственных культур в зоне влияния ГЗЛП в зависимости от существующих почвенных, климатических, гидрологических и геоморфологических условий на территории исследований с использованием геоинформационного анализа. Исследования вегетационных особенностей развития посевов с использованием данных дистанционного зондирования Земли дают возможность дальнейшего подробного изучения причин, влияющих на изменение продуктивности полей.

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. Берденгалиева А. Н., Берденгалиев Р. Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 49-56.
4. Выприцкий А. А., Шинкаренко С. С. Анализ влияния почвенно-климатических условий на сохранность государственных защитных лесных полос на основе данных Sentinel-2. 2022. Т. 19. № 5. С. 147-163.
5. Выприцкий А. А. Сравнительный анализ сохранности водораздельных государственных защитных лесных полос Волгоградской области по данным Sentinel-2 NDVI и информационных продуктов типов земного покрова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 1. С. 458-470.
6. 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.
7. 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.
8. Матвеев Ш. Геоинформационный анализ основных источников климатической информации на территорию Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 81-85.
9. Оптимизация депрессивной зоны лесных полос как способ повышения биологизации агроландшафта / Е. Н. Общия, Л. В. Дудченко, Н. Г. Лапенко, А. И. Хрипунов // Лесотехнический журнал. 2018. Т. 8. № 2 (30). С. 79-86.
10. Рулев А. С., Юферев В. Г., Юферев М. В. Геоинформационное картографирование и моделирование эрозионных ландшафтов // Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт. 2015. 153 с.
11. Рулев А. С., Юферев В. Г. Математико-геоморфологическое моделирование эрозионных ландшафтов // Геоморфология. 2016. № 3. С. 36-45.
12. 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.
13. Силова В. А. Влияние лесомелиоративного обустройства на продуктивность сельскохозяйственных угодий в условиях сухостепной зоны // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2021. Т. 11. № 2. С. 68-81.

14. 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.

15. Шинкаренко С. С., Барталев С. А. Сезонная динамика NDVI пастбищных ландшафтов Северного Прикаспия по данным MODIS. 2020. Т. 17. № 4. С. 179-194.

16. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System / E. A. Loupian [et al.] // 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@vfanc.ru, ORCID: 0000-0002-3095-6834.

Матвеев Стефан, лаборант-исследователь лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: matveev-sh@vfanc.ru, ORCID: 0000-0001-8873-2799.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-32

STUDY OF COLLECTION SAMPLES OF SWEET PEPPER AND SELECTION OF DONORS OF ECONOMICALLY VALUABLE TRAITS

A. S. Karakadzhiev, O. P. Kigashpaeva, A. V. Gulin, V. A. Machulkina

VNIIOOB - branch of FGBNU «PAFNTS RAS»

Received 20.04.2023

Submitted 25.05.2023

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

The purpose of the work was to study collection samples of sweet pepper and the possibility of selecting donors with higher economic, nutritional and taste qualities to create a genetic data bank and further use them in creating new varieties and hybrids. This task is possible using a variety of genetic resources of valuable features created by introduction from different geographical areas. **The objects** of study were ten variety samples of sweet pepper of various geographical origin. **Novelty** consists in obtaining new donors of genetic sources of valuable economic features of sweet pepper to create competitive varieties and hybrids on their basis. **Procedure.** Research was carried out in the period from 2022 to 2022. in the Astrakhan region of the Kamyzyak region in the All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing - a branch of the FSBI "PAFSC RAS" in a greenhouse and open ground according to technologies adopted in the region in accordance with generally accepted methods. **Results.** As a result of studies out of ten studied collection samples, the best in terms of yield (24.0 t/ha) and marketability of products (96.1%) was the Alesya variety (Belarus), which is 1.1-1.4 times higher than other variety samples. Samples of vr are of interest for further study in the conditions of the Astrakhan region. 3239 (Armenia) and bp 7583 Dagger F2 (Belarus). Sample bp 7583 Dagger F2, despite low yield compared to other samples (1.2-1.4 times), is characterized by high early yield (32.8%), marketability (96.2%), vitamin C and carotene content, fruits of a beautiful orange color cone-elongated shape. The collectible specimens studied are of selective interest as a valuable donor material in the creation of new varieties and hybrids.

Key words: *sweet pepper, collectible samples, morphological, economic, biochemical characteristics of plants and fruits, selection, genetic sources.*

Citation: Karakadzhiev A. S., Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Machulkina V. A. Study of collection samples of sweet pepper and selection of donors of economically valuable traits. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 280-288 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-32.

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 submitted final version.

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

УДК 631.52:635.649

ИЗУЧЕНИЕ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕРЦА СЛАДКОГО И ОТБОР ДОНОРОВ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

А. С. Каракаджиев, младший научный сотрудник

О. П. Кигашпаева, кандидат сельскохозяйственных наук

А. В. Гулин, кандидат сельскохозяйственных наук

В. А. Мачулкина, доктор сельскохозяйственных наук

ВНИИООБ – филиал ФГБНУ «ПАФНЦ РАН»

Дата поступления в редакцию 20.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

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. Целью работы являлось изучение коллекционных образцов перца сладкого и возможность отбора доноров с более высокими хозяйственными, пищевыми и вкусовыми качествами для создания генетического банка данных и дальнейшего использования их в создании новых сортов и гибридов. Выполнение этой задачи возможно с использованием разнообразных генетических ресурсов ценных признаков, созданных посредством интродукции из различных географических зон. **Объектами** изучения являлись десять сортообразцов перца сладкого различного географического происхождения. **Новизна** заключается в получении новых доноров генетических источников ценных хозяйственных признаков перца сладкого для создания на их основе конкурентоспособных сортов и гибридов. **Методика.** Исследования проводились в период с 2020 по 2022 гг. в Астраханской области Камызякском районе во Всероссийском НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиале ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» в теплице и открытом грунте по технологиям, принятым в регионе согласно общепринятым методикам. **Результаты.** В результате проведенных исследований из десяти изучаемых коллекционных образцов лучшим по урожайности (24,0 т/га) и товарности продукции (96,1 %) был сорт Алеся (Беларусь), что выше других сортообразцов в 1,1-1,4 раза. Интерес для дальнейшего изучения в условиях Астраханской области представляют образцы вр. 3239 (Армения) и вр 7583 Кинжал F₂ (Беларусь), который, несмотря на низкую урожайность по сравнению с другими образцами (в 1,2-1,4 раза), характеризуется высокой ранней урожайностью (32,8 %), товарностью (96,2 %), содержанием витамина С и каротина, а также плодами красивой оранжевой окраски конусовидно удлинённой формы. Изученные коллекционные образцы представляют селекционный интерес в качестве ценного донорского материала при создании новых сортов и гибридов.

Ключевые слова: перец сладкий, коллекционные образцы перца, хозяйственные признаки плодов перца, селекция перца сладкого.

Цитирование. Каракаджиев А. С., Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Мачулкина В. А. Изучение коллекционных образцов перца сладкого и отбор доноров хозяйственно ценных признаков. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 280-288. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-32.

Авторский вклад. Все авторы этого исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы этой статьи прочитали и одобрили представленную окончательную версию.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Агропромышленный комплекс Астраханской области в большей степени ориентирован на производство растениеводческой продукции и является лидером по производству овощей открытого грунта (13,9 % в общем объеме сборов в РФ) и бахчевых продовольственных культур (30,9 % в общих сборах по РФ) (Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 года №996) [2, 4]. Климат и почвенные условия области позволяют выращивать разнообразные овощи – это томаты, перец сладкий и острый, баклажаны, капуста, свёкла и ряд других (Агроклиматические ресурсы Астраханской области. 1974). Хотя среди возделываемых сельскохозяйственных культур площадь под пасленовыми небольшая но, благодаря высоким урожаям и выходу продукции, они стоят на первом месте. Сельскохозяйственное производство области имеет возможность не только удовлетворять растущие потребности в этой продукции местного населения, но и реализовывать ее за пределы области, а также обеспечивать перерабатывающую промышленность [5]. В развитии научно-технического прогресса особую актуальность приобретает проблема создания новых конкурентоспособных сортов и гибридов с более высокой урожайностью и качеством продукта, которое напрямую влияет на результаты хозяйственной деятельности производителя [7, 8, 10].

В настоящее время во всем мире и в том числе России экономическая ситуация нестабильна. Для ее улучшения важнейшей задачей является обеспечение продовольственной безопасности, которая связана с созданием новых сортов овощных культур, в том числе и перца сладкого, а это во многом зависит от имеющегося банка генетических ресурсов, восполнить который становится возможным благодаря интродукции сортов и линий из других географических зон. Генетические ресурсы растений являются ценным стратегически важным капиталом любой страны, так как они непосредственно связаны с решением вопросов продовольственной, природоохранной и биологической безопасности в настоящем и будущем [1, 3, 11].

Как уже указывалось выше, климатические условия нашей области позволяют выращивать большое разнообразие овощей, в том числе и перца сладкого. По известным данным многих исследователей, в плодах перца сладкого содержится от 139,0 до 350 мг % аскорбиновой кислоты, количество сухих веществ колеблется в пределах 8,28-9,22%, сумма сахаров варьирует от 5,91 до 7,60 %, каротин, в зависимости от сорта, колеблется в пределах от 3,74 до 6,32 мг/% [12]. По мнению ряда авторов, плоды перца сладкого содержат до 91,0 % воды, которая аккумулирует в себе минеральные соли, витамины, ферменты. Плоды перца сладкого обладают высокими вкусовыми качествами, отличаются низким содержанием органических кислот – 0,1 % Характерный запах плодов обусловлен содержанием в них эфирных масел [12, 13]. Поэтому актуальными направлениями для селекции перца сладкого являются поиск и использование новых доноров высокой урожайности и вкусовых качеств, привлекательного внешнего вида, экологической пластичности.

Цель исследования – изучение коллекционных образцов перца сладкого, отбор наиболее выделившихся по биологическим и хозяйственно ценным признакам для дальнейшего использования в качестве доноров при создании новых сортов.

Новизна состоит в получении новых генетических источников качественных признаков перца сладкого и возможностью создания на их основе конкурентоспособных сортов и гибридов в условиях Астраханской области.

Материалы и методы. В коллекционном питомнике перца сладкого изучалось 10 сортообразцов различного географического происхождения. Исследования проводились по следующим показателям: фенологическим наблюдениям, при которых учитывались дата посева, начало и массовые всходы, цветение, образование и созревание плодов. Согласно общепринятым методикам, начальная фаза учитывалась при 15 %, массовая – при 75 % ее проявления. В период вегетации проводилось описание морфобиологических признаков растений и плодов, урожайность учитывалась весовым методом с разделением его по структуре. Оценка таких хозяйственно ценных признаков, как дружность завязывания плодов и устойчивость растений к болезням, проводилась визуально. Опыты закладывали в теплице и полевом участке Всероссийского НИИ орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиала ФГБНУ «ПАФНЦ РАН». Посев перца сладкого проводили в первой декаде апреля сухими семенами в пленочной теплице по схеме 5х3 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 подкормках 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 – 1,40 х 0,20 м. Почвы участка – аллювиально-луговые, среднесуглинистые, среднезасоленные. Механический состав сравнительно однороден: в слое 0 – 0,20 м содержалось: гумуса – от 1,7 до 4,0 %, гидролизующего азота – от 80 до 140 мг/кг, подвижного фосфора – от 28 до 45 мг/кг и обменного калия – от 250 до 400 мг/кг. Внесение удобрений – нитроаммофоска 250 кг/га, перед посадкой. Полив капельным способом с интервалом 3-4 дня, оросительная норма – 2750 м³/га. За время вегетации в поле провели две-три междурядных культивации и две-три ручные прополки в рядах, одну обработку препаратом Корраген от хлопковой совки. На полевом участке в коллекционном питомнике опыт закладывали согласно «Методике опытного дела» (Доспехов Б. А., 1989), «Методике полевого опыта в овощеводстве» [6], «Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур» [9]. Индекс плода высчитывали по формуле:

$$ИФ = Н : D,$$

где ИФ = индекс формы, Н– высота плода, D– диаметр плода.

При проведении биохимического анализа плодов определяли: а) массовую долю сахара – ГОСТ 8756.13-87, п.2; б) массовую долю витамина С – ГОСТ 24556-89, п.2; в) содержание сухого вещества и каротина (Ермаков Е. И., 1987).

Результаты и обсуждение. В нашей селекционной работе ежегодно изучаем новые коллекционные образцы перца сладкого. В коллекционном питомнике с 2020 по 2022 года проходили изучение десять коллекционных сортообразцов перца сладкого, в том числе 2 – из Армении, 1 – Нидерланды, 1 – Украина, 5 – Беларусь и 1 – Испания. По результатам видно, что они различаются типом растений: так, образцы вр. 7571 Лада, вр. 7578 Алеся, вр 7581 и вр 7583 Кинжал F₁ по форме куста были прямостоячие, остальные шесть характеризовались полураскидистой формой. Высота главного стебля в зависимости от сортообразца колебалась от 0,48 (вр.3239) до 0,82 м, (вр 7580 Маг F₁). Количество боковых побегов варьировало от 3 (вр. 7563 F₁Amaretta) до 9 шт. (вр 7583 Кинжал F₁). Наибольшее количество плодов на растении завязывалось у образца вр 7583 Кинжал F₁ Беларусь и составило 64 плода, наиболее низкие у вр 7563 F₁Amaretta – 10 шт. Другие сорта по количеству плодов занимали промежуточное положение и варьировали от 16 до 55 плодов на одном растении. Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что количество завязавшихся плодов имеет прямую зависимость от числа боковых побегов на растении (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика морфологических признаков растений образцов коллекционного питомника перца сладкого(среднее за 2020–2022 гг.)

Table 1 – Characteristics of morphological features of plants of samples of the collection nursery of sweet pepper (average for 2020–2022)

Наименование сортообразца	Высота главного стебля, м	Кол-во боковых побегов, шт.	Тип куста	Кол-во плодов на растении, шт.	Положение плода
вр. 3239, Армения	0,48	4	полураскидистый	16	полупониклое
вр 7561 Ivetta, Нидерланды	0,54	4	полураскидистый	27	полупониклое
вр 7563 F ₁ Amaretta, Ис- пания	0,56	3	полураскидистый	10	полупониклое
вр 3267, Армения	0,59	6	полураскидистый	55	полупониклое
вр 7571 Лада, Украина	0,66	6	прямостоячий	47	полупониклое
вр 7578 Алеся, Беларусь	0,60	5	прямостоячий	25	полупониклое
вр 7581, Беларусь	0,75	6	прямостоячий	32	полупониклое
вр 7583 Кинжал F ₁ , Беларусь	0,75	9	прямостоячий	64	полупониклое
вр 7580 Маг F ₁ , Беларусь	0,82	5	полураскидистый	39	полупониклое
вр 7593 Фура, Беларусь	0,80	5	полураскидистый	32	полупониклое

Из приведенных данных изученных морфологических признаков плодов видно, что все изучаемые сортообразцы имеют различную форму плода: конусовидную, кубовидную, трапециевидную и конусовидно-удлиненную. В технической зрелости плоды были зеленые, кроме образца вр 7563 F₁Amaretta – его плоды имели светло-зеленую окраску. По мере созревания плодов и наступления биологической степени зрелости приобретали окраску, свойственную каждому образцу: у сортообразца вр 7583 Кинжал F₁они стали оранжевыми, плоды образца вр 7580 Маг F₁ желтыми. Остальные сортообразцы в биологической степени зрелости имели плоды красной окраски.

Большое значение при подборе доноров по созданию модели сорта, кроме формы и размера плода, имеет толщина стенок, так как для использования их предприятиями консервной промышленности плоды должны быть крупными, с толщиной стенок не менее 4 мм. От этих показателей зависит дальнейшее качество и выход готовой продукции при переработке.

В изучаемых нами образцах наиболее выделившимися по толщине стенок были сортообразцы № 3239 и вр 7581: толщина стенок их плодов была 0,6 см. Также можно отметить образец вр 7561 Ivetta, (толщина стенок 0,5 см). У сортообразцов вр 7563 F₁Amaretta и вр 3239 толщина стенки плодов была 0,4 см, что соответствует требованиям пищевой промышленности. У плодов остальных сортообразцов она составляла 0,3 см. Диапазон индекса плодов изучаемых сортообразцов колебался от 1,2 до 3,9. Это

подтверждает то, что плоды разного размера и формы, их использование возможно как для приготовления различных консервов на перерабатывающих предприятиях, так и в домашней кулинарии при изготовлении домашних блюд, а в селекционной работе – это богатый генетический материал при создании новых сортов и гибридов (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика признаков плодов образцов коллекционного питомника перца сладкого(среднее за 2020–2022 гг.)

Table 2 – Characteristics of fruit traits of samples of the collection nursery of sweet pepper (average for 2020–2022)

Наименование сортообразца	Форма плода	Окраска в технической зрелости	Окраска в биологической зрелости	Индекс плода	Кол-во камер, шт.	Толщина стенок плода, см
№ 3239, Армения	конусовидная	зеленая	красная	1,8	3-4	0,6
вр 7561, Ivetta Нидерланды	конусовидная	зеленая	красная	1,9	3	0,5
вр 7563 F ₁ , Amaretta, Испания	конусовидная	светло-зеленая	красная	2,3	3	0,4
вр 3267, Армения	конусовидная	зеленая	красная	1,7	3-4	0,4
вр 7571, Лада Украина	кубовидная с носиком	зеленая	красная	1,2	3-4	0,3
вр 7578 Алеся, Беларусь	кубовидно трапециевидная	зеленая	красная	1,4	4	0,3
вр 7581, Беларусь	конусовидная	зеленая	красная	1,5	4-5	0,6
вр 7583 Кинжал F ₁ , Беларусь	конусовидно удлинённая	зеленая	оранжевая	3,9	3-4	0,3
вр 7580 Маг F ₁ , Беларусь	трапециевидная	зеленая	желтая	1,6	3-4	0,3
вр 7593 Фура, Беларусь	кубовидная	зеленая	красная	1,8	3-4	0,3

По урожайности можно отметить сорт Алеся. Общая урожайность его составляла 24,0 т/га при товарности 96,1 % и ранней урожайности 28,8 %. Сортообразец вр 7583 Кинжал F₁, хотя и имел низкую урожайность – 17,7 т/га, но выделился высокой стандартностью – 96,2 % и ранней отдачей урожая – 32,8 % от общего. Урожайность других сортов колебалась от 19,0 т/га до 23,6 т/га. Товарность плодов варьировала от 97,4 % (вр 7581) до 85,7 % (вр 7593 Фура). Самая высокая масса плода была у образца вр. 3239 – 128г, а у остальных она составляла от 69 до 93 г. Это говорит о том, что среди изучаемых образцов возможно отобрать доноры по форме плодов для создания сортов различных направлений использования (таблица 3).

Важным показателем, как известно, является качество плодов, которое зависит от количества содержащихся в них биохимических веществ. Согласно полученным данным, их показатели у разных образцов были разные: так, сухого вещества больше всех содержали плоды образца вр 7571 Лада – 8,32 %, а у остальных они составляли от

6,44 до 7,92 %.; сумма сахаров – от 3,27 до 4,85 % и только в плодах образца 578 Алеся накапливалось до 6,12 %; аскорбиновой кислоты – от 168,56 до 228,81 мг%, а самое высокое – у вр 7583 Кинжал F₁ – 255,36 мг%, вр 7563 F₁Amaretta – 232,16 мг%. Каротина больше всех содержали плоды оранжево-плодного образца вр 7583 Кинжал F₁ – 11,17мг% и желтоплодного вр 7580 Маг F₁ – 10,18 мг%. В красноплодных образцах показатели каротина было от 6,96 до 9,76 мг% (таблица 4).

Таблица 3 – Средняя урожайность коллекционных сортообразцов перца сладкого (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 3 – Average yield of collectible varieties of sweet pepper (average for 2020-2022)

Наименование образца	Общая урожайность, т/га	Ранняя урожайность, %	Товарность, %	Средняя масса плода, г
вр. 3239, Армения	22,1	25,8	94,2	128
вр 7561 Ivetta, Нидерланды	20,7	23,2	92,3	90
вр 7563 F ₁ Amaretta, Испания	21,6	25,9	86,4	85
вр3267, Армения	22,4	24,1	86,3	77
вр 7571 Лада, Украина	23,6	26,3	88,1	74
вр 7578 Алеся, Беларусь	24,0	28,8	96,1	93
вр 7581, Беларусь	23,2	26,7	97,4	92
вр 7583 Кинжал F ₁ , Беларусь	17,7	32,8	96,2	92
вр 7580 Маг F ₁ , Беларусь	22,9	24,0	87,6	79
вр 7593 Фура, Беларусь	19,0	23,2	85,7	69
НСР	0,47	-	-	8,5

Таблица 4 – Содержание биохимических веществ в плодах селекционного питомника перца сладкого (среднее за 2020-2022 гг.)

Table 4 – The content of biochemical substances in the fruits of the sweet pepper breeding nursery (average for 2020-2022)

Название образца	Сухое вещество, %	Сумма сахаров, %	Аскорбиновая кислота, мг%	Каротин, мг%
	на сырое вещество			
№ 3239, Армения	7,18	3,47	168,56	9,42
вр 7561 Ivetta, Нидерланды	7,54	3,43	194,83	9,22
вр 7563 F ₁ Amaretta	7,48	3,27	232,16	9,24
вр 3267, Армения	7,64	4,85	227,66	8,89
вр 7571 Лада, Украина	8,32	4,14	195,84	7,68
вр 7578 Алеся, Беларусь	7,80	6,12	221,28	6,96
вр 7581, Беларусь	6,44	3,62	228,81	9,76
вр 7583 Кинжал F ₁ , Беларусь	7,76	4,14	255,36	11,17
вр 7580 Маг F ₁ , Беларусь	7,92	4,06	216,96	10,18
вр 7593 Фура, Беларусь	7,23	4,63	204,17	7,84

Как видно из представленных результатов комплексной оценки и изучения коллекционных сортообразцов перца сладкого в условиях открытого грунта, выделенные и отобранные доноры несут различные генетические источники ценных признаков, в том числе раннеспелости, продуктивности, высокого качества плодов различной формы, размера, окраски, а также качества.

Выводы. Таким образом, из 10 изученных сортообразцов были выделены вр 7578 Алеся (Беларусь) и вр. 3239 (Армения) с урожайностью плодов 24,0-22,1 т/га и товарностью 96,1-94,2 % соответственно. Сортообразец вр 7583 Кинжал F₁, (Беларусь), несмотря на невысокую урожайность, имел высокую товарность 96,2 %, красивую оранжевую окраску плода удлинённо-конусовидной формы. Данный сортообразец выделялся наибольшей отдачей ранней продукции и высокими показателями содержания витамина С и каротина. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что изученные образцы представляют селекционный интерес для дальнейшей работы, а отобранные индивидуальные растения являются ценным донорским материалом при использовании их в создании новых конкурентоспособных сортов и гибридов.

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. Астраханская область в цифрах: краткий статистический сборник. Астрахань, 2020. С. 43-45.
3. Генетическое разнообразие и антиоксидантный потенциал сортов перца сладкого (*capsicumannuum* L.) Сибирской селекции / И. В. Тоцкий, Е. И. Гордеева, Т. В. Кукоева, А. Ф. Петров, Р. С. Юдина, Е. К. Хлесткина, О. Ю. Шоева // Письма в Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019. Т. 5. № 1. С. 35-43.
4. Иванова В. Н., Серегин С. Н. О проекте стратегии развития АПК России на период до 2030 года // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 7. С. 2-7.
5. Иванова В. Т. Рост сельскохозяйственного производства, как фактор развития пищевой промышленности и продовольственного рынка // Пищевая промышленность. 2016. № 2. С. 8-19.
6. Литвинов С. С. Методика полевого опыта в овощеводстве. М., 2011. 649 с.
7. Новые сорта перца для различных целей выращивания / А. Ю. Авдеев, О. П. Кигашпаева, Ф. К. Бажмаева, С. Т. Сисенгалиева // Орошаемое земледелие. 2016. № 1. С. 6-10.
8. Панфилов В. А. Продовольственная безопасность России и шестой технологический уклад в АПК // Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2016. № 2. С. 10-12.
9. Селекция, семеноводство и сортовая агротехника овощных, бахчевых и цветочных культур. М., 2016. 344 с.
10. Хозяйственные качества и семенная продуктивность перца сладкого селекции ВНИИООБ / О. П. Кигашпаева, А. В. Гулин, А. С. Каракаджиев, В. Ю. Джабраилова, Л. П. Лаврова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 3 (67). С. 161-170.
11. Холмунинов Т. К., Арамов М. Х. Перспективные сорта и гибриды f₁ перца сладкого для центральной зоны Узбекистана // Овощи России. 2021. № 4. С. 78-82.
12. Цыбикова О. М., Алтаева О. А., Цыренов В. А. Перспективные гибриды перца сладкого в условиях города Улан-Удэ // Б.Д. Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2021. № 4 (65). С. 200-206.
13. Effect of leaf cold damage after chilling temperature treatment on growth and reproductive parameters of chilli pepper plants / Sh. N. Rajametov, E. Y. Yang, M. Ch. Cho, H. B. Jeong // Vegetable Crops of Russia. 2022. № 1. P. 5-11.

Информация об авторах:

Каракаджиев Алтынбек Сансызбаевич, младший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства ВНИИООБ - филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН» (416341, г. Камызяк, ул. Любича, д. 16), аспирант, ORCID 0000-0001-7572-3578 e-mail: vniiob@mail.ru

Кигашпаева Ольга Петровна, заведующий отделом селекции и семеноводства ВНИИООБ – филиала ФГБНУ «ПАНЦ РАН» (416341 г. Камызяк ул. Любича д.16), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID0000-0003-4578-6177 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, ORCID0000-0001-6000-5311 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

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-33

JUZGUN LEAFLESS (*CALLIGONUM APHYLLUM* (PALL.) GÜRKE) IS AN EFFECTIVE PHYTOMELIORANT IN ARID CONDITIONS OF THE NORTHERN CASPIAN REGION

Yu. N. Podoprigrorov, A. A. Khyupinin

Federal State Budgetary Scientific Institution

«Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciens»

Received 12.03.2023

Submitted 28.04.2023

Summary

The article presents research on the cultivation of planting material juzgun of various phenotypes, for use in phytomelioration of arid pastures. For the first time in the modern soil and climatic conditions of the Northern Caspian region, a comprehensive assessment of various phenotypes of the leafless dzhuzgun was carried out, the most promising of them were identified, adapted to the soil and climatic conditions of the arid zone of southern Russia for the creation of protective pasture plantations and bioreclamation of semidesert pastures.

Abstract

Relevance. The territory of the Astrakhan region is characterized by intensive manifestation of land desertification processes in the form of salinization and deflation. Such phenomena are associated with the degradation of plant communities, increased erosion processes, and an increase in the area of open sands. In order to prevent desertification of territories, it is necessary to carry out work on phytomelioration of degraded phytocenoses. Since 2019, the Federal State Budgetary Scientific Institution "PAFSC RAS" has been conducting research on growing juzgun planting material of various phenotypes for use in phytomelioration of arid pastures. For the first time in the modern soil and climatic conditions of the Northern Caspian region, a comprehensive assessment of various phenotypes of the leafless dzhuzgun was carried out, the most promising of them were identified, adapted to the soil and climatic conditions of the arid zone of southern Russia for the creation of protective pasture plantations and bioreclamation of semidesert pastures. As a result of the research conducted in 2022, it was revealed that all phenotypes of the leafless juzgun had an excellent state of crops (5 points) and a very weak response to drought (1 point); in the second year of life, the plants increased their green mass by 0.6-1 t/ha; all studied phenotypes have a significantly high EFU (energy feed unit) - 0.701. The costs of creating pasture protective fodder plantations paid off in the second year of vegetation of shrubs.

Materials and methods. As part of scientific work, since 2019, research work has been carried out at the Federal State Budgetary Scientific Institution "PAFSC RAS" on the cultivation of planting material for juzgun of various phenotypes. Scientific research was carried out according to generally accepted methods: Ivanov A. I. et al. (1985); B. A. Armor, (1985); Gringof I. G., Lynova Yu. S. (1991); VNII fodder (2015); FGBNU FIZ VIZH them. OK. Ernst. **The object** of the study was the fodder shrub Juzgun leafless of various phenotypes. **Conclusions** as a result of scientific research in 2020-2022, the following results were obtained; juzgun leafless - a well-adapted plant for light chestnut soils of semi-desert pastures in southern Russia; juzgun in the study region showed a high level of winter hardiness (5 points); the vegetation period of juzgun is 65-75 days; in the second year, the juzgun increased the height of the above-ground part by 2.2-2.8 times; The yield of green mass juzgun for the 2nd year of vegetation was 1.45-2.05 t/ha, dry weight 0.52-0.82 t/ha; From the studied phenotypes, the phenotype of the juzgun Medusa Head (Astrakhan region and Kazakhstan) stood out in terms of yield,

the yield of which exceeded the other indicators by 30%; in the second year, the yield increase averaged 0.66 - 1.05 t/ha, incl. phenotype Head of Medusa gave an increase of 1.0-1.05 t/ha; In the conditions of the study region, juzgun was revealed as a low-energy fodder plant (ECE-0.701).

Key words: leafless juzgun, phenotypes, productivity, frost resistance, drought resistance, pasture ecosystems.

Citation. Podoprigorov Yu. N., Khyupinin A. A. Leafless Dzhuzgun (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) is an effective phytomeliorant in arid conditions of the Northern Caspian Sea. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 288-298 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-33.

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

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

УДК 633.39

ДЖУЗГУН БЕЗЛИСТНЫЙ (*CALLIGONUM APHYLLUM* (PALL.) GÜRKE) – ЭФФЕКТИВНЫЙ ФИТОМЕЛИОРАНТ В ЗАСУШЛИВЫХ УСЛОВИЯХ СЕВЕРНОГО ПРИКАСПИЯ

Ю. Н. Подопрigorov, младший научный сотрудник

А. А. Хюпинин, младший научный сотрудник

ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук»,
Астраханская обл., Россия

Дата поступления в редакцию 12.03.2023

Дата принятия к печати 28.04.2023

Актуальность. Территория Астраханской области характеризуется интенсивным проявлением процессов опустынивания земель в форме засоления и дефляции. Такие явления связаны с деградацией растительных сообществ, усилением эрозионных процессов и ростом площадей открытых песков. Для того чтобы предотвратить опустынивание территорий, необходимо проводить работы по фитомелиорации деградированных фитоценозов. В ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» с 2019 года проводятся исследования по выращиванию посадочного материала джужгуна различных фенотипов для использования в фитомелиорации аридных пастбищ. Впервые в современных почвенно-климатических условиях Северного Прикаспия проведена комплексная оценка различных фенотипов джужгуна безлистного, выделены наиболее перспективные из них, адаптированные к почвенно-климатическим условиям аридной зоны юга России для создания защитных пастбищных насаждений и биомелиорации полупустынных пастбищ. В результате проведенных исследований в 2022 году было выявлено: все фенотипы джужгуна безлистного имели отличное состояние посевов (5 баллов) и очень слабую реакцию на засуху (1 балл); на второй год жизни растения увеличили свою зеленую массу на 0,6-1 т/га; все исследуемые фенотипы имеют достоверно высокий показатель ЭКЕ (энергетическая кормовая единица) – 0,701. Затраты на создание пастбищных защитных кормовых насаждений окупались на второй год вегетации кустарников. **Материалы и методы.** В рамках научной работы в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» с 2020 года ведутся исследовательские работы по выращиванию посадочного материала джужгуна различных фенотипов. Научные исследования проводились согласно общепринятым методикам: Иванов А. И. и др. (1985); Б. А. Доспехов, (1985); Грингоф И. Г., Лынова Ю. С. (1991); ВНИИ кормов (2015); ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста. **Объектом** исследования являлся кормовой кустарник джужгун безлистный различных фенотипов. **Выводы.** В результате проведения научных исследований в 2020-2022 гг. были получены следующие результаты; джужгун безлистный – хорошо адаптированное растение для светло-каштановых почв полупустынных пастбищ юга России; джужгун в регионе исследования показал высокий уровень зимостойкости (5 баллов); период вегетации джужгуна составляет 65-75 дней; на второй год джужгун увеличил высоту надземной части в 2,2-2,8 раз. Урожайность зеленой массы джужгуна

на 2-й год вегетации составил 1,45-2,05 т/га, сухой массы 0,52-0,82 т/га; Из исследуемых фенотипов по урожайности выделился фенотип джузгуна Голова Медузы (Астраханской области и Казахстана), урожайность которого превысила остальные показатели на 30 %; на второй год прибавка урожайности составила в среднем 0,66-1,05 т/га, в т.ч. фенотип Голова Медузы дал прибавку 1,0-1,05 т/га. В условиях региона исследования джузгун проявил себя как малоэнергетичное кормовое растение (ЭКЕ-0,701).

Ключевые слова: джузгун безлистный, фенотипы джузгуна, урожайность джузгуна, морозоустойчивость джузгуна, засухоустойчивость джузгуна, пастбищные экосистемы.

Цитирование. Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Джузгун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) – эффективный фитомелиорант в засушливых условиях Северного Прикаспия. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 288-298. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-33.

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. Сельскохозяйственные угодья занимают 4810 млн га, или около 36 % мирового земельного фонда. Эти земли должны обеспечить растущий спрос населения на продукты животноводства, особенно на мясо и жиры. Индустриализация животноводства не снимает необходимости использования пастбищных ресурсов, которые большей частью сосредоточены в аридных областях мира.

Ученые уже в 60-70-е годы забили тревогу о том, что в Прикаспии уменьшилось биоразнообразие и продуктивность растительного покрова пастбищ, а дефицит белка в корме составил 10-12 % [5, 6].

Применительно к таким сельскохозяйственным регионам, как Поволжье, вышеописанные изменения связывают в большей степени с процессами деградации и опустынивания земель, приводящими к снижению их биологической продуктивности [12].

Наши коллеги в Казахстане серьезно беспокоятся о том, что из-за антропогенной деградации степной фитоценоз многих пастбищ представлен 4-5 видами растений [10].

В Алтайском крае и Кыргызской Республике увеличивается площадь открытых, полностью лишенных растительности участков [4, 8].

Однако, наряду с антропогенным фактором, в современных условиях невозможно исключить и климатические изменения. Наибольшая опасность деградиционных процессов возникает при совместном воздействии природных и антропогенных факторов, тем самым вызывая эффект синергизма [7].

Исследования изменения климата выявили отрицательную динамику показателей увлажнения аридных пастбищ юга России, которая сохранится и в последующие годы. *Происходит ксерофитизация растительности и аридизация климата, губительно действующего на растительность естественных пастбищ* [2].

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.

Пастбища Астраханской области, занимающие более 50 % площади области, – это полупустынные деградированные фитоценозы, заполненные травянистой формой растений. Учеными-лесомелиораторами подтверждена устойчивость полевых агро-

ландшафтов с использованием кустарниковых насаждений. Эти культуры предотвращают эрозионные процессы, способствуют дополнительному снегозадержанию в зоне их применения, уменьшению промерзания почвы зимой и увеличению влажности почвы в летнее время [1, 9, 13].

Однако в настоящее время большая часть таких насаждений (около 75 %) находится в крайне угнетенном состоянии по причине климатических и антропогенных факторов [3].

Впервые в современных почвенно-климатических условиях Северного Прикаспия проведена комплексная оценка различных фенотипов джужгуна безлистного, выделены наиболее перспективные из них, адаптированные к почвенно-климатическим условиям аридной зоны юга России для биомелиорации, повышения продуктивной ценности и видового разнообразия полупустынных пастбищ.

Цель исследования – изучить продуктивные и адаптивные особенности кормового кустарникового растения джужгуна безлистного (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) в аридных условиях юга России в качестве фитомелиоранта.

Материалы и методы. В рамках научной работы в ФГБНУ «ПАФНЦ РАН» с 2019 года ведутся исследовательские работы по выращиванию посадочного материала джужгуна различных фенотипов.

Опытный участок расположен на землях ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», в Астраханской области Черноярского района. Рельеф участка – выровненный с микрозападинами до 0,15 м. Почвы опытного участка светло-каштановые суглинистые.

Объект исследования – джужгун безлистный второго года жизни, различных фенотипов, собранный из разных районов Астраханской области и Казахстана.

Научные исследования проводились согласно общепринятым методикам: Иванов А. И. и др. (1985); Б. А. Доспехов, (1985); Грингоф И. Г., Лынова Ю. С. (1991); ВНИИ кормов (2015); ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л. К. Эрнста.

Изучение джужгуна безлистного проводилось в питомнике интродукции древесно-кустарниковых растений ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», который был создан в сотрудничестве и использовании семенного материала Приаральской ОС (Казахстан) (таблица 1).

Таблица 1 - Состав коллекции джужгуна безлистного в питомнике кормовых древесно-кустарниковых растений

Table 1 - Composition of the collection of leafless dzhuzgun in the nursery of fodder trees and shrubs

Название фенотипа/ Phenotype name	Место произрастания / place of growth
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. (фенотип плода- 4- листный прямой) Ф1 /(fetal phenotype - 4-leaf straight) F1	Астраханская область/ Astrakhan region
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. (фенотип плода – 4- листный закр.) Ф2 /(fetal phenotype - 4-leaf closed) F2	Астраханская область/ Astrakhan region
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. (фенотип плода - 5- листный) Ф3 / (fetal phenotype - 5-leaf) F3	Астраханская область/ Astrakhan region
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. голова Медузы Ф4 / head of Medusa F4	Астраханская область/ Astrakhan region
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. голова Медузы, ВК- 20 , дикорастущий Ф5 / head of Medusa, VK-20, wild F5	Казахстан/ Kazakhstan
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke., ВК-15. Ф6 / VK-15, wild F6	Казахстан/ Kazakhstan
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke., ВК-16. Ф7 / VK-16, wild F7	Казахстан/ Kazakhstan

Посев рядовой с междурядьем 1,4 м, общая площадь делянки под один фенотип – 7 м². Техника посева – ручная. Глубина заделки семян – 0,5-1 см. Все посевы – в трех повторностях.

Анализ полученных на метеостанции села Черный Яр данных 2020-2022 гг. показал, что годы исследования в сравнении со среднемноголетними данными характеризуется как более теплые, но достаточно влажные. Среднегодовая температура превысила среднемноголетнюю на 3,0 градуса в результате более теплой зимы (превышение среднемноголетних температур в декабре на 8,1, в январе – на 14,8 и в феврале – на 5,6 градусов по Цельсию) (рисунок 1). Также было отмечено увеличение среднемесячной температуры воздуха в весенний период (март – на 4,4 и апрель – на 4,2 градуса по Цельсию) и летом (июнь – на 2,8 и август – на 5,5 градусов по Цельсию).

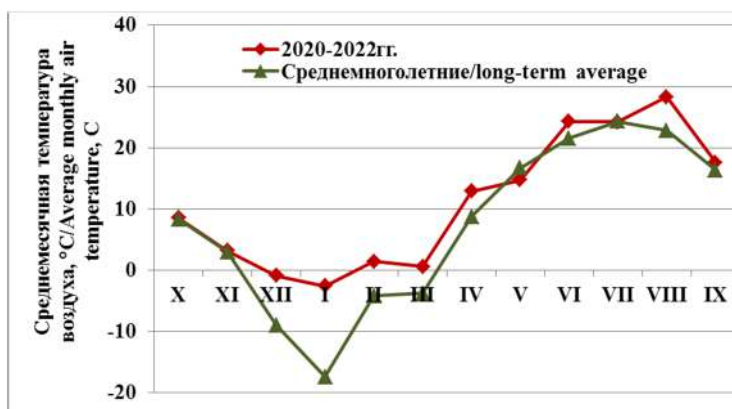


Рисунок 1 – Динамика среднемесячной температуры воздуха (2020-2022гг.) в сравнении со среднемноголетними данными

Figure 1 – Dynamics of average monthly air temperature (2020-2022) in comparison with long-term average data

График осадков (рисунок 2), выпавших в 2020-2022 гг., показал, что начало вегетационного периода отмечено хорошими осадками (март – 31,3 мм, май – 57,9 мм), что для полупустынной зоны – очень редкое явление. Однако в августе, когда были отмечены температурные максимумы (39,2 °C), сумма осадков приблизилась к min (0,3 мм). Сентябрь также добавил влаги в почву для поздневегетирующих растений (23,2 мм), что в итоге дало основания определить метеоусловия как удовлетворительные. При этом ГТК периода октябрь 2019 г. – сентябрь 2022 г. составил в среднем 0,33, что определило зону увлажнения региона исследования как сухую зону.

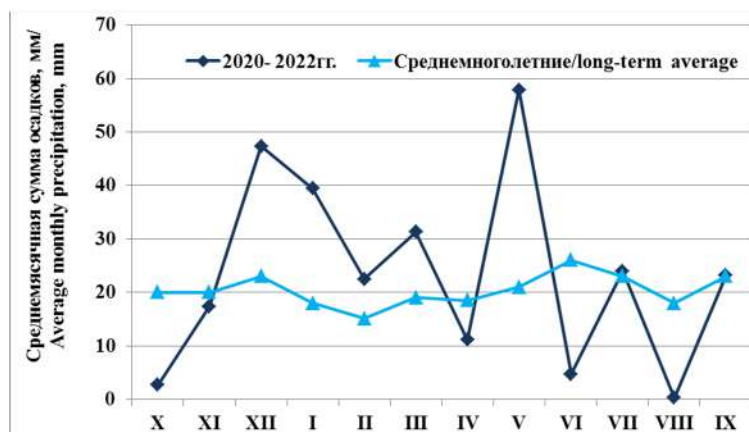


Рисунок 2 – Динамика месячной суммы осадков (средняя за 2020-2022 гг.) в сравнении со среднемноголетними данными

Figure 2 - Dynamics of the monthly amount of precipitation (average for 2020-2022) in comparison with the average long-term data

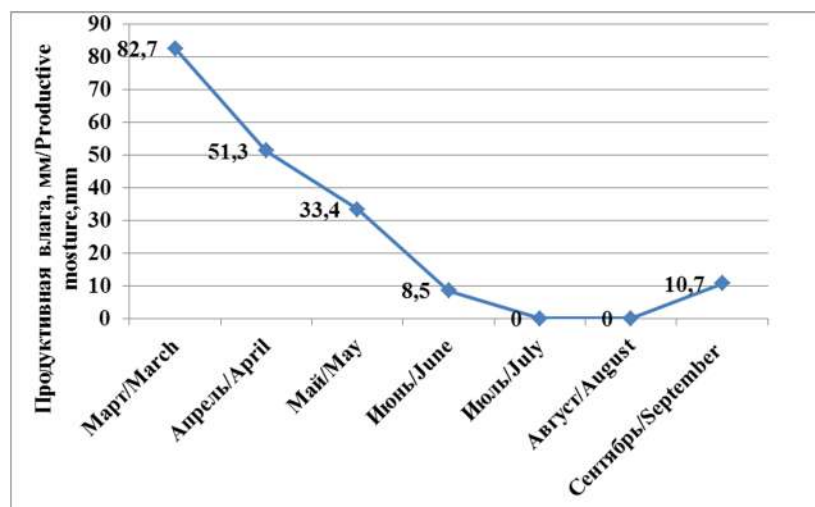


Рисунок 3 – Наличие продуктивной влаги (2020-2022 гг.) в слое почвы 0-1 м на богарном участке питомника

Figure 3 – The presence of productive moisture (2020-2022) in the soil layer of 0-1 m in the rainfed area of the nursery

Показатели динамики продуктивной влаги в почве подтверждают и добавляют данные по условиям вегетации опытных растений (рисунок 3). Таким образом, в период отрастания, роста и развития растений была отмечена удовлетворительная продуктивная влага в слое почвы 0-1 м (82,7-51,3-33,4 мм). В дальнейшем уже окрепшие растения подошли к периоду воздушной и почвенной засухи (июль, август) и хорошо перенесли ее.

Был проведен анализ почвы опытного участка и для сравнения – природного пастбища региона исследования (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты агрохимического анализа почвы опытного участка и природного пастбища

Table 2 – Results of agrochemical analysis of the soil of the experimental plot and natural pasture

Показатель/ Indicator	Единица измерения/ Unit	Результат анализа/ Analysis result	
		Природное пастбище/ natural pasture	Опытный участок/ Experimental plot
рН водный/ pH water	Ед.рН/ pH unit	8,0	8,2
Органическое в-во (гумус)/ Organic matter (humus)	%	0,74	0,68
Азот щелочногидролизующий/ Nitrogen alkaline hydrolysable	мг/кг/ mg/kg	21	21
Фосфор подвижный/ Phosphorus mobile	мг/кг/ mg/kg	27	28
Калий подвижный/ Potassium mobile	мг/кг/ mg/kg	264	298

По результатам анализа и по данным группировок почв по обеспеченности анализируемых показателей было выявлено, что почвы участков идентичны и имеют обеспеченность по содержанию: гумуса очень низкую (по методике Тюрина); азота щелочногидролизующего – очень низкую (по методике Корнфилда); фосфора подвижного – высокую (по методике Мачигина); калия подвижного – высокую (по методике Мачигина).

Также почва опытного участка определялась на засоленность на глубине 0-30 см, по результатам которого был произведен расчет суммы токсичных солей и определена степень засоления почвы опытного участка (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет суммы токсичных солей почвенного образца из питомника аридных кормовых растений

Table 3 – Calculation of the amount of toxic salts of a soil sample from the nursery of arid fodder plants

Показатель / Indicator		Результат/ Result
Анионы, ммоль/100г почвы/ Anions, mmol/100g soil	HCO ₃ ⁻	0,45
	Cl ⁻	0,05
	SO ₄ ²⁻	0,25
Катионы, ммоль/100г почвы/ Cations, mmol/100g soil	Ca ²⁺	0,25
	Mg ²⁺	0,25
	Na ⁺	0,36
Анионы, %/ Anions, %	HCO ₃ ⁻	0,027
	Cl ⁻	0,002
	SO ₄ ²⁻	0,012
Катионы, %/ Cations, %	Ca ²⁺	0,005
	Mg ²⁺	0,003
	Na ⁺	0,008
Сумма водорастворимых веществ/ The amount of water soluble substances		0,058
Токсичность ионов в мг-экв.хлора/ Ion toxicity in mEq of chlorine		0,17
Степень засоления/ Degree of salinity		Незасоленная/ Non-salted

Таким образом, почва участка под питомник многолетних кормовых растений имеет слабощелочную реакцию, низкий уровень плодородия и является незасоленной.

Полевой однофакторный опыт имеет систематическое последовательное размещение вариантов и повторений. Посев джужгуна безлистного был произведен 28.11.2019 г. Полевая всхожесть составила 9,1-24,8 % [11].

В период роста и развития растений были отмечены даты начала прохождения вегетационных фаз (таблица 4).

Таблица 4 – Даты начала прохождения фенологических фаз джужгуна безлистного 2020- 2022 гг.

Table 4 – Dates of the beginning of the passage of the phenological phases of the leafless juzgun 2020-2022

Название вида, фенотип / Species name, phenotype	Отрастание/ Regrowth	Бутонизация/ Budding	Цветение/ flowering	Плодонош./ конец вегета- ции/ Fruiting/ end of growing season
Астраханская область/ Astrakhan region				
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F1	9-12.04	10-14.05	23-25.05	8.06/15.10
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F2	10-12.04	11-14.05	22-25.05	8.06/15.10
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F3	12-14.04	8-14.05	22-25.05	8.06/15.10
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F4	10-13.04	10-14.05	20-25.05	10.06/15.10
Казахстан/ Kazakhstan				
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F5	9-12.04	12-16.05	24-27.05	14.06/15.10
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F6	10-13.04	11-16.05	23-27.05	14.06/15.10
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F7	10-12.04	13-16.05	24-27.05	14.06/15.10

Понятие зимостойкости. Зимостойкость включает в себя холодостойкость и морозоустойчивость. Зимостойкость определяет выживаемость растений в неблагоприятных погодных условиях, таких как снеговая нагрузка; обледенение; длительные оттепели; весенние поздние заморозки; выпревание; вымерзание; сильные ветры и зимнее иссушение.

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 проводился весь период вегетации по годам и, согласно методике Доспехова Б. А., по 5-балльной шкале было оценено в ноль баллов (отсутствие повреждений).

По датам прохождения фенологических фаз изучаемых растений видно, что период активной вегетации джужгуна составляет 65-75 дней для создания поедаемой кормовой массы (апрель – июнь), с середины июля, когда созревают плоды, молодые зеленые побеги подсыхают и частично опадают. Причем у джужгуна животные поедают и уже опавшие побеги и плоды.

Таблица 5 – Изучение *Calligonum aphyllum*, 2020-2022 гг.

Table 5 – Study of *Calligonum aphyllum*, 2020-2022

Название вида, фенотип/ Species name, phenotype	Состояние посева, балл/ sowing condition, score	Реакция на засуху, балл/ drought response, score	Высота надземной части, м (3-й год)/ Aboveground height, m (3rd year)
Астраханская область/ Astrakhan region			
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F1	5	1	0,85
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F2	5	1	0,92
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F3	5	1	0,95
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F4	5	1	1,10
Казахстан/ Kazakhstan			
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F5	5	1	0,97
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F6	5	1	0,83
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F7	5	1	0,80
Ошибка выборки/ Sampling error (95%)			0,003
НСР ₀₅			0,012

Исследование динамики роста джужгуна по годам жизни выявило, что на третий год джужгун увеличил высоту надземной части в 2,2-2,8 раз (рисунок 4).

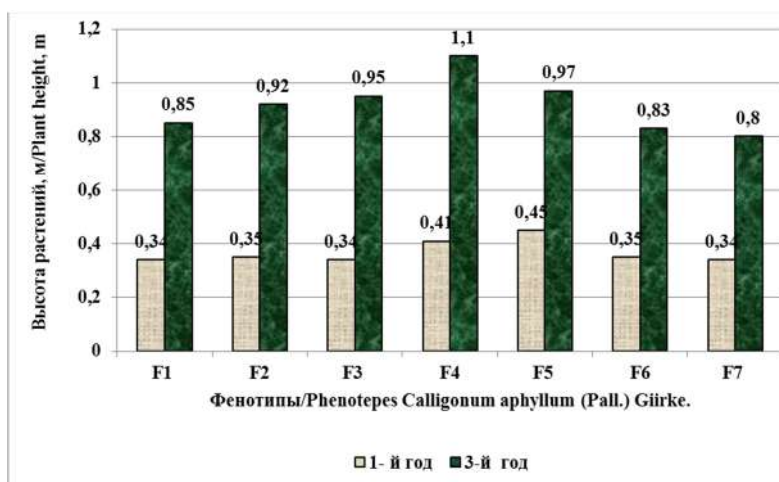


Рисунок 4 – Динамика высоты *Calligonum aphyllum*, 2020-2022 гг.

Figure 4 – Dynamics of the height of *Calligonum aphyllum*, 2020-2022

По результатам исследования урожайности джужгуна безлистного было выявлено, что достоверно выделились фенотипы джужгуна Голова Медузы (Астраханской области – Ф4 и Казахстана – Ф5), урожайность зеленой массы которых достоверно превысила остальные показатели на 30 % (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность (т/га) *Calligonum aphyllum*, третий год жизни, 2022 г.

Table 6 – Productivity (t / ha) *Calligonum aphyllum*, third year of life, 2022

Название вида, фенотип/ Species name, phenotype	Урожайность, т/га/ Productivity, t/ha		Выход сухого вещества, %/ Dry matter yield, %
	Зеленая масса/ Green mass	Сухая масса/ Dry weight	
Астраханская область			
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F1	1,65	0,63	38
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F2	1,50	0,56	37
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F3	1,68	0,64	38
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F4	2,05	0,82	40
Казахстан			
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F5	1,95	0,76	39
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F6	1,45	0,52	36
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke. F7	1,58	0,57	36
Ошибка выборки/ Sampling error (95%)	0,02	0,04	
НСР ₀₅	0,008	0,014	

Показатели сухой массы по всем фенотипам имели достоверные отличия.

Сравнивая урожайность по годам исследования, выявили, что на третий год прибавка урожайности к первому году составила в среднем 0,66-1,05 т/га, в т.ч. фенотип Голова Медузы дал прибавку 1,0-1,05 т/га (рисунок 5).

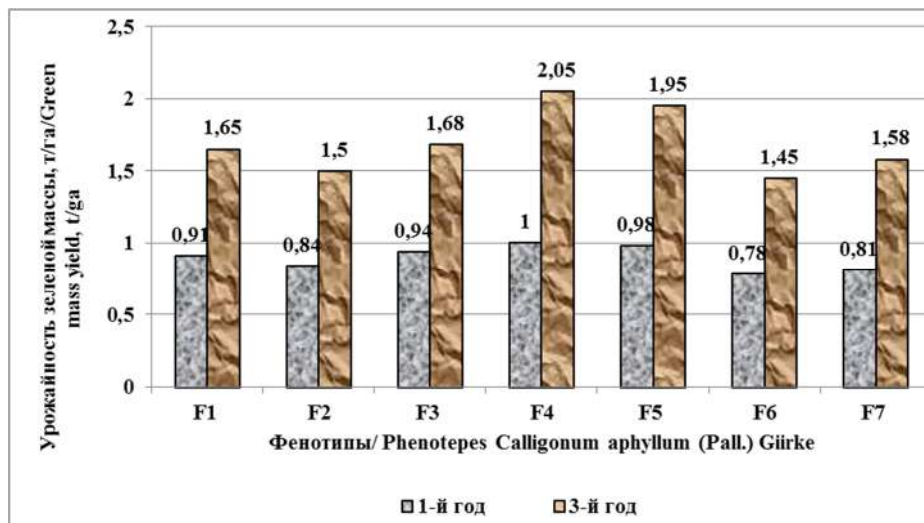


Рисунок 5 – Динамика урожайности зеленой массы *Calligonum aphyllum* по годам исследования (2020-2022 гг.)

Figure 5 – Dynamics of green mass yield of *Calligonum aphyllum* by year of study (2020-2022)

По результатам анализа было выявлено:

- по количеству сырого протеина джужгун уступает естественной растительности пастбищ на 62 г/кг корма;

- по наличию в корме БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ), основу которых составляют пентозаны, в т.ч. сахара и крахмал, джузгун имеет положительную разницу с естественным травостоем на 71 г/кг;

- джузгун имеет в сравнении с природным травостоем пастбищ невысокий показатель ЭКЕ (энергетическая кормовая единица) – 0,701 (природный травостой – 0,731).

- джузгун является более грубым кормом, т. к. имеет показатель сырой клетчатки на 37 г/кг больше, чем природный травостой.

Таблица 7 – Содержание питательных веществ в сухой массе *Calligonum aphyllum* третьего года жизни в сравнении с пастбищным кормом, 2022 г.

Table 7 – Nutrient content in dry mass of *Calligonum aphyllum* in the third year of life compared to pasture forage, 2022

Виды корма / Types of food	Содержится в 1 кг/ Contained in 1 kg				
	Сырой протеин, кг/ Crude protein, kg	Сырой жир, Кг/Raw fat, kg	Сырая клетчатка, кг/ Raw fiber, kg	БЭВ, Кг/ NES, kg	ЭКЕ*/EFU
<i>Calligonum aphyllum</i> (Pall.) Gürke.	0,057	0,029	0,223	0,425	0,701
Пастбищный корм/ Pasture forage	0,119	0,024	0,186	0,354	0,731
НСП ₀₅	0,003	0,007	0,010	0,012	0,017

ЭКЕ* / EFU - энергетическая кормовая единица/ energy feed unit

Разность по всем показателям существенная.

В результате проведения научных исследований в 2020-2022 гг. были получены следующие результаты:

1. Джузгун безлистный – хорошо адаптированное растение для светло-каштановых почв полупустынных пастбищ юга России.

2. Джузгун в регионе исследования показал высокий уровень зимостойкости (5 баллов).

3. Период вегетации джузгуна составляет 65-75 дней.

4. На третий год джузгун увеличил высоту надземной части в 2,2-2,8 раза в сравнении с первым годом.

5. Урожайность зеленой массы джузгуна на 3-й год вегетации составила 1,45-2,05 т/га, сухой массы – 0,52-0,82 т/га.

6. Из исследуемых фенотипов по урожайности выделился фенотип джузгуна Голова Медузы (Астраханской области и Казахстана), урожайность которого превысила остальные показатели на 30 %.

7. На третий год прибавка урожайности к первому году составила в среднем 0,66-1,05 т/га, в т. ч. фенотип Голова Медузы дал прибавку 1,0-1,05 т/га.

8. В условиях региона исследования джузгун проявил себя как малоэнергетичное кормовое растение (ЭКЕ-0,701).

Выводы. Джузгун безлистный хорошо приспособлен к тяжелым климатическим условиям аридных регионов юга России (морозостоек, засухоустойчив), нетребователен к почвам, поэтому его необходимо использовать для рекультивации деградированных пастбищных экосистем и создания ЗЛН (защитные лесные насаждения).

Библиографический список

1. Адамова Р. М., Казиев М.-Р. А. Эколого-биологические аспекты формирования защитных лесных насаждений в аридных регионах // Аридные экосистемы. 2021. Т. 27. № 2 (87). С. 26-32.
2. Бабаева М. А., Осипова С. В. Динамика видового разнообразия и продуктивности растительных сообществ в аридных экосистемах // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 31-34.
3. Беляков А. М., Тубалов А. А., Кошелев А. В. Состояние и меры по улучшению плодородия светло-каштановых почв в агролесоландшафтах // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 30-36.
4. Бобушев Т. С., Султаналиев К. Э. Оценка и адаптация подхода НБДЗ к классификации земельных ресурсов в Кыргызской Республике // Аридные экосистемы. 2020. том 26. № 2 (83). С. 43-47.
5. 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.
6. Геоинформационный анализ опустынивания Северо-Западного Прикаспия / К. Н. Кулик, В. И. Петров, В. Г. Юферов, Н. А. Ткаченко, С. С. Шинкаренко // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 2 (83). С. 16-724.
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. 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.
9. Мелиоративная эффективность кустарниковых кулис на аридных пастбищах юга России / Н. В. Тютюма, Г. К. Булахтина, А. В. Кудряшов, Н. И. Кудряшова // Аридные экосистемы. 2020. Т. 26. № 1 (82). С. 62–68.
10. 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.
11. Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А. Выращивание посадочного материала джужгуна безлистного в астраханской области // Аграрный научный журнал. 2022. № 7. С. 32-36.
12. Экологическое состояние и деградация черноземов Приволжской возвышенности / И. М. Яшин, И. И. Васенев, Д. В. Ворников, А. А. Петухова // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2012. № 1. С. 41-52.
13. Zhang S. T., Zhang J. Z., Liu Y. Effects of farmland vegetation row direction on overland flow hydraulic characteristics // Hydrology research. 2018. Vol. 49. Iss.6. Pp. 1991–2001.

Информация об авторах

Подопригоров Юрий Николаевич, младший научный сотрудник отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), podoprigorov.85@mail.ru, tel. 89275534566, ORCID-0000-0003-0073-8702.SPIN-код 8530-7666.

Хюпинин Андрей Алексеевич, младший научный сотрудник отдела рационального природопользования ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (416251, Россия, Астраханская область, Черноярский район, с. Соленое Займище, квартал Северный, дом 8), anhupinin_1981@mail.ru, tel. 89275565092, ORCID-0000-0003-4453-308X.SPIN-код 8941-1415.

ANALYSIS OF PROTECTIVE FOREST STANDS ON THE TERRITORY OF THE DON RIDGE USING GIS TECHNOLOGIES AND AEROSPACE DATA

K.P. Sinelnikova

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

Received 28.02.2023

Submitted 04.05.2023

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 FNFE 2022-0003 (state registration No. 122020100311-3) "Theoretical foundations of the functioning and natural-anthropogenic transformation of agroforestry landscape 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"

Summary

The article presents the results of the analysis of protective forest plantations on the territory of the Don ridge using GIS technologies and satellite images. It was found that 661 protective forest strips are located on the territory of the study, of which 50 sites belong to the state protective forest strip «Penza-Kamensk». The established degree of protective forest cover shows that the studied territory of the Tsutskan River catchment area needs to develop a systematic forest reclamation of agricultural land, taking into account the optimal placement of plantings according to the criterion of preventing soil degradation from both deflation and water erosion.

Abstract

Introduction. The territory of the Don ridge is characterized by active use for agricultural activities and the presence of flat extensive watersheds that are affected by adverse conditions. Protective forest stands are the main part in the system of measures to combat soil degradation. Protective forest plantations form favorable conditions for increasing the productivity of the land, increasing the efficiency of fertilizers and improving the quality of grain. **Object.** Protective forest plantations on the territory of the Don ridge. **Materials and methods.** The analysis of the current state of protective forest stands was carried out on the basis of the relationship between the preservation of forest stands and their display on aerospace images. The methodology is based on the position that objects of remote optical shooting with an acceptable resolution are objectively reflected in the image. The technique is based on geoinformation analysis and decoding of such images with the identification of spatial characteristics of the preservation of plantings of various types located on the study area. To carry out the study, archival ultra-high-resolution images of the ESRI WorldView 3 satellite were used. **Results and conclusions.** To perform the analysis of protective forest stands in the studied area of the Tsutskan River catchment, an indicator of the degree of protective forest cover was calculated, which is 0.36% less than the calculated indicator of optimal forest cover for the research area, which is 2.2%. The interpretation of the studied territory showed that the current state of protective forest stands has a high degree of preservation, but in order for them to fully perform the functions of protecting agricultural landscapes, it is necessary to carry out systematic forest reclamation of agricultural lands, taking into account the optimal placement of plantings according to the criterion of preventing soil degradation.

Keywords: *catchment area, satellite images, relief, protective forest stands, preservation, forest cover, placement.*

Citation. Sinelnikova K.P. Analysis of protective forest stands on the territory of the Don ridge using GIS technologies and aerospace data. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 299-305 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-34.

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

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

УДК 528.7:551.43:631.459

**АНАЛИЗ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ
ДОНСКОЙ ГРЯДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ И АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ****К. П. Синельникова, младший научный сотрудник***ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград*

Дата поступления в редакцию 28.02.2023

Дата принятия к печати 04.05.2023

**Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН
FNFE 2022-0003 (гос. регистрация № 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»**

Актуальность. Территория Донской гряды характеризуется активным использованием для ведения сельскохозяйственной деятельности и наличием плоских обширных водоразделов, которые подвержены влиянию неблагоприятных условий. Защитные лесные насаждения являются основной частью в системе мероприятий по борьбе с деградацией почв. Защитные лесные насаждения формируют благоприятные условия для увеличения продуктивности земли, возрастает эффективность удобрений и повышается качество зерна. **Объект исследования.** Защитные лесные насаждения на территории Донской гряды. **Материалы и методы.** Анализ современного состояния защитных лесных насаждений проводился на основе взаимосвязи сохранности лесных насаждений с их отображением на аэрокосмоснимках. Методология базируется на положении о том, что объекты дистанционной оптической съемки с приемлемым разрешением объективно отражаются на снимке. Методика основана на геоинформационном анализе и дешифрировании таких снимков с выявлением пространственных характеристик сохранности насаждений различного типа, размещенных на территории исследования. Для выполнения исследования использовались архивные снимки сверхвысокого разрешения спутника WorldView 3 сервиса ESRI. **Результаты и выводы.** В ходе выполнения анализа защитных лесных насаждений на исследуемой территории водосбора реки Цуцкан был рассчитан показатель степени защитной лесистости, который на 0,36 % меньше от расчетного показателя оптимальной лесистости для территории исследований, равного 2,2 %. Дешифрирование исследуемой территории показало, что современное состояние защитных лесных насаждений имеет высокую степень сохранности, но для полного выполнения ими функций защиты агроландшафтов необходимо проводить системную лесомелиорацию сельскохозяйственных угодий с учетом оптимального размещения насаждений по критерию предотвращения деградации почв.

Ключевые слова: водосборы, космоснимки, защитные лесные насаждения, лесистость насаждений, размещение насаждений.

Цитирование. Синельникова К. П. Анализ защитных лесных насаждений на территории Донской гряды с использованием ГИС-технологий и аэрокосмических данных. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 299-305. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-34.

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

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Волгоградская область является одним из ведущих регионов по производству сельскохозяйственных культур. По данным о деятельности комитета сельского хозяйства Волгоградской области было выявлено, что общая посевная площадь

на 2021 год составила 3077,1 га. На территории региона в одном городском округе и десяти районах неиспользуемые сельскохозяйственные угодья практически отсутствуют [1]. Защитные лесные насаждения служат для сохранения сельскохозяйственных угодий от неблагоприятных природных и антропогенных воздействий. Наличие ЗЛН на агроландшафте способствует увеличению урожайности сельскохозяйственных культур [9, 10]. Для того чтобы защитные лесные насаждения выполняли свои проектные функции, необходимо проводить оценку их современного состояния. Использование геоинформационной системы и данных ДЗЗ повышает эффективность мониторинга ЗЛН.

Цель исследования заключается в определении современного состояния и пространственного размещения защитных лесных насаждений (ЗЛН).

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- определить оптимальный показатель защитной лесистости;
- определить степень существующей защитной лесистости;
- оценить современную сохранность защитных лесных насаждений.

Объект исследования – защитные лесные насаждения водосбора реки Цуцкан, расположенные в Серафимовичском районе Волгоградской области. Общая площадь водосбора – 96 428,5 га.

В границах исследуемого водосбора на обрабатываемых землях в настоящее время сохранилась система защитных лесных насаждений.

Материалы и методы. Исследование выполнялось в камеральных и полевых условиях в лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФГНБУ ФНЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН.

Методика проводимого исследования основана на применении дешифрирования и анализа данных дистанционного зондирования Земли в геоинформационной системе и разработке на их основе аналитических карт.

Для определения современного состояния защитных лесных насаждений использовались спутниковые снимки сверхвысокого разрешения, полученные с сервиса ESRI. Привязка снимков осуществлялась по базовой карте Google в бесплатной географической информационной системе QGIS 3.26. На основе полученных снимков создается картографический векторный слой в проекции UTM и в системе координат WGS 84, который позволяет определить характеристики существующей и проектной площади защитных лесных насаждений. На основе созданного векторного слоя по величине фототона определяются границы существующих деревьев. С использованием инструмента «Калькулятор полей» рассчитываются площади полигонов, а в программе Excel проводится расчет сохранности защитных лесных насаждений исследуемой территории. Сохранность ЗЛН определялась по следующим значениям: $\leq 0,50$ – очень низкая; 0,50-0,70 – низкая; 0,71-0,80 – высокая; 0,81-1,00 – очень высокая [3, 7, 11, 13, 14]. По спутниковым снимкам высокого пространственного разрешения Sentinel-2, которые были получены с сервиса Earth Explorer [15], в комбинации естественных цветов проводилась векторизация сельскохозяйственных угодий с последующим расчетом параметров.

Определение оптимального показателя защитной лесистости проводилось по сетке, соответствующей рекомендуемым параметрам размещения полевых и противоэрозионных насаждений в агроландшафтах. Конструкция и параметры ЗЛН выбирались с учётом типа почвы и крутизны рельефа (Справочник агролесомелиоратора, 1984). Определение крутизны склонов на обрабатываемых полях выполнялось на основе данных SRTM 1 Arc-Second Global, полученных с сайта геологической службы США

[2, 8]. Для определения оптимального показателя защитной лесистости исследуемой территории использовалась формула с учетом размеров территории, количества полей, параметров лесонасаждений для данного типа почв [12]:

$$S_{\text{опт}} = \frac{[(B/l+1)Na] + [(H/c+1)Bb]}{10000}, \quad (1)$$

где $S_{\text{опт}}$ – оптимальная площадь защитной лесистости, га; B – продольная длина участка пашни, м; l – длина продольной лесной полосы, м; H – поперечная длина участка пашни, м; a – ширина продольной лесной полосы, м; c – длина поперечной лесной полосы, м; b – ширина поперечной лесной полосы, м.

Степень защитной лесистости территории определялась по формуле, разработанной В. М. Ивониным [6]:

$$S_{\text{ЗЛ}} = \frac{S_{\text{ЗЛН}}}{S_{\text{об}}} * 100\%, \quad (2)$$

где $S_{\text{ЗЛН}}$ – площадь ЗЛН, га; $S_{\text{об}}$ – общая площадь территории, га.

Результаты и обсуждение. Дешифрирование территории показало, что на участке размещена 661 защитная лесная полоса, проектная площадь которой составляет 2762,9 га. Из них 50 лесных полос площадью 707,3 га занимают защитные лесные насаждения, которые относятся к государственным защитным лесным полосам. Для анализа современного состояния защитных лесных полос и определения существующей защитной лесистости территории площадь ГЗЛП исключалась, так как ее характеристики (ширина их кулис варьируется от 60 до 100 метров) отличаются от характеристик защитных лесных насаждений всего водосбора, для которого проводились исследования [4, 5]. На рисунке 1 показано расположение защитных лесных насаждений и сельскохозяйственных угодий исследуемой территории водосбора реки Цуцкан.



Рисунок 1 – Обзорная космокарта расположения объекта исследования

Figure 1 – Overview space map of the location of the object of study

Анализ почвенной карты Волгоградской области (М 1 : 400 000) позволил сделать вывод о том, что водосбор расположен преимущественно на тёмно-каштановых почвах с разной степенью эрозионной деградации. На первом этапе с учетом преобладающего направления ветров, а именно юго-западного, установленной крутизны на каждом поле разрабатывается эскиз идеального расположения защитных лесных насаждений на территории исследования. После чего выделяются необрабатываемые участки (балки, овраги и др.), по контурам которых убираются участки оптимальной сетки.

В результате разработки эскиза по формуле 1 была рассчитана оптимальная площадь защитной лесистости, которая равна 2135,4 га. По формуле 2 определили оптимальный показатель защитной лесистости исследуемой территории, который равен 2,2 %. После определения оптимальных показателей была рассчитана существующая степень защитной лесистости исследуемого водосбора реки Цуцкан, которая равна 1,84 %, что показало необходимость дополнительной лесомелиорации.

Дешифрирование космоснимков показало, что на территории водосбора реки Цуцкан проектная площадь защитных лесных насаждений равна 2763,9 га. С помощью геоинформационной системы проектные площади ЗЛН были классифицированы по уровням сохранности. Установлено, что в настоящее время около 60 % от количества ЗЛН имеют очень высокую сохранность. Общая площадь сохранившихся защитных лесных насаждений равна 1777,7 га. Стоит отметить, что они имеют разные степени сохранности. Основываясь на анализе разработанной карты сохранности защитных лесных насаждений (рисунок 2), выявили, что 70 защитных лесных насаждений имеют очень низкую степень сохранности или выпали полностью. Низкую сохранность имеют 110 защитных лесных насаждений, и 85 насаждений имеют высокую степень сохранности.

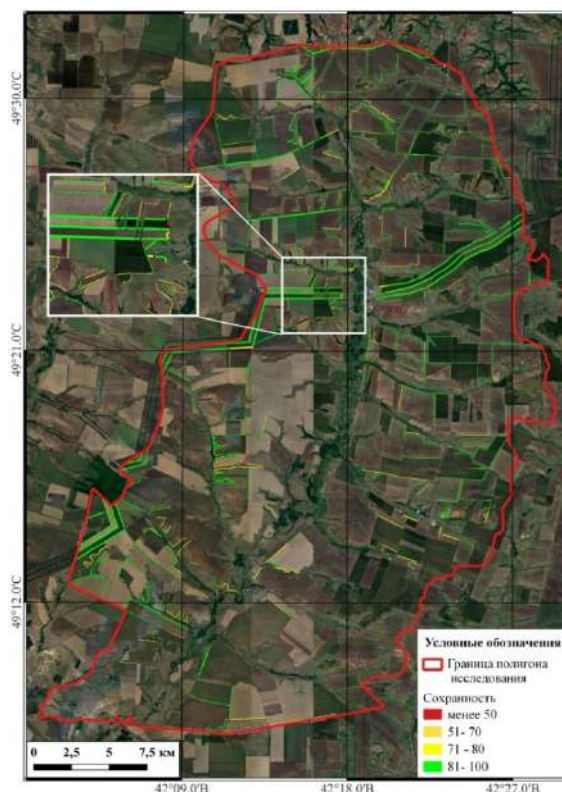


Рисунок 2 – Космокарта сохранности зеленых лесных насаждений на территории исследования

Figure 2 – Space map of the preservation of green forest plantations in the study area

Полевой анализ насаждений подтвердил результаты проведенного исследования в камеральных условиях. На рисунке 3 продемонстрирована четырехрядная защитная лесополоса, которая состоит из двух ярусов. В первом ярусе – Груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.), Клён ясенелистный (*Acer negundo* L.), во втором ярусе расположен на опушке полосы Жостер (*Rhamnus*). Расстояние между рядами 3 м. Состояние насаждений хорошее, но в лесополосе зафиксированы усохшие деревья.



Рисунок 3 – Фрагмент исследуемой защитной лесополосы

Figure 3 – Fragment of the studied protective forest belt

В результате анализа сохранности защитных лесных насаждений можно сделать вывод, что ЗЛН водосбора реки Цуцкан в настоящее время имеют высокую степень сохранности и выполняет свои защитные функции в зоне влияния, однако вне зоны влияния поля не защищены от деградации.

Выводы. Анализ пространственного размещения и сохранности защитных лесных насаждений на территории Донской гряды с использованием ГИС-технологий и аэрокосмических данных показал, что на тестовом полигоне размещена 661 защитная лесная полоса, проектная площадь которой составляет 2762,9 га. Государственной защитной лесной полосой «Пенза – Каменск», состоящей из 50 участков, занято 707,3 га. Территория тестового участка активно используется под выращивание сельскохозяйственной продукции, установлено, что 70 (11,5 %) лесных полос имеют очень низкую степень сохранности или выпали полностью. Низкую сохранность имеют 110 полос (18 %) и 85 (13,9 %) насаждений имеют высокую степень сохранности, 346 (56,6 %) лесных полос имеют очень высокую степень сохранности. Необходимо отметить, что полезащитные и противоэрозионные функции они выполняют только в зоне влияния, а сельскохозяйственные угодья, находящиеся вне зоны влияния, подвержены риску деградации при воздействии неблагоприятных факторов (сток, ветер). При этом важно учитывать, что существующая степень защитной лесистости исследуемой территории составляет 1,84 %, а оптимальная в существующих условиях функционирования агроландшафта должна быть 2,2 %. Установленная степень защитной лесистости показывает, что исследуемая территория водосбора реки Цуцкан нуждается в разработке системной лесомелиорации сельскохозяйственных угодий с учетом оптимального размещения насаждений по критерию предотвращения деградации почв как от дефляции, так и от водной эрозии.

Библиографический список

1. Администрация Волгоградской области: <https://ksh.volgograd.ru>. Волгоград. <https://ksh.volgograd.ru/current-activity/reports/>.
2. Балынова В. В. Геоинформационный анализ параметров сохранности защитных лесных насаждений Котельниковского района Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2022. № 4 (119). С. 66-71.
3. Вогель Д. К., Юферев В. Г. Оценка лесных насаждений Волго-Ахтубинской поймы на основе фотограмметрической обработки данных цифровой аэросъемки // Известия Нижне-волжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 203-209.
4. Выприцкий А. А. Сравнительный анализ сохранности водораздельных государственных защитных лесных полос Волгоградской области по данным Sentinel-2 NDVI и информационных продуктов типов земного покрова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 1. С. 458-470.
5. 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.
6. Ивонин В. М. Лесомелиорация ландшафтов. Лесные насаждения для улучшения функционирования, сохранения и рекультивации природно-антропогенных ландшафтов: учебник. Новочеркасск: ООО "Лик", 2018. 206 с.
7. Кулик К. Н., Кошелев А. В. Методическая основа агролесомелиоративной оценки защитных лесных насаждений по данным дистанционного мониторинга / К. Н. Кулик, А. В. Кошелев // Лесотехнический журнал. 2017. Т. 7. № 3 (27). С. 107-114.
8. Мелихова А. В. Пространственный анализ защитных лесных насаждений северной части Ергенинской возвышенности // Научно-агрономический журнал. 2022. № 3 (118). С. 43-48.
9. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года / К. Н. Кулик, А. Т. Барабанов, Ю. М. Жданов [и др.]. Волгоград: ФНИЦ агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, 2017. 39 с.
10. 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.
11. Юферев В. Г. Оценка деградации полезащитных лесных насаждений по материалам космосъемки // Научно-агрономический журнал. 2018. № 1 (102). С. 23-25.
12. Юферев В. Г., Дорохина З. П. Оценка структуры защитных лесных насаждений на орошаемых землях Сарпинской низменности // Лесное хозяйство. 2009. № 3. С. 23-24.
13. Analysis of the state of forest lands on Sakhalin Island / V. A. Melkiy, A. A. Verkhoturov, R. N. Sabirov, V. V. Bratkov // VestnikSevero-Vostochnogo federal'nogo universiteta im M K Ammosova. Seriya: Nauki o Zemle. 2019. No 2 (14). P. 68-73.
14. Sabirov R. N., Melkiy V. A., Verkhoturov A. A. Analysis transformation of forests of the Southern Sakhalin by remote sensing data using geoinformation technologies // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Saint Petersburg, Virtual, 2021. P. 012027.
15. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System / E. A. Loupian [et al.] // Remote Sensing. 2022. Vol. 14. №. 1. P. 77.

Информация об авторе:

Синельникова Ксения Павловна, младший научный сотрудник лаборатории геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов ФНИЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, 97), E-mail: sinelnikova-k@vfanc.ru, ORCID: 0000-0003-0778-1762.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIGITAL MODELS OF THE RELIEF OF THE DRAINAGE COLLECTION OF THE DONSKAYA TSARITSA RIVER

M. O. Shatrovskaya¹, N. O. Shatrovsky²

¹*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Centre of Agro-ecology,
Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences», Volgograd*

²*Volgograd State University, Volgograd*

Received 10.04.2023

Submitted 15.05.2023

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

Summary

The article presents the results of modeling the watershed of the Donskaya Tsaritsa River according to SRTM and ASTERGDEM data. A comparative analysis of the obtained digital models is carried out.

Abstract

Introduction. With the development of cartography and the emergence of new methods of satellite observation of the Earth's surface, it has become much easier to present spatial data accumulated in information systems over a long period of time. Processing of remote sensing data makes it possible to monitor natural phenomena and changes taking place in geosystems in real time, which in turn makes it possible to prevent negative processes caused by both natural and anthropogenic causes. With the help of a digital elevation model it is possible to study hydrological indicators, which is extremely useful for spatial modeling of the relief and the processes taking place in the field. But to achieve high accuracy in the conducted research, it is important to choose a digital terrain model, which would be the most adequate and informative. **Object.** The object of the study was the Donskaya Tsaritsa River located in Svetloyarsky and Kalachovsky districts of Volgograd Region, which is the left tributary of the Don River. Don flowing into the Tsimlyanskoye water reservoir. **Materials and methods.** The study of the nature of the formation of the surface flow of the Donskaya Tsaritsa River, its area and direction was carried out through the use of modern and accessible tools used in mapping and modeling. This paper presents the modeling of the river relief catchment, performed in two variants using SRTM-1 and ASTERGDEM data in the geoinformation systems QGIS and ArcGIS. Use in modeling of geoinformation technologies allows to define a number of indicators of flow, and also to carry out measurements of the basic characteristics of a relief of catchment of the river. **Results and conclusion.** The study resulted in the creation of three paired maps of the Donskaya Tsaritsa River watershed based on a digital elevation model (based on SRTM and ASTERGDEM data): a relief map; a catchment area map of small watercourses; a watercourse identification map (with fill). The comparative analysis of the obtained digital models by such parameters as: watershed area; the lowest and the highest height above sea level within the watershed; height difference and character of the watershed area borders; the number of watershed areas was carried out in the work. The executed comparative analysis of digital models of the river watershed relief has revealed the necessity of verification of research results by means of field measurements as the data verification acquires special importance in conditions of the automated data processing in geoinformation systems.

Key words: digital elevation model, river catchment, catchment areas, watercourses.

Citation. Shatrovskaya M.O., Shatrovsky N.O. Comparative analysis of digital relief models of the relief of the drainage collection of the Donskaya Tsaritsa River. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 306-315 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-35.

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

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

УДК 551.4.013

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА
ВОДОСБОРА РЕКИ ДОНСКАЯ ЦАРИЦА****М. О. Шатровская¹**, младший научный сотрудник**Н. О. Шатровский²**¹ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций
и защитного лесоразведения Российской академии наук», г. Волгоград²Волгоградский государственный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.04.2023

Дата принятия к печати 15.05.2023

**Исследование выполнено по государственному заданию № 122020100312-0
«Теория и принципы формирования адаптивных агролесомелиоративных комплексов сухо-
степной зоны юга РФ в контексте климатических изменений» для ФНЦ агроэкологии,
комплексной мелиорации и защитного лесоразведения РАН**

Актуальность. С развитием картографии и появлением новых методов спутникового наблюдения за поверхностью Земли представлять пространственные данные, накопленные в информационных системах в течение длительного времени, стало значительно проще. Обработка данных дистанционного зондирования Земли позволяет в настоящее время отслеживать природные явления и изменения, происходящие в геосистемах, что в свою очередь дает возможность предотвратить негативные процессы, вызванные как природными, так и антропогенными причинами. С помощью цифровой модели рельефа можно изучить гидрологические показатели, что является крайне полезным при пространственном моделировании рельефа и происходящих на местности процессов. Но для достижения высокой точности в проводимых исследованиях важно выбрать цифровую модель рельефа, которая была бы наиболее адекватна и информативна. **Объект.** Объектом исследования была р. Донская Царица, расположенная в Светлоярском и Калачевском районах Волгоградской области и являющаяся левым притоком р. Дон, впадающим в Цимлянское водохранилище. **Материалы и методы.** Изучение характера формирования поверхностного стока реки Донская Царица, его площади и направления осуществлялось посредством применения современных и доступных инструментов, используемых в картографии и моделировании. В данной работе представлено моделирование водосбора рельефа реки, выполненное в двух вариантах по данным SRTM-1 и ASTERDEM в геоинформационных системах QGIS и ArcGIS. Использование в моделировании геоинформационных технологий позволяет определить ряд показателей стока, а также провести измерения основных характеристик рельефа водосбора реки. **Результаты и выводы.** Результатом исследования стало создание на основе цифровой модели рельефа (по данным SRTM и ASTERDEM) трех парных карт водосбора реки Донская Царица: карта рельефа; карта водосборных областей малых водотоков; карта идентификации водотоков (с заполнением). В работе проведен сравнительный анализ полученных цифровых моделей, по таким параметрам, как площадь водосбора; наименьшая и наибольшая высота над уровнем моря в пределах водосбора; перепад высот и характер границ водосборной области; количество водосборных областей. Выполненный сравнительный анализ цифровых моделей рельефа водосбора реки выявил необходимость проверки результатов исследования посредством полевых измерений, поскольку особую важность верификация данных приобретает именно в условиях автоматизированной обработки данных в геоинформационных системах.

Ключевые слова: ЦМР, водосборы рек, водосборные области, водотоки.

Цитирование. Шатровская М. О., Шатровский Н. О. Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа водосбора реки Донская Царица. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 306-315. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-35.

Авторский вклад. Авторы этого исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе этого исследования. Авторы данной статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Цифровая модель рельефа (ЦМР) – это цифровая база данных, представляющих собой непрерывную топографическую поверхность рельефа через ряд ячеек и получаемую из источников космической и наземной съемки [2]. Моделирование рельефа является одной из важнейших функций геоинформационных систем (ГИС) [11].

Анализ ЦМР – необходимый и основной этап при изучении вопросов формирования и характера поверхностного стока [8, 9]. Крайне важно, чтобы ЦМР имела высокую точность и была верифицирована, поскольку от этого зависит вычисление многих гидрологических параметров реки [15].

Для достижения наибольшей точности исследования необходимо определить-ся с той цифровой моделью, которая представляла бы наиболее детальную картину. Существует большое количество ЦМР, различающихся по качеству отображения и пространственному разрешению тайлов. Проблема выбора цифровой модели является актуальной и обусловлена тем, что моделирование водосбора реки до недавнего времени основывалось на классических методах изучения, когда процесс описания геоморфологии осуществлялся лишь после проведения длительной и трудоемкой топографической съемки местности. В XXI веке стало активно набирать популярность использование современных инструментов моделирования. В настоящее время ГИС-технологии позволяют получать данные о рельефе с любого участка поверхности Земли посредством спутниковой съемки местности [4]. Развитие цифровых технологий способствовало совершенствованию космических снимков в различных отраслях народного хозяйства до уровня аэрофотоснимков с точки зрения спецификации объектов [3, 7]. Космоснимки обладают высоким разрешением и уровнем детализации объектов, что дает им возможность конкурировать с аэро-снимками. Но стоит заметить, что при этом не существует ни одной модели, отражающей точную форму всех неровностей земной поверхности [16].

Множество ГИС-программ поддерживает работу с ЦМР. Наиболее удобны и просты в использовании свободные десктопные программы QGIS и ArcGIS [1, 14]. Преимущество данных программ состоит в бесплатном характере использования и наличии дополнительных модулей для работы цифровыми моделями рельефа.

Моделирование поверхностного стока изучается научным сообществом довольно давно, работы многих ученых посвящены вопросу формирования, характеру и закономерностям поверхностного стока [10]. Развитие цифровых технологий способствовало совершенствованию информационной базы. Теперь космоснимки можно получать практически в любое время года, что позволяет вести непрерывный мониторинг и контроль.

Цель данной работы заключалась в сравнении результатов гидрологического моделирования с территории водосбора реки Донская Царица. Для выполнения геоинформационного анализа были прежде всего проанализированы основные модели, находящиеся в открытом доступе, и выбраны наиболее подходящие. Сравнительный анализ выполнялся для двух цифровых моделей рельефа SRTM-1 и ASTERGDDEM. Были изучены основные особенности рельефа, определено количество малых водосборных областей и направление стока, выполнена идентификация водотоков. Это позволило выявить некоторое несоответствие в полученных результатах, что дает основание утверждать, что при работе с ЦМР следует использовать как минимум несколько моделей с равными характеристиками и достаточно высокой точностью. Помимо этого, практически всегда необходима проверка данных посредством полевых выездов и экспедиций.

Материалы и методы. Река Донская Царица, берущая начало на западном склоне Ергенинской возвышенности у хутора Северный, является левым притоком реки Дон и впадает в верхний плес Цимлянского водохранилища у посёлка Ляпичев.

Геоинформационное исследование особенностей рельефа водосбора реки Донская Царица и её водотоков выполнено на основе методик, представленных в работах К. Н. Кулика, А. С. Рулева и В. Г. Юферева (Кулик и др., 2009; Юферев и др., 2010; Рулев, 2014).

Сравнительный анализ SRTM-1 и ASTERGDEM был выполнен посредством практического моделирования в ArcGIS и QGIS с предустановленным модулем SWAT. SWAT является открытой моделью, описывающей взаимодействие атмосферных осадков, растительности и почвы [13]. Сложность в использовании SWAT состоит только в предварительной настройке модуля. Основная работа выполнялась инструментами ArcGIS, в то время как QGIS использовался для визуализации и компоновки итогового картографического материала. Все данные дистанционного зондирования Земли, в том числе SRTM-1 от ASTERGDEM, являются моделями поверхности [12, 5]. Пространственное разрешение SRTM-3 соответствует 3 секунде, что равно 30 м, ASTERGDEM имеет аналогичное разрешение в 30 м.

Перед началом работы была выбрана система координат WGS_1984 и проекция UTM_Zone_38N. Первым этапом моделирования стало выделение водосбора реки Донская Царица посредством построения раstra с направлением стока. Этап построения раstra с направлением стока – один из важнейших этапов в моделировании поверхностного стока, который необходим для построения суммарного стока, идентификации водотоков, расчета длины водотоков и т.д.

Важную роль при моделировании водосбора любой реки играет растровая ЦМР [6]. Для решения поставленных задач гидрологического картографирования необходимо было провести подготовительную работу с ЦМР. Для этого для каждой из моделей ЦМР были проведены следующие операции:

- 1) извлечение данных и их последующее объединение;
- 2) устранение артефактов;
- 3) работа с возникшими ошибками, устранение шумов;
- 4) завершающий этап коррекции для целей гидрологического картографирования – заполнение впадин.

SRTM-1 и ASTERGDEM обрабатывались посредством их склеивания с помощью геоинформационных инструментов, а также использовались фильтрационные инструменты в виде заполнения локальных понижений или обычного растрового фильтра. Дальнейшая обработка данных состояла в использовании инструмента «водосборная область», позволяющего выделить водосборные бассейны, относящиеся к бассейну реки Донская Царица на основе данных о направлении стока. В результате использования данного инструмента получают растр с бассейнами водотоков, относящихся к водосбору реки, трансформируемый в векторный полигональный формат. Бассейны, относящиеся к водосбору Донской Царицы, с помощью выборки сохраняются в отдельный полигональный слой. Вырезание раstra ЦМР на основе полученного водосбора реки производится для анализа нужного объекта.

Важным этапом в моделировании поверхностного стока считается анализ рельефа. На данном этапе в системе ГИС была сформирована карта цифровой модели местности в виде псевдоцветного одноканального изображения с дискретной классификацией высот через 20 м. Карта рельефа выполнена в общепринятом цветовом переходе от зеленого к красному. Помимо этого, были созданы изолинии высот с подписями к ним. Моделирование суммарного поверхностного стока позволило выявить направление стока по концентрации ячеек.

Следующим этапом стало моделирование водосборных областей малых водотоков с использованием SRTM-1 и ASTERGDEM. Важно учитывать факт, что при обработке результатов нередко приходится сталкиваться с артефактами или «аномалиями» местности, которые можно незначительно подкорректировать стандартными алгоритмами. Данные ошибки выражаются в аномальных значениях высот, что может быть вызвано высокой постоянной облачностью над исследуемой территорией.

Моделирование водосборных областей, основанное на геоморфометрических переменных, имеет как самостоятельное, так и общее геоэкологическое значение. Это продиктовано важностью обозначения границ водосбора реки для реализации поставленных целей и задач как прикладных исследований, так и исследований фундаментальных [10]. В процессе моделирования ничего не должно препятствовать поверхностному стоку, иначе программа из-за ошибок интерпретации рельефа, разрешения растра или перепроецирования не сможет проанализировать поверхностный сток.

Во многих случаях требуется получить представление о водосборах определенной территории. При этом необходимо учитывать иерархию водотоков и мозаику бассейнов для нескольких уровней в зависимости от масштаба. Очевиден факт того, что водотоки равнинной речной сети коренным образом отличаются от водотоков горных рек. Данное замечание справедливо и для рек различных климатических зон, антропогенно нарушенных и измененных вследствие природных явлений. Таким образом, иерархия водотоков для конкретно выбранной реки всегда исключительна и неповторима, в связи с чем идентификация водотоков должна быть как можно более детальной, что позволит получить наиболее точный результат. Идентификация водотоков реки Донская Царица выполнялась с присвоением водотокам порядкового номера от 1 до 5 в зависимости одной точки слияния до другой точки слияния. Формирование растров водотоков отдельных порядков в единую систему позволило потенциальные водотоки отобразить в общем виде звеньев речной сети. В работе был использован способ присвоения порядка водотокам реки, предложенный А. Стралером (1952) и В. П. Филоффовым (1967). Несомненным преимуществом данного способа в отличие от способа, предложенного Р. Хортоном (1945), является то, что он наиболее объективен и позволяет осуществлять выделение порядков реки одинаково независимо от исполнителя. К тому же данный способ учитывает нарастающую вниз по течению водность рек, что в свою очередь позволяет осуществлять моделирование, учитывая и объединяя воедино различные параметры реки.

Сравнительный анализ ЦМР водосбора реки Донская Царица выполнялся путем сопоставления полученных числовых значений, характеризующих водосбор реки по набору типичных для данного исследования параметров.

Результаты и обсуждение. В результате произведенного моделирования водосбора реки Донская Царица программными комплексами ArcGIS и QGIS по данным SRTM-1 и ASTERGDEM было получено: 2 карты рельефа, 2 карты водосборных областей малых водотоков; 2 карты идентификации водотоков (с заполнением).

По данным SRTM-1 была создана карта рельефа водосбора реки Донская Царица (рисунок 1). Площадь водосбора по результатам выполненного моделирования составила 1563,5 км². Наибольшая высота над уровнем моря в пределах водосбора составила 182 м, а наименьшая – 28 м. Перепад высот составил 154 м.

Аналогичная карта рельефа для водосбора реки Донская Царица была создана по данным ASTERGDEM (рисунок 2). В результате моделирования площадь водосбора составила 1560,6 км². Наибольшая высота над уровнем моря в пределах водосбора составила 196 м, а наименьшая высота – 20 м, с перепадом высот в 176 м.

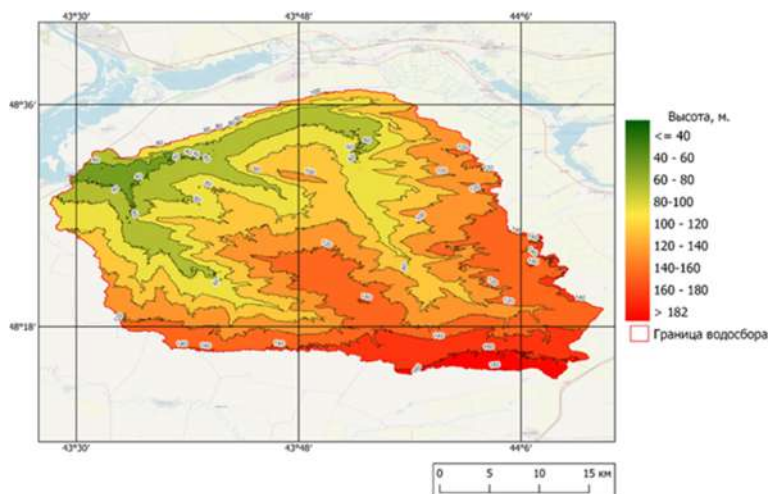


Рисунок 1 – Карта рельефа водосбора реки Донская Царица по данным SRTM-1

Figure 1 – Relief map of the catchment area of the Donskaya Tsaritsa River according to SRTM-1 data

В целом визуально карта рельефа водосбора реки Донская Царица, выполненная по данным ASTERGDEM, выглядит более детализировано в сравнении с картой, составленной по данным SRTM-1. Несмотря на это, стоит сказать о том, что велика вероятность того, что обе модели в разных пределах способны завышать полученные результаты, при этом усредненные значения в пределах большинства участков изучаемого объекта не имеют значительных различий.

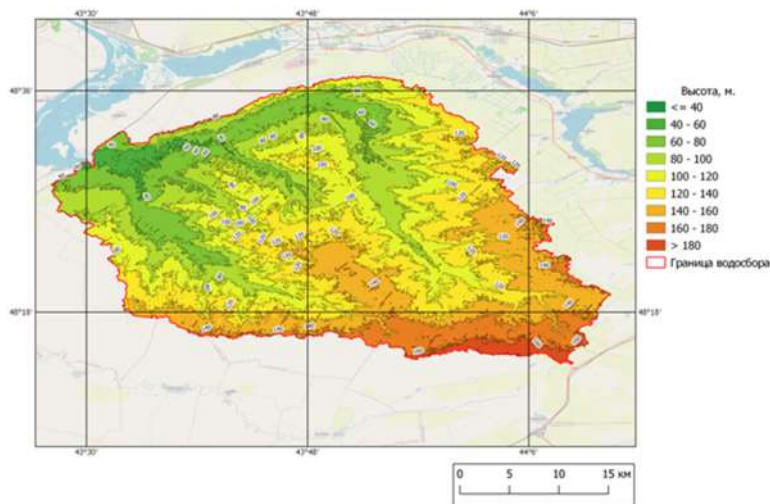


Рисунок 2 – Карта рельефа водосбора реки Донская Царица по данным ASTERGDEM

Figure 2 – Relief map of the catchment area of the Donskaya Tsaritsa River according to ASTERGDEM data

Дальнейшее гидрологическое моделирование состояло в построении карт водосборных областей малых водотоков. Водосборной областью принято обозначать систему, в которую под действием движущих сил по закону гравитации стекают все водные массы, попадающие на поверхность земли в виде осадков.

Таким образом, очевидно, что водосборная область представляет собой уклон местности без препятствий, способных остановить поток до точки конечного стока. ЦМР зачастую имеют определенные ошибки, аномалии и артефакты. Такие ошибки

нелегко идентифицировать при визуальном осмотре, поскольку они расположены в небольшом количестве ячеек, в этом случае перед моделированием и последующим анализом полученных карт обязательно идет этап коррекции. После всех необходимых действий были получены карты водосборов мелких водотоков реки Донская Царица по данным SRTM-1 (рисунок 3) и ASTERGDEM (рисунок 4).

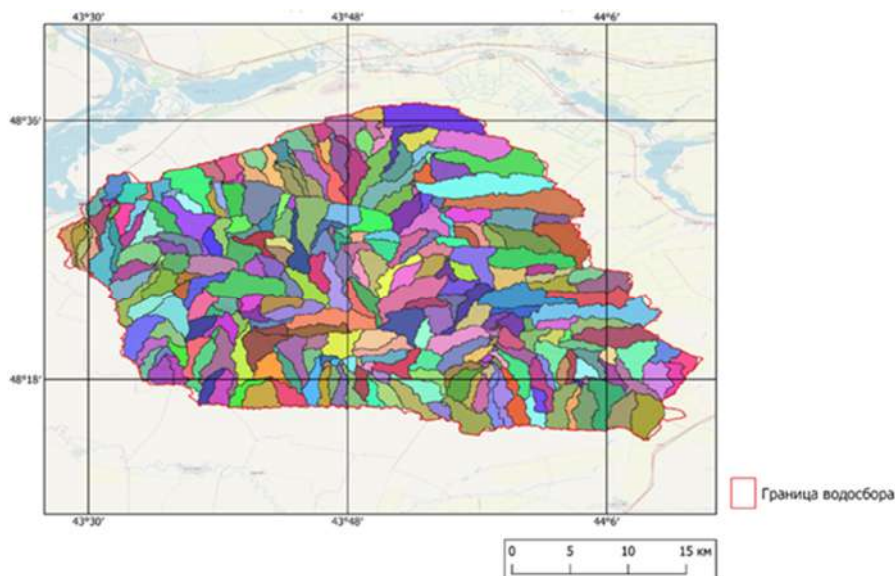


Рисунок 3 – Водосборные области водосбора р. Донская Царица по данным SRTM-1

Figure 3 – Drainage areas of the catchment area of the river. Donskaya Tsaritsa according to SRTM-1

В результате построения карты водосборных областей малых водотоков реки Донская Царица по данным SRTM-1 выявлено было 379 водосборных областей, а по данным ASTERGDEM – 463 водосборные области. Справедливо будет заметить, что чем больше количество водосборов, тем детальнее будет их разграничение.

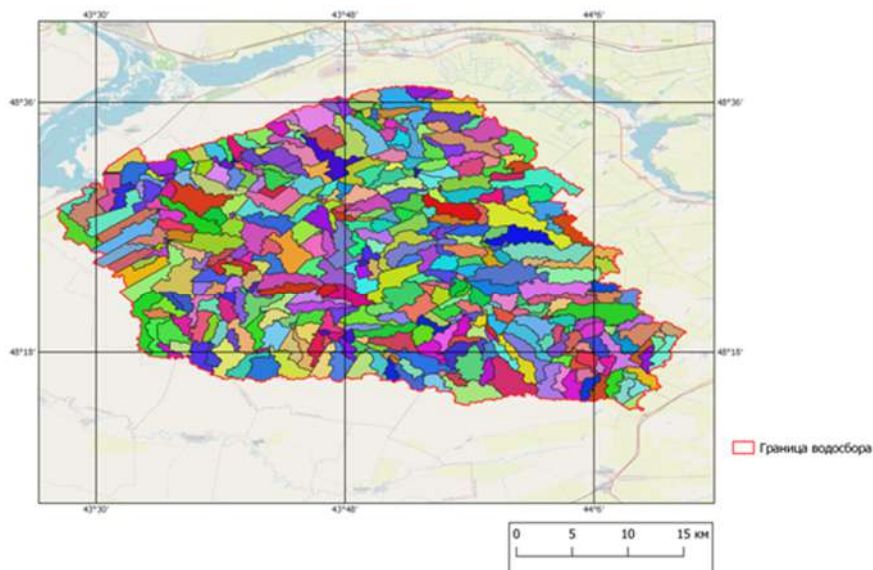


Рисунок 4 – Водосборные области водосбора р. Донская Царица по данным ASTERGDEM

Figure 4 – Drainage areas of the catchment area of the river. Donskaya Tsaritsa according to ASTERGDEM

Заключительным этапом стали идентификация и построение водотоков посредством автоматизированной генерации водотоков в программе ArcGIS. Для генерации водотоков использовались стандартные функции гидрологического моделирования модуля Spatial Analyst. Далее выполнялся расчет порядков водотоков. После выполненной идентификации водотоков был выполнен перевод в векторную графику. В результате была получена карта идентификации водотоков водосбора реки Донская Царица по данным SRTM-1 (рисунок 5) и ASTERGDEM (рисунок 6). В таблице 1 представлены данные по количеству водотоков для каждого из порядков по данным SRTM-1 и ASTER.

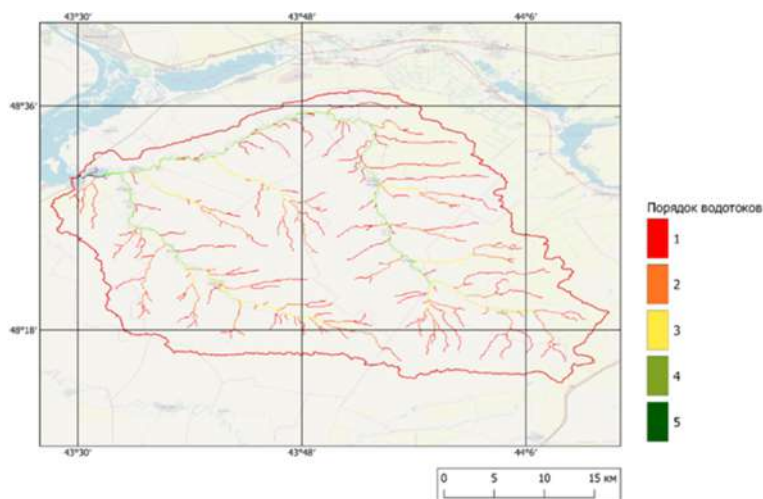


Рисунок 5 – Карта водотоков бассейна р. Донская Царица по данным SRTM-1

Figure 5 – Map of the watercourses of the river basin. Donskaya Tsaritsa according to SRTM-1

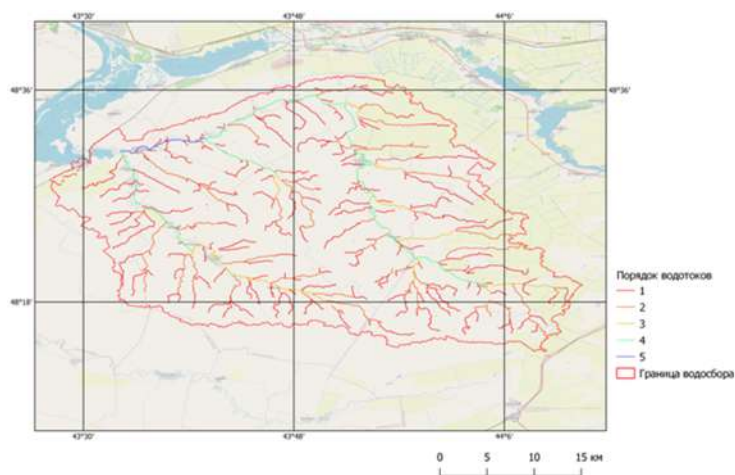


Рисунок 6 – Карта водотоков бассейна р. Донская Царица ASTERGDEM

Figure 6 – Map of the watercourses of the river basin. Donskaya Tsaritsa ASTERGDEM

Таблица 1 – Количество водотоков по данным SRTM-1и ASTERGDEM

Table 1 – Number of streams according to SRTM-1 and ASTERGDEM data

Модель Model	Водотоки / Watercourses					
	1 порядка 1 order	2 порядка 2 order	3 порядка 3 order	4 порядка 4 order	5 порядка 5 order	Всего Total
SRTM-1	148	34	8	2	1	193
ASTERGDEM	181	38	11	2	1	233

Иерархия речной сети водотоков, состоящая из множества притоков, создается благодаря упорядочиванию потоков. Полученная в ходе построения карты водотоков совокупность линий образует речную сеть. Уровень детальности данной сети находится в зависимости от порога значений аккумуляции. Чем выше порог, тем меньше линий стока, и полученная карта имеет меньше деталей. Справедливо тогда, что, чем больше линий стока будет получено, тем детальнее будет итоговая карта. Но чем больше линий стока, тем выше вероятность ошибки, и в итоге могут проявиться незначительные по размерам водотоки, которых в реальности нет [12].

Выводы. В данной работе был выполнен сравнительный анализ ЦМР по данным SRTM-1 и ASTERGDEM. Проанализированы и сопоставлены карты рельефа, водосборных областей и водотоков. Так, согласно SRTM-1, результаты всегда получались недостаточно детальными. Очевидно превосходство ASTERGDEM, поскольку при работе с этой ЦМР было выявлено больше водосборных областей и водотоков. Тем не менее велика вероятность получения и значительного количества мелких ошибок при большем количестве данных, в связи с чем присутствует острая необходимость в верификации результатов исследования посредством полевых измерений.

Одной из сложнейших задач гидрологического моделирования является недостаток или полное отсутствие натурных наблюдений и данных. Нельзя не учитывать наличия всевозможных артефактов и аномалий ЦМР, вызванных изменчивостью гидрологических параметров водосборных областей под действием естественных и антропогенных факторов, влияние природных явлений, биотических и абиотических факторов. Все это диктует жесткие требования к создаваемым моделям. Именно по этой причине в настоящее время далеко не все ЦМР подходят для решения задач в области гидрологического моделирования и нуждаются в обязательной геоинформационной обработке. Для решения научных и производственных задач необходимо использовать только проверенные и проанализированные ЦМР. Использование таких моделей позволяет проводить точные модельные расчеты по известным параметрам, минимизируя риск ошибок и погрешностей.

Библиографический список

1. Динамика площадей водохранилищ полуострова Крым / С. С. Шинкаренко, Д. А. Солодовников, С. А. Барталев, А. А. Васильченко, А. А. Выприцкий // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 5. С. 226-241.
2. Жидкин А. П., Голосов В. Н., Добрянский А. С. Оценка применимости цифровых моделей рельефа для моделирования эрозии почв (на примере малого водосбора в Курской области) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2021. Т. 18. № 5. С. 133-144.
3. Жирин В. М., Князева С. В., Эйшлина С. П. Оценка биометрических параметров насаждений по изображениям межкрупного пространства на космических снимках сверхвысокого разрешения // Лесоведение. 2018. № 3. С. 163-177.
4. Изменения темпов смыва почвы в речных бассейнах южного мегасклона европейской части России за последние 30 лет / К. А. Мальцев, М. А. Иванов, А. Г. Шарифуллин, В. Н. Голосов // Почвоведение. 2019. № 6. С. 755-766.
5. Иванов М. А., Ермолаев О. П. Геоморфометрический анализ бассейновых геосистем Приволжского федерального округа по данным SRTM и ASTERGDEM GDEM // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 2. С. 98-109.
6. Козуб Ю. И. Повышение точности цифровой модели рельефа для целей ландшафтного картографирования на территорию Республики Дагестан // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. 2018. Т. 12. № 3. С. 96-102.
7. Кошелев А. В., Шатровская М. О. Агролесомелиоративная оценка защитных лесных насаждений с применением дистанционных данных и геоинформационных технологий // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Т. 28. № 2. С. 871-884.

8. Кошель С. М., Энтин А. Л. Вычисление площади водосбора по цифровым моделям рельефа на основе построения линий тока // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 3. С. 42-50.

9. Литинский Е. И., Макаренко А. А., Масленников С. А. Методика обоснования рационального способа комплексного применения космических систем картографирования и наблюдения для построения цифровой модели рельефа // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2020. № 675. С. 139-149.

10. Мальцев К. А., Голосов В. Н., Гафуров А. М. Цифровые модели рельефа и их использование в расчётах темпов смыва почв на пахотных землях // Ученые записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2018. Т. 160. № 3. С. 514-530.

11. Надёжность цифровой модели рельефа Архангельской области для проведения геоэкологических исследований / А. Л. Минеев, Е. В. Полякова, Ю. Г. Кутинов, З. Б. Чистова // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 4. С. 58-70.

12. Рязанов С. С., Кулагина В. И. Сравнительная оценка вертикальной точности цифровых моделей высот SRTM, ALOS WORLD 3D, ASTERGDEM GDEM и MERIT DEM на примере лесной и пойменной зон национального парка "Нижняя Кама" // Геосферные исследования. 2022. № 1. С. 107-117.

13. Цифровое почвенное картографирование для целей гидрологического моделирования на примере экспериментальных водосборов (юг Приморского края) / А. Н. Бугаец, Н. Ф. Пшеничникова, А. А. Терешкина, С. Ю. Лупаков, Б. И. Гарцман, В. В. Шамов, Л. В. Гончуков, О. М. Голодная, С. М. Краснопеев, Н. К. Кожевникова // Почвоведение. 2021. Т. 55. № 9. С. 1085-1096.

14. Юферов В. Г., Ткаченко Н. А. Картографирование и моделирование агроландшафтов с использованием геоинформационных систем // Научно-агрономический журнал. 2020. № 4 (111). С. 23-28.

15. Elkhachy I. Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTERGDEM Digital Elevation Models: A case study of Najran city, Saudi Arabia // Ain Shams Engineering Journal. 2018. V. 9. № 4. P. 1807-1817.

16. Mouratidis A., Ampatzidis D. European digital elevation model validation against extensive global navigation satellite systems data and comparison with SRTM DEM and ASTERGDEM GDEM in Central Macedonia (Greece) // ISPRS International Journal of Geo-Information. 2019. Vol. 8. № 3. P. 108.

Информация об авторах

Шатровская Мария Олеговна, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНИЦ агроэкологии РАН, Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3202-4184>, e-mail: shatrovskayam@vfanc.ru

Шатровский Николай Олегович, студент Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет» (ВолГУ), 400062, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 100; e-mail: stefan1911867@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-36

COMPARISON OF SOYBEAN PRODUCTIVITY WITH DRIP AND SUBSURFACE IRRIGATION ON RICE SOILS

A. Almatar^{1,2}, Y. V. Kuznetsov¹, A. E. Khadzhidi¹

¹ Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, Krasnodar

² Aleppo and Euphrates University, Aleppo, Al-Hasakah, Syria

Received 17.03.2023

Submitted 15.05.2023

Summary

Irrigation by traditional methods leads to significant water losses and is considered the main cause of increased waterlogging and salinization of soils, in addition to the negative impact on agricultural productivity. All these reasons have made drip and subsurface irrigation an urgent necessity for ob-

taining high and stable agricultural yields, increasing soil fertility and reducing water losses. To study the effect of water-saving irrigation in special places (lysimeter) at the Botanical Garden of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, a network of drip and subsurface irrigation was equipped and their effect on the yield of soybeans grown on rice soil in extreme weather conditions (high air temperature) was studied. Soil moisture was maintained at the level of 70, 80 and 90% of Lowest Moisture Capacity during the entire phase of soybean growth in a layer of rice soil 0-0.5 m. The results of the experiments showed that subsurface irrigation, while maintaining soil moisture at 80% of Lowest Moisture Capacity, provides the highest and most stable value of soybean yield.

Abstract

Introduction. The aim of the work is to compare the effect of drip and subsurface irrigation on the yield of Arleta soybeans grown on rice soil in extreme weather conditions, at high temperatures and lack of precipitation. **Materials and methods.** The drip and subsurface irrigation network was designed in special places (lysimeter 1.25×2.7×0.7 m) at the Botanical Garden of the Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin, and two rows of soybean bobs with a distance between them of 0.5 m were planted on each lysimeter. **Results and conclusion.** During the period of soybean growth, the moisture content in the effective soil layer was maintained at 70, 80 and 90% of Lowest Moisture Capacity to a soil depth of up to 0.5 m. The experimental results showed that the germination of seeds under drip and subsurface irrigation reached the highest values - 77% and 94%, respectively. While maintaining soil moisture of 80% of Lowest Moisture Capacity, while soybean germination was 69% and 89%, respectively, while maintaining soil moisture 90% of Lowest Moisture Capacity, and 64% by 80%, respectively, while maintaining the moisture content of soil at 70% of Lowest Moisture Capacity. The yield of soybeans during the subsurface irrigation for the irrigation norm of 103, 174 and 220 m³/ha was 1.23, 1.13 and 1.18 times higher, respectively, compared with drip irrigation. The irrigation norm during the drip and subsurface irrigation was 2884, 2523 and 2200 m³/ha, respectively, with the amount of irrigation 28, 14.5, 10 norm 103, 174 and 220 m³/ha, respectively. The coefficient of water consumption of soybeans for irrigation norms of 103, 174, 220 m³/ha during the subsurface irrigation is reduced by 19.1, 11.6 and 15.2%, respectively, compared with drip irrigation. High temperature weather and intense evaporation of water led to a difference in results between drip and subsurface irrigation, which leads to insufficient time for irrigation water to fully reach the roots of the plant.

Key words: soil moisture, rice soil, yield, soybeans, lysimeter, irrigation norm.

Citation. Almatar A., Kuznetsov Y.V., Khadzhiidi A. E. Comparison of soybean productivity with drip and sub-surface irrigation on rice soils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 315-323 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-36.

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

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

УДК 631.674.6

СРАВНЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ СОИ ПРИ КАПЕЛЬНОМ И ВНУТРИПОЧВЕННОМ ОРОШЕНИИ НА РИСОВЫХ ПОЧВАХ

А. Алматар^{1,2}, аспирант

Е. В. Кузнецов¹, доктор технических наук, профессор

А. Е. Хаджииди², доктор технических наук, доцент

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина»,
г. Краснодар

²Алеппо и Евфратский университеты, г. Алеппо, г. Эль-Хасака, Сирия

Дата поступления в редакцию 17.03.2023

Дата принятия к печати 15.05.2023

Актуальность. Проведены исследования по сравнению влияния капельного (КО) и внутрипочвенного орошения (ВПО) на урожайность сои сорта «Арлета», который выращивался на рисовой почве в экстремальных погодных условиях при высоких температурах и недостатке

осадков. **Материалы и методы.** Сеть капельного орошения и внутрипочвенного орошения была спроектирована в специальных местах (лизиметр 1,25×2,7×0,7 м) в ботаническом саду КубГАУ, на каждом лизиметре были посажены два ряда соевых бобов с расстоянием между ними 0,5 м. **Результаты и выводы.** В период роста сои содержание влаги в эффективном слое почвы поддерживалось на уровне 70, 80 и 90 % НВ на глубину почвы до 0,5 м. Результаты экспериментов показали, что всхожесть семян сои при капельном орошении и внутрипочвенном орошении достигла самых высоких значений – 77 % и 94 %, соответственно, при поддержании влажности почвы 80 % НВ, в то время как всхожесть сои составила 69 % и 89 % соответственно при поддержании влажности почвы 90 % НВ, и 64 % на 80 % соответственно при поддержании влажности рисовой почвы на уровне 70 % НВ. Урожайность сои при ВПО для поливной нормы 103, 174 и 220 м³/га была выше в 1,23, 1,13 и 1,18 раза соответственно по сравнению с КО. Оросительная норма при КО и ВПО была 2884, 2523 и 2200 м³/га, соответственно, при количестве поливов 28, 14,5, 10 нормой 103, 174 и 220 м³/га, соответственно. Коэффициент водопотребления сои для поливной нормы 103, 174, 220 м³/га при ВПО уменьшается на 19,1, 11,6 и 15,2 %, соответственно, по сравнению с КО. Высокая температура и интенсивное испарение воды привели к различным результатам между капельным и подпочвенным орошением, которые свидетельствуют о недостатке времени для того, чтобы поливная вода полностью достигала корней растения.

Ключевые слова: *рисовая почва, урожайность сои, лизиметр, орошение сои, водопотребление сои.*

Цитирование. Алматар А., Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е. Сравнение продуктивности сои при капельном и внутрипочвенном орошении на рисовых почвах. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 315-323. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-36.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Получение высокого и стабильного сельскохозяйственного урожая на протяжении многих лет является одним из важнейших требований фермеров во всем мире. Полив растений в период роста является важным фактором получения хорошей сельскохозяйственной продуктивности, а использование современных методов орошения помогает повысить урожайность и снизить потребление воды, что объясняет повышенный интерес к капельному орошению и внутрипочвенному орошению, возросший в последние два десятилетия [1, 2, 6, 8].

Соя имеет большое экономическое значение для использования во многих фармацевтических и пищевых отраслях и как дополнение в комбикормовой промышленности [1-3, 6].

США, Бразилия и Аргентина входят в число ведущих стран по производству сои. Выращивание сои в России за последнее десятилетие заметно увеличилось: так, площадь, засеянная соей в 2017 году, достигла 2,64 млн га, а площадь, занятая соей в Краснодарском крае, составляет 160 тыс. га и продолжает увеличиваться [1-3, 8].

Рост посевных площадей под сою требует поиска новых методов орошения, более эффективных и менее расточительных при использовании водных ресурсов, которые обеспечивали бы надлежащие режимы роста для растений в почве, для увеличения сельскохозяйственного производства сои [3, 9].

Цель исследования. Целью исследования было сравнение урожайности сои, выращенной на рисовой почве пожнивно при капельном и внутрипочвенном орошении в экстремальных погодных условиях высоких температур и отсутствия дождей при различных режимах орошения.

Материалы и методы. Эксперименты были проведены на специальной опытной площадке, подготовленной под лизиметр (1,25×2,7×0,7 м), в КубГАУ в 2021-2022 годах. Для сравнения по продуктивности культуры были приняты сорта сои Арлета при капельном и внутрипочвенном орошении. Почву вспахивали на глубину 10 см, а затем высаживали два ряда сои из расчета 450 тыс. шт./га на расстоянии 50 см друг от друга на глубину 3-5 см от поверхности почвы. Необходимые минеральные удобрения (азот, фосфор, калий) были внесены в соответствии с рассчитанной нормой, эксперименты были идентичны и повторены дважды.

Рисовая почва была привезена из пахотного горизонта с рисового поля, где гумус составлял 3,92 % при плотности 1,2 т/м³ в слое почвы 0-20 см и содержание подвижного фосфора, азота, взаимозаменяемого калия и РН в слое почвы 0-20 см было соответственно: 4,07 мг/100 г, 0,81 мг/100 г, 34,7 мг/100 г и 6,7. В подстиляющем слое почвы 20-50 см при плотности 1,34 т/м³ содержание макроэлементов было соответственно: 4,23 мг/100 г, 0,72 мг/100 г, 28,4 мг/100 г и 7,3.

Сеть капельного орошения была проведена так, как показано на рисунке 1, где трубы капельного орошения диаметром 16 мм были размещены на поверхности почвы с расстоянием между ними 50 см и в 10 см от ряда сои, капельницы были расположены на расстоянии 20 см друг от друга, а расход капельницы составлял 4 л/час.

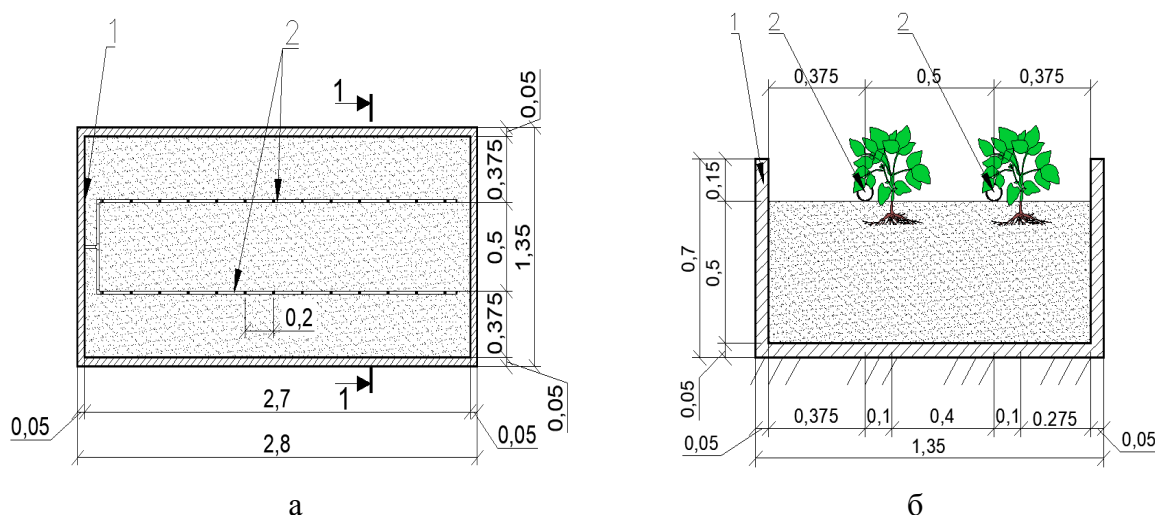


Рисунок 1 – Капельное орошение: а – план; б – поперечный разрез лизиметра при КО
1 – лизиметр, 2 – труба капельного орошения

Figure 1– Drip irrigation: a – plan; b – transverse section of the lysimeter at the DI
1 – lysimeter, 2 – drip irrigation pipe

Что касается внутрипочвенной оросительной сети, то она была реализована так, как показано на рисунке 2, где трубопровод Ø16 мм был размещен на поверхности почвы в середине лизиметра и соединен шлангами Ø5 мм, которые соединяются с капельницей Г-образным элементами, которые размещены в почве на глубину 10 см от поверхности почвы и расстоянием между ними 20 см и расходом 4 л/час.

Для расчета гидротермического коэффициента ($K_{ГТ}$) применяли формулу:

$$K_{ГТ} = \frac{R}{0.1 \cdot T}, \quad (1)$$

где R – количество осадков за месяц при $t > 10^{\circ}\text{C}$; T – суммарная среднесуточная температура воздуха при $t > 10^{\circ}\text{C}$.

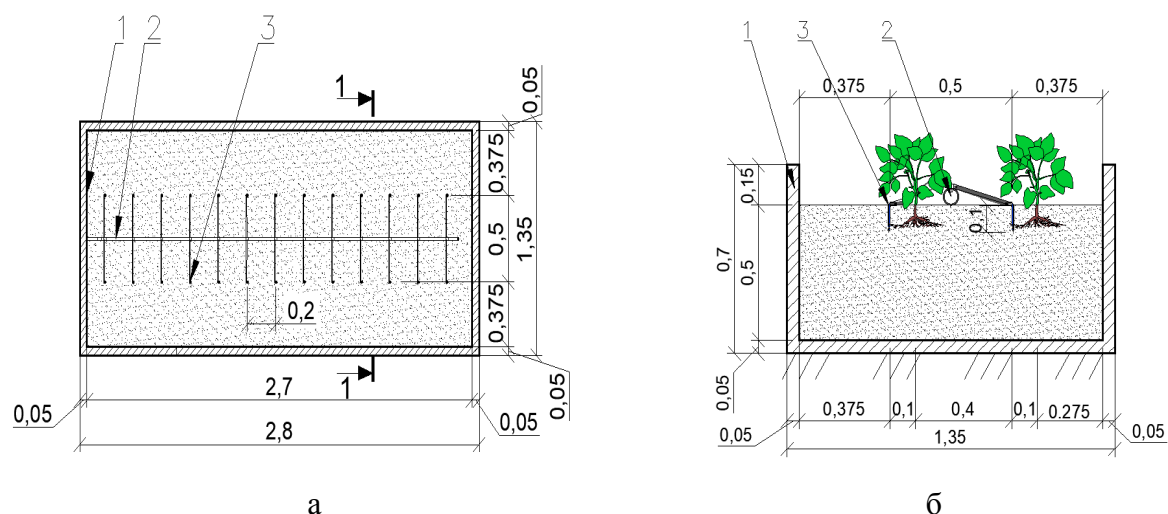


Рисунок 2– Внутрипочвенное орошение:
а – план; б – поперечный разрез лизиметра при ВПО
1 – лизиметр; 2 – трубопровод; 3 – капельница

Figure 2– Subsurface irrigation
a – plan; b – transverse section of the lysimeter at the SDI
1 – lysimeter; 2 – pipeline; 3 – drip

Краснодарский край считается одним из теплых регионов России, где средняя температура летом достигает +24 °С, а зимой опускается до -3 °С. Для региона проведения исследований характерно годовое количество осадков до 500 мм, в таблице 1 приведены метеорологические данные за исследуемые периоды:

Таблица 1 – Метеорологические данные за 2021 -2022 г., метеостанция г. Краснодар

Table 1 – Meteorological data for 2021-2022, Krasnodar weather station

Период	Год	R, (мм)	t, (°C)	T, (°C)	K _{ГТ}
Июль	2021	27	26,2	811,7	0,33
Август		74	25,6	794	0,93
Сентябрь		55	20,4	655,4	0,84
Июль	2022	63	23,7	735,4	0,86
Август		90	26,3	814,1	1,11
Сентябрь		40	19,1	573,2	0,70

Из таблицы 1 видно, что средний гидротермический коэффициент за периоды исследований в 2021 и 2022 году составил 0,7 и 0,89 соответственно таким образом характеризует район с засушливым климатом в 2021 г. и недостаточным увлажнением в 2022 г.

Для капельного и внутрипочвенного орошения при поддержании влажности почвы 70 % НВ, 80 % НВ и 90 % НВ в слое 0-0,5 м была установлена поливная норма 103 м³/га, 174 м³/га, 220 м³/га соответственно в каждом опыте.

Результаты и обсуждение. Соя выращивалась из расчета 100 семян на лизиметр, средняя всхожесть семян для поливной нормы 103, 174 и 220 м³/га при КО составляет 69, 77 и 64 шт. соответственно, а при ВПО составляет 89, 94 и 80 шт., соответственно. При поддержании влажности почвы 70 % НВ, 80 % НВ и 90 % НВ средняя всхожесть при внутрипочвенном орошении выше в 1,29, 1,22 и 1,25 раза соответственно по сравнению со всхожестью семян при КО.

Урожайность сои при капельном и внутрипочвенном орошении, полученная на рисовой почве пожнивно в экстремальных погодных условиях, приводится на рисунке 3.

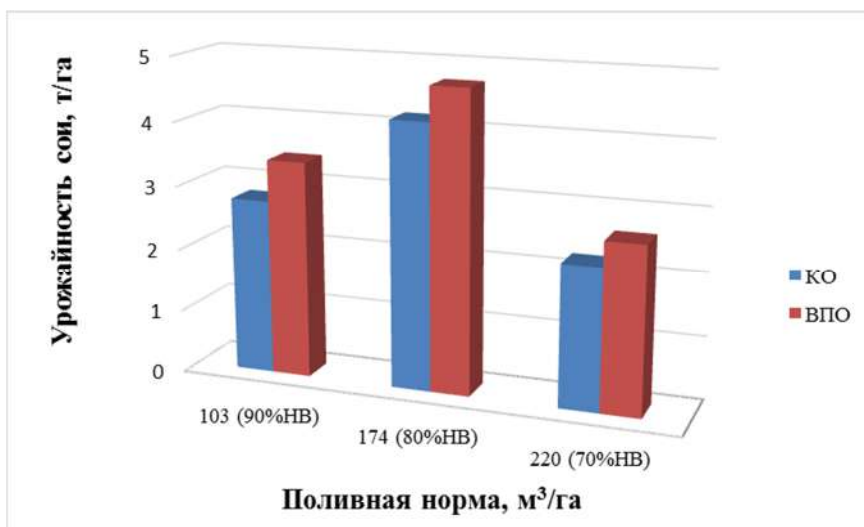


Рисунок 3 – Урожайность сои при КО и ВПО

Figure 3 – Average yield of soybeans at drip and subsurface irrigation

Из рисунка 3 видно, что урожайность сои для поливной нормы 103, 174 и 220 м³/га при КО соответственно составляла 2,77, 4,18 и 2,24 т/га, а при ВПО была 3,42, 4,72 и 2,64 т/га. Таким образом, урожайность сои при ВПО для поливной нормы 103, 174 и 220 м³/га была выше в 1,23, 1,13 и 1,18 раза соответственно, по сравнению с КО.

Поступление влаги (норма орошения, почвенная вода и количество осадков) было рассчитано в дополнение к расчету среднего суммарного водопотребления сои при КО и ВПО, как показано на рисунке 4:

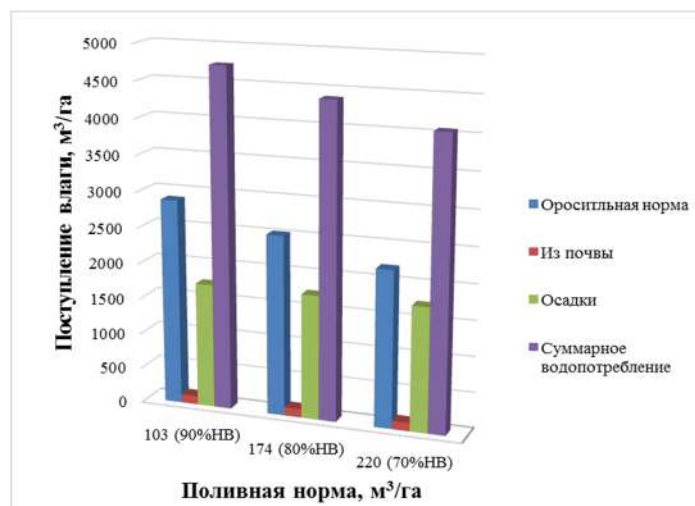


Рисунок 4 – Поступление влаги и среднее суммарное водопотребление сои при КО и ВПО

Figure 4 – Moisture intake and the average total water consumption of drip and subsurface irrigation

На рисунке 4 показано, что при КО и ВПО оросительной нормой с запасом почвенной влаги и количеством осадков среднее суммарное водопотребление сои для поливной нормы 103 м³/га составило: 2884, 118, 1745, 4747 м³/га соответственно, а для поливной нормы 174 м³/га составило: 2523, 118, 1745, 4386 м³/га соответственно, а для поливной нормы 220 м³/га составило: 2200, 118, 1745, 4063 м³/га, соответственно.

Среднее суммарное водопотребление сои при поддержании увлажнения 90 % НВ достигло самых высоких значений по сравнению с поддержанием увлажнения 70 % НВ и 80 % НВ, однако урожайность сои была наибольшей при поддержании увлажнения 80 % НВ, это объясняет необязательное увеличение поливной воды, которое приводило к повышению урожайности.

При поддержании увлажнения 90, 80 и 70 % НВ в слое почвы 0-0,5 м в период вегетации сои при КО и ВПО оросительная норма была: 2884, 2523 и 2200 м³/га, при количестве полив 28, 14, 10 нормой 103, 174 и 220 м³/га, соответственно.

Коэффициент водопотребления сои ($K_{\text{Вод}}$) при КО и ВПО определялся по формуле:

$$K_{\text{Вод}} = \frac{E_{\text{вод}}}{Y_c}, \quad (2)$$

где $E_{\text{вод}}$ – суммарное водопотребление сои, м³/га; Y_c – урожайность сои, т/га.

На рисунке 5 приведены коэффициент водопотребления сои ($K_{\text{Вод}}$) при КО и ВПО.

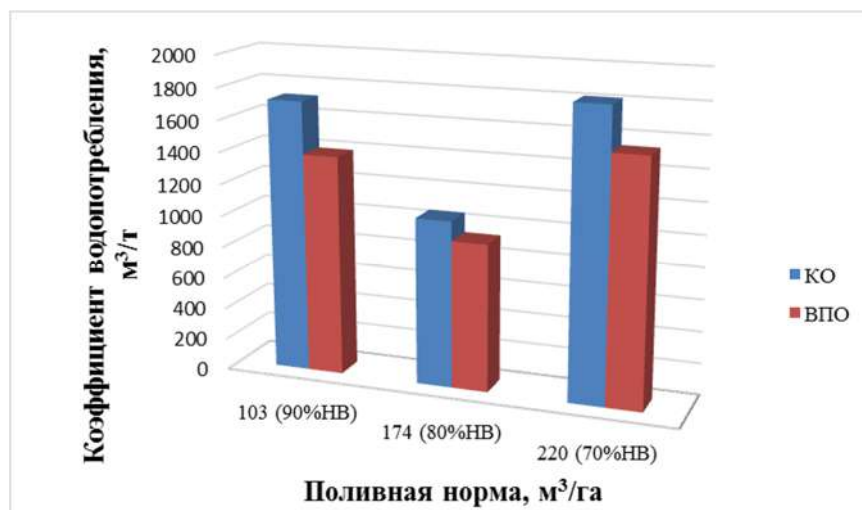


Рисунок 5 – Коэффициент водопотребления сои при КО и ВПО

Figure 5 – The coefficient of soybean water consumption in drip and subsurface irrigation

На рисунке 5 видно, что при КО коэффициент водопотребления сои для поливной нормы 103, 174, 220 м³/га был 1716,4, 1051,8 и 1816,3 м³/т соответственно, а при ВПО составлял 1389, 929,6 и 1540,5 м³/т соответственно, то есть при ВПО коэффициент водопотребления сои для поливной нормы 103, 174, 220 м³/га уменьшается на 19,1, 11,6 и 15,2 %, соответственно, по сравнению с КО.

Выводы. Урожайность сои сорта «Арлета» при экстремальных условиях климата, высокой температуре воздуха и поливной норме 103, 174, 220 м³/га при КО составляла 2,77, 4,18 и 2,24 т/га, а при ВПО была 3,42, 4,72 и 2,64 т/га. Таким образом, урожайность сои при ВПО была выше в 1,23, 1,13 и 1,18 раза по сравнению с КО соответственно.

Для оросительной нормы 103, 174, 220 м³/га коэффициент водопотребления сои для КО был 1716,4, 1051,8 и 1816,3 м³/т, а при ВПО составлял 1389, 929,6 и 1540,5 м³/т, соответственно, то есть при ВПО коэффициент водопотребления сои для поливной нормы 103, 174, 220 м³/га уменьшается на 19,1, 11,6 и 15,2 %, соответственно, по сравнению с КО.

Средняя всхожесть семян для поливной нормы 103, 174 и 220 м³/га при КО составляет 69, 77 и 64 шт., соответственно, а при ВПО – 89, 94 и 80 шт., соответственно, то есть средняя всхожесть при внутрипочвенном орошении выше в 1,29, 1,22 и 1,25 раза, соответственно, по сравнению с всхожестью семян при капельном орошении.

При поддержании влажности в почве на уровне 80 % НВ на глубину рисовой почвы до 0,5 м в экстремальных погодных условиях при ВПО обеспечивает получение высокого и стабильного сельскохозяйственного урожая сои.

Разница в результатах экспериментов между капельным орошением и внутрипочвенным орошением обусловлена двумя основными причинами: высокой температурой погоды и интенсивным испарением воды с поверхности почвы.

Библиографический список

1. Абдуллоев М., Абдуллоев М. М. Экспериментально-демонстрационный полигон подпленочно-внутрипочвенное капельное орошение // Вестник Технологического университета Таджикистана. 2015. № 1 (24). С. 5-14.
2. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 80–97.
3. Головин В. Л., Носовский В. С., Вишневская В. Д. Особенности технических и технологических решений развития мелиорации земель Дальнего Востока // Природообустройство. 2019. № 5. С. 6-20.
4. Костромина М. В. Современные подходы в орошении сельскохозяйственных культур в условиях закрытого грунта // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. № 11-6 (42). С. 62-63.
5. Ламердонов З. Г., Настуева Л. Ж. Метод и стенд для гидравлических исследований расходных характеристик водовыпускных элементов инженерных и мелиоративных систем // Техника и оборудование для села. 2019. № 11 (269). С. 10-13
6. Малышева Н. Н., Кизинёк С. В. Изучение эффективности проведения агро-мелиоративных мероприятий в системе рисового севооборота // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 4 (36). С. 55-71.
7. Определение эксплуатационно-гидротехнических характеристик мелиоративных систем при использовании дождевальной машины «ДОН-К» / О. В. Козинская, В. С. Бочарников, А. Л. Кальянов, Р. З. Киселева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 490-498.
8. Терпигоров А. А., Грушин А. В., Гжибовский С. А. Технологии и техника микро-орошения локальных систем // Техника и оборудование для села. 2017. № 11. С. 22-26.
9. Тильба В. А., Тишков Н. М. Биология сои: возможности оптимизации отдельных продукционных процессов // Масличные культуры: науч.-техн. бюл. ВНИИМК. 2016. Вып. 3 (167). С. 78–87.
10. Эффективность импульсного орошения риса в условиях дефицита оросительной воды / Н. Н. Малышева, С. В. Кизинёк, А. Е. Хаджиди, Е. В. Кузнецов // Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 1. С. 18-33.
11. Effect of the structure of artificial rain on the soil / V. S. Bocharnikov, O. V. Kozinskaya, M. A. Denisova, O. V. Bocharnikova, T. V. Repenko, E. V. Pustovalov // Innovative Solutions in the Agro-Industrial Complex, AgroINNOVATION 2021: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. P. 012008.
12. Khudaev I., Fazliev Ja. Water-saving irrigation technology in the foothill areas in the south of the republic of Uzbekistan // Modern Innovations, Systems and Technologies. 2022. V. 2. № 2. P. 301-309.
13. Ovchinnikov A. S., Hodyakov E. A., Milovanov S. G. Local irrigation methods for vegetable production in south of Russia // RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2018. V. 13. № 3. P. 232-240.

14. Water-saving technologies for drip irrigation of cotton in the south of Russia / E. A. Khodiakov, E. P. Borovoy, N. V. Kuznetsova, S. G. Milovanov, K. V. Bondarenko // Journal of Agriculture and Environment. 2022. № 4 (24).

Информация об авторах:

Алматар Анас, аспирант факультета гидромелиорации, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), контактный телефон 8 (988) 361 72 78, e-mail: anas.engineer1988@gmail.com.

Кузнецов Евгений Владимирович, заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения факультета гидромелиорации, ФГБОУ ВО Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13) доктор технических наук, профессор, контактный телефон 8 (928) 035 30 02, e-mail: dtn-kuz@rambler.ru.

Хаджиди Анна Евгеньевна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры гидравлики и с.-х. водоснабжения, Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина, (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13), контактный телефон 8 (903) 452 56 09, e-mail: dtn-khanna@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37

**INFLUENCE OF FOREST SHELTER BELTS ON PRODUCTIVITY
AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT IN THE ZONE
OF CHESTNUT SOILS OF VOLGOGRAD REGION**

G. O. Sytin, A. M. Belyakov

Federal state budget scientific institution

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

Received 11.04.2023

Submitted 29.05.2023

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

Summary

This article is devoted to the study of the influence of forest belts on the productivity of the grain crops. Forest belts have a positive effect on yield and moisture retention in the soil.

Abstract

Introduction. Farming in Volgograd region is influenced by unfavorable factors. Frequent droughts and dry winds, increased erosion and deflationary processes in agrolandscapes directly affect water availability, soil fertility and the provision of plants with macro and microelements. Long-term studies show that agroforestry and reclamation measures play an important role in the technology of crop cultivation in conditions of insufficient moisture. **Object.** The studies were conducted at the Kachalinsky polygon in the zone of chestnut soils. **Materials and methods.** The methods of field experiments Konstantinov P. N., Goryansky M. M., Dospekhov P. P., Gossortset and developments VNIALMI were used in the study. The field experiment was laid in 2018-2020, where variants of soil moisture content in winter wheat crops under the influence of a field-protected forest belt, namely as a function of 5H, 15H and 20H distances to the forest belt, were studied. For this purpose, experimental areas of 500 m² were allocated in crops of winter wheat variety Kamyshanka-5. The control was winter wheat crops at a distance of more than 30H from the forest belt, where H - the height of the forest belt was determined in meters and in our case was 8-10 m from the soil surface. Winter wheat was placed on bare fallow. Soil moisture was determined by experiments and layer by layer in 0.1 m in 1 m layer by the thermostatic weight method. Yield structure was analyzed by sheaf sampling and yield accounting by combine threshing of accounting plots. **Results and conclusions.** The research showed a high ame-

lorative role of the forest belt in the cultivation of winter wheat on chestnut soils. In comparison with the control, the effect of the forest belt has provided an additional accumulation of moisture by 13.6-18.3 mm, forming a more dense productive stem by 18.5% and as a result, it provided an increase in yield by 6.7 c/ha. Fertilizer application gave an additional yield increase by 3.1-5.2 c/ha.

Key words: forest reclamation, shelterbelt, winter wheat, productivity, soil moisture content, grain quality.

Citation. Sytin G. O., Belyakov A. M. Influence of forest shelter belts on productivity and grain quality of winter wheat in the zone of chestnut soils of Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 323-329 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37.

Author's contribution. All of the authors of this study were directly involved in the planning, execution of the observations, and analysis of the results of the study. All authors of this article reviewed and approved the submitted final version.

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

УДК 631.452:574.25

ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗОНЕ КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

Г. О. Сытин, аспирант

А. М. Беляков, доктор сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 11.04.2023

Дата принятия к печати 29.05.2023

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

Актуальность. Земледелие в Волгоградской области подвержено влиянию неблагоприятных факторов. Частые засухи и суховеи, усиление эрозионных и дефляционных процессов в агроландшафтах непосредственно влияют на влагообеспеченность, почвенное плодородие и обеспеченность растений макро- и микроэлементами. Многолетние исследования показывают, что агролесомелиоративные мероприятия играют важную роль в совершенствовании технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях недостаточного увлажнения. **Объект.** Исследования проводили на полигоне «Качалинский» в зоне каштановых почв в сухостепной зоне. **Материалы и методы.** При исследовании использовали методики полевых опытов Константинова П. Н., Горянского М. М., Доспехова П. П., Госсортсети и разработок ВНИ-АЛМИ. Полевой опыт был заложен в 2018-2020 гг., где изучались варианты влагообеспеченности почвы в посевах озимой пшеницы под влиянием полезащитной лесной полосы, а именно в зависимости от расстояний 5Н, 15Н и 20Н до лесной полосы. Для этих целей в посевах озимой пшеницы сорта Камышанка-5 были выделены экспериментальные площадки площадью 500 м². Контролем служили посевы озимой пшеницы на расстоянии более 30Н от лесной полосы, где Н – высота лесной полосы – определялась в метрах и в нашем случае составляла 8-10 м от поверхности почвы. Озимая пшеница размещалась по чистому пару. Влажность почвы по вариантам опыта и послойно через 0,1 м в слое 1 м определяли термостатно-весовым методом. Анализ структуры урожая производили методом отбора снопов, учет урожая – методом обмолота комбайном учетных делянок. **Результаты и выводы.** Исследования показали высокую мелиоративную роль лесной полосы при возделывании озимой пшеницы на каштановых почвах. По

отношению к контролю влияние лесной полосы обеспечило дополнительное накопление влаги на 13,6-18,3 мм, формированию более плотного продуктивного стеблестоя – на 18,5 %, и в конечном итоге это обеспечило прибавку урожая на 6,7 ц/га. Внесение удобрений дало дополнительный прирост урожайности на 3,1-5,2 ц/га.

Ключевые слова: лесомелиорация, полезащитные лесополосы, озимая пшеница, урожайность озимой пшеницы, влагообеспеченность почвы, качество зерна.

Цитирование. Сытин Г. О., Беляков А. М. Влияние полезащитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 323-329. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-37.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Из литературы известно, что урожай сельскохозяйственных культур зависит от многих факторов, но определяющими являются почвенно-климатические и погодные условия. Сформированное природой плодородие почвы во многом определяется способами защиты ее от водной эрозии и дефляции, где полезащитным лесополосам отводится определяющая роль [6, 11]. Для решения обозначенных целей по сохранению почвенного плодородия и роста продуктивности сельскохозяйственных культур наукой постоянно разрабатываются и совершенствуются агротехнические, гидротехнические лесомелиоративные мероприятия, которые в комплексе формируют технологию возделывания той или иной сельскохозяйственной культуры [3, 14]. Земледелие в Волгоградской области подвержено влиянию неблагоприятных факторов. Частые засухи и суховеи, усиление эрозионных и дефляционных процессов в агроландшафтах непосредственно влияют на влагообеспеченность, почвенное плодородие и обеспеченность растений макро- и микроэлементами [2, 4, 10]. Как показывает многолетний опыт, агролесомелиоративные мероприятия играют важную роль в технологии возделывания сельскохозяйственных культур [5, 7, 9, 13-17]. Важным критерием, характеризующим количество воды, израсходованное растением на создание весовой единицы урожая, показателем, является коэффициент водопотребления [1, 14].

Почвенно-климатические условия зоны каштановых почв Волгоградской области очень жесткие для производства большинства сельскохозяйственных культур, в том числе для озимой пшеницы. Средне-многолетний приход осадков составляет 320 мм, среднесуточная температура воздуха в июле достигает 30-40 °С, в январе-феврале – -30°С, относительная влажность воздуха в летний период опускается ниже 30 %, ГТК – 0,3-0,5, дефицит увлажнения достигает 50-70 %. Кроме представленных метеоусловий, в регионе наблюдаются частые засухи: до 30-33 % из 100 последних лет, а число суховейных дней достигает 30-46. В регионе выделено 5 групп по приходу годовой суммы осадков для широты г. Волгограда: 1-я группа: засушливые годы – до 270 мм, 2-я: сухие – 271-320 мм, 3-я: средние – 321-370 мм, 4-я: влажные – 371-420 мм и 5-я группа: очень влажные с приходом более 420 мм. По данному критерию доля острозасушливых лет составила 14,5 %, засушливых – 27,4 %, средних по увлажнению – 27,4 %, влажных – 10,6 % и очень влажных – 14,5 %. Сумма положительных температур также падает с ростом уровня увлажнения [2, 10].

Цель исследования – изучить влияние лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы.

Материалы и методы. Исследования проводились на основании методик полевых опытов Константинова П. Н. (1952), Горянского М. М. (1970), Доспехова П. П. (1979), методики Госсортсети (1975) и разработок ВНИАЛМИ (1992).

На полигоне «Качалинский» (рисунок 1) в зоне каштановых почв нами в 2018-2020 гг. был заложен и проведен полевой опыт с посевом озимой пшеницы, где в 4-х кратной повторности на расстоянии от лесной полосы 5Н, 15Н и 20Н были выделены экспериментальные площадки площадью 500 м² с посевами озимой пшеницы сорта Камышанка-5. В качестве контроля использовались площадки с посевами озимой пшеницы на расстоянии более 30Н от лесной полосы. Н – высота лесной полосы, которая в нашем случае составляла 8-10 м. Предшественником озимой пшеницы был чистый пар.

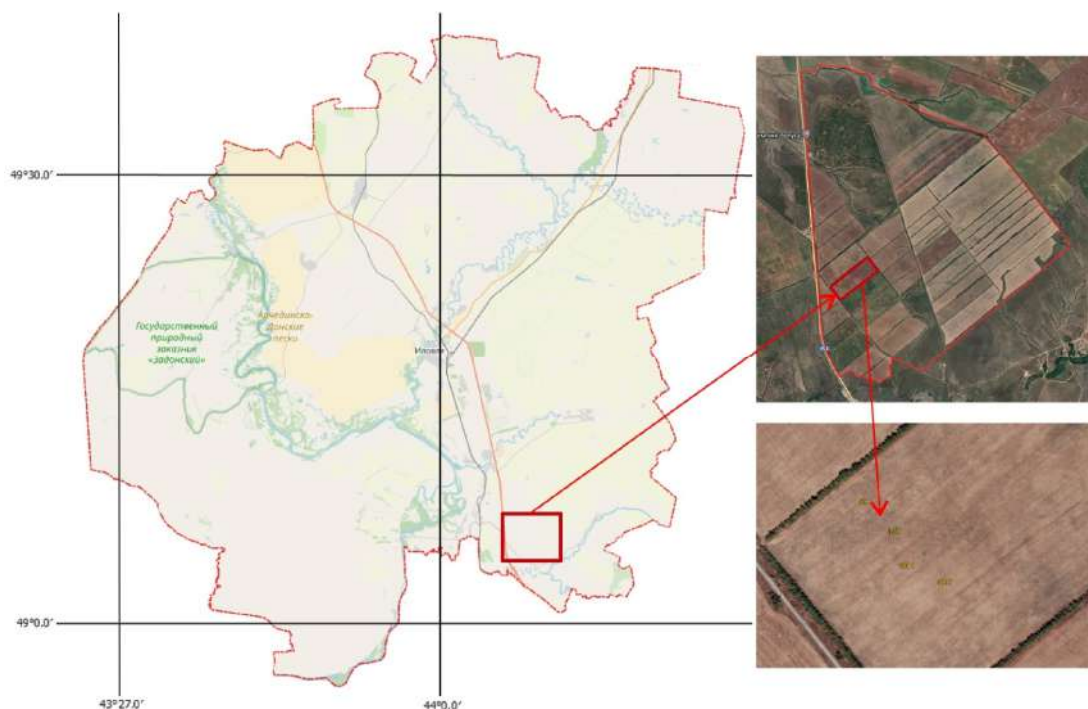


Рисунок 1 – Схема расположения почвенных скважин до 30Н, 2019-2020 гг.

Figure 1 – Layout of soil wells up to 30H, 2019-2020

Лесная полоса состоит из 2-х внутренних рядов вяза приземистого и 2-х опушечных рядов кустарника – смородины золотистой, ажурной конструкции. Высота деревьев – 8-10 м. Направление лесных полос с севера на юг, то есть ветрозащита посевов создана от господствующих суховеяных ветров с востока и юго-востока. На рисунке 1 представлена схема почвенных скважин от лесной полосы до 30Н (Н – высота деревьев в лесной полосе). Отбор почвенных образцов производили через каждые 10 см на глубину 1 м по методике полевого опыта Доспехова Б. А. (1985). Влажность почвы определяли термостатно-весовым методом (ГОСТ 28268-89).

В опытах был выделен вариант с удобрениями, где с посевом вносился аммофос 100 кг туков (сложные удобрения с содержанием азота и фосфора в соотношении 12 : 52) или 12 кг азота и 52 кг фосфора по д.в., и рано весной в качестве подкормки вносилась аммиачная селитра 100 кг или 34 кг/га по д.в.

В перечень наблюдений входили подсчет густоты стояния растений, фенологические наблюдения за ростом и развитием растений, динамика изменений влагообеспеченности почвы метрового слоя на момент сева, рано весной в начале возобновления вегетации, в фазу «конец трубкования – начало колошения пшеницы» и перед уборкой, анализ структуры урожая методом отбора снопов и учет урожая методом обмолота комбайном учетных делянок [1, 8, 12].

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что влажность метрового слоя на момент посева озимой пшеницы практически не различалась по вариантам опыта и составила 59,3-60,1 мм. Тем не менее мы видим, что влаги в почве было достаточно для получения дружных всходов, а влажность посевного слоя составляла более 10 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Динамика влагообеспеченности метрового слоя почвы по вариантам опыта в посевах озимой пшеницы, в мм (среднее за 2018-2020 годы)

Table 1 – Dynamics of moisture content in the meter layer of soil by variants of experiments in winter wheat crops, in mm (average for 2018-2020)

Время отбора / Selection time	Вариант опыта / Experience Variant			
	Контроль / control	5Н	15Н	20Н
Момент сева / Sowing time	59,3	60,1	59,5	59,2
Рано весной / early spring	114,1	132,4	130,5	127,7
Конец трубк. / Tube end	60,7	69,8	71,3	64,2
Уборка / harvesting	4,7	7,9	8,2	7,8

Таблица 2 - Структура урожая и качество зерна озимой пшеницы в зависимости от влияния лесной полосы, среднее за 2018-2020 гг.

Table 2 - Yield structure and grain quality of winter wheat depending on the influence of the forest belt, average for 2018-2020

Показатель / Indicator	Расстояние от лесной полосы / Distance from the forest strip			
	Контроль / Control	5Н	15Н	20Н
1. Густота стояния растений, млн. шт./га / The density of standing plants, million pcs/ha	1,69/1,70	1,81/1,77	1,74/1,75	1,68/1,66
2. Плотность продуктивного стеблестоя, шт. /м ² / The density of the productive stem, pcs. / m2	276/281	327/332	324/333	288/306
3. Число колосков в колосе, шт. / The number of spikelets in the ear, pcs.	15/16	17/18	16/17	15/16
4. Число зерен в колосе, шт. / Number of grains per ear, pcs.	25/26	26/27	27/28	25/27
5. Масса 1000 зерен, г. / Weight of 1000 grains, g.	36/37	37/37	36/37	36/36
6. Биологическая урожайность, т/га / Biological yield, t/ha	2,48/2,70	3,14/3,32	3,15/3,45	2,59/2,97
7. Хозяйственная урожайность, т/га / Economic productivity, t/ha	1,87/2,18	2,53/2,74	2,51/3,03	2,10/2,41
8. Содержание белка в зерне, % / Protein content in grain, %	13,3/13,6	14,0/14,4	13,2/13,6	12,1/12,4
9. Показатели ИДК, ед. / IDC indicators, units	74/72	75/70	78/79	79/80
10. Содержание клейковины, % / Gluten Content, %	26,8/28,0	27,4/28,2	27,0/28,1	24,0/24,8
Примечание : / Note : Числитель / Numerator – без удобрений / without fertilizers Знаменатель / Denominator – N46P52 НСР _{0,5} по урожайности – 0,05				

При достижении физической спелости почвы в ранневесенний период влагообеспеченность метрового слоя почвы в посевах озимой пшеницы существенно различалась в сторону повышения на площадках, близких к лесной полосе, разница достигала 13,6-18,3 мм по отношению к контролю, и за счет мелиоративной роли лесных насаждений посевы дополнительно получали 136-183 куб. м воды на 1 га. При этом лучшие влагозапасы почвы наблюдались на варианте 5Н, незначительное снижение на 10,3 % наблюдалось на 15Н и на 25,6 % на 20Н по отношению к максимальному уровню накопления (таблица 1).

В фазу «конец трубкования – начало колошения озимой пшеницы» различия по вариантам опыта сохранялись 9,1 мм на 5Н, 10,6 мм на 15Н и 3,5 мм на 20Н, что свидетельствует о снижении абсолютных значений за счет большего водопотребления посевами и выравнивания различий, а на момент уборки эти различия еще сильнее нивелировались до значений 0,4-0,5 мм между вариантами в пределах влияния лесонасаждений и 3,1-3,5 мм по отношению к контролю.

Самый высокий урожай озимой пшеницы – 3,15 т/га биологический и 2,53 т/га хозяйственный – получен в опытах на вариантах 5Н и 15Н, прибавка по отношению к контролю составляет 6,7 ц/га, что свидетельствует о мелиоративной роли лесной полосы и лучшей влагообеспеченности почвы под ее влиянием. Урожай сформирован за счет большей плотности продуктивного стеблестоя 324-327 стеблей и озерненности колоса 27-28 зерен, что на 18,5 % выше контроля (таблица 2). Доза удобрений $N_{46}P_{52}$ способствовала росту урожайности озимой пшеницы на 3,1-5,2 ц/га и получению более качественного зерна с содержанием белка 14,0-14,4 %. Качественная клейковина в 70-75 ед. по ИДК получена на варианте 5Н и с применением удобрений.

Выводы. Исследования показали, что мелиоративная роль лесной полосы при возделывании озимой пшеницы в зоне каштановых почв выражается в дополнительном накоплении влаги в метровом слое почвы до 13,6-18,3 мм по отношению к контролю или 136-183 м³/га, что обеспечивает более плотный продуктивный стеблестой на 18,5 % и возрастание озерненности колоса, а в конечном итоге на 0,7-0,8 % по отношению к контролю, и обеспечивает прибавку урожая на 6,7 ц/га, формирует высокое качество зерна. Внесение удобрений дает дополнительный прирост урожайности на 3,1-5,2 ц/га.

Библиографический список

1. Агроэкологические условия возделывания озимой пшеницы под защитой лесных полос / А. Н. Сарычев, Д. Е. Михальков, А. В. Вдовенко, О. М. Воробьева // Аграрный вестник Урала. 2021. № 1 (204). С. 11-20.
2. Беляков А. М. Погода и урожай за 60 лет: статистика и анализ погоды и урожаев по Волгоградской области. Волгоград: Принт, 2019. 88 с.
3. Беляков А. М., Кошелев А. В., Назарова М. В. Методика оценки экологической сбалансированности агроландшафтов сухостепной зоны каштановых почв Волгоградской области // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 1 (90). С. 125-130.
4. Гузенко А. В. Влияние макро- и микроудобрений на урожайность и качество сортов озимой пшеницы // Агрохимический вестник. 2021. № 3. С. 78-84.
5. Кошелев А. В. Влияние лесных полос на физико-химические показатели в зоне каштановых почв Волгоградской области // Научно-агрономический журнал. 2017. № 2 (101). С. 36-38.
6. Кулик К. Н. Защитные лесные насаждения - основа экологического каркаса агротерриторий // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 1. С. 18-21.
7. Манаенков А. С., Корнеева Е. А. Эффективность лесной мелиорации в эрозионно-опасных агроландшафтах // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 4. С. 65-68.

8. Овечко Н. Н., Рулева О. В. Особенности биопродуктивности подсолнечника в зоне влияния лесных полос // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018. № 5. С. 25-29.
9. Поташкина Ю. Н., Иванцова Е. А. Влияние полевых защитных лесных полос ажурной конструкции на характер снегораспределения // Природные системы и ресурсы. 2021. Т. 11. № 4. С. 31-36.
10. Региональные изменения климата в сухих степях и их связь с засухами / А. М. Пугачёва, А. И. Беляев, К. Ю. Трубакова, О. Д. Ромадина // Аридные экосистемы. 2022. Т. 28. № 4 (93). С. 13-21.
11. Рулев А. С., Пугачёва А. М. Формирование новой агролесомелиоративной парадигмы // Вестник Российской академии наук. 2019. Т. 89. № 10. С. 1044-1051.
12. Рулева О. В., Семинченко Е. В. Влияние предшественников на формирование элементов продуктивности озимой пшеницы в условиях Нижнего Поволжья // Аграрная наука. 2019. № 4. С. 68-72.
13. Сарычев А. Н. Эффективность полевых защитных насаждений и технологий обработки почвы в сухостепной зоне Волгоградской области // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2018. Т. 4. № 2 (14). С. 55-63.
14. Сарычев А. Н., Костин М. В., Плещачев Ю. Н. Влияние защитных лесных насаждений и приемов обработки почвы на агрофизические свойства каштановых почв и урожайность сельскохозяйственных культур // Лесной вестник. 2021. Т. 25. № 6. С. 63-70.
15. Шатровская М. О., Кошелев А. В. Изолинейное картографирование физико-химических свойств почв в системе стокорегулирующих лесных полос // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 209-219.
16. Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system / M. Kanzler, C. Böhm, J. Mirck, M. Veste // Agroforestry Systems. 2019. V. 93. P. 1821-1841. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0289-4>.
17. Potashkina Y. N., Koshelev A. V. Impact of Field-Protective Forest Belts on the Microclimate of Agroforest Landscape in the Zone of Chestnut Soils of the Volgograd Region // Forests. 2022. V. 13 (11). P. 1892. <https://doi.org/10.3390/f13111892>.

Информация об авторах:

Сытин Геннадий Олегович, младший научный сотрудник лаборатории агротехнологий и систем земледелия в агролесоландшафтах ФНЦ агроэкологии РАН (РФ, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID 0000-0001-6005-8413 e-mail: sytin-g@vafnc.ru

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

ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-38

**THE INFLUENCE OF NON-TRADITIONAL FEEDS IN THE DIET OF LAYING
HENS ON THEIR ECONOMIC AND BIOLOGICAL INDICATORS**

**I. F. Gorlov, N. V. Kalinina, L. V. Khoroshevskaya, M. I. Slozhenkina,
E. A. Struk, A. V. Rudkovskaya**

*Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products,
Volgograd, Russia*

Received 18.01.2023

Submitted 20.05.2023

Summary

The effect of diets with the addition of sorghum and chickpeas was studied on the economic and biological indicators of laying hens, use of feed nutrients and morphological composition of blood (cross Hysex Brown, 60 heads in the group, in the 1st phase of oviposition: 140 – 266 days of life). Feeding options included adding 10 to 20% sorghum and 6 to 10% chickpeas, in one of the groups, animal feed was completely excluded. It was found that the replacement of the grain part of the diet of laying hens with sorghum and chickpeas activated the secretory activity of the body, improved the digestibility and assimilation of feed nutrients, indicators of poultry safety, feed saving, egg production and improved the morphological status of blood. With the complete exclusion of animal feed and the addition of 20% sorghum and 10% chickpeas there was an improvement in the absorption of fat and calcium in the diet, that in general did not entail a significant change in the studied indicators. Experimental diet with the inclusion of 15% sorghum and 8% chickpeas according to the obtained indicators, it was the most preferred.

Abstract

Introduction. The main task of egg poultry farming in the coming years in Russia is the solution of the food issue, by introducing new competitive domestic technologies improvements in poultry feeding diets taking into account the use of local forage crops, adapted to the climatic conditions of certain regions of the country. The most interesting are the local highly productive crops of sorghum and chickpeas in the conditions of the south of Russia. **Object.** Laying hens of the Hisex Brown cross during the 1st phase of oviposition - 140 - 266 days. **Materials and methods.** Were formed 4 groups of 60 goals each, 1 control and 3 experimental. From 10 to 20% sorghum and from 6 to 10% chickpeas were added to the experimental diets, in one of the groups, animal feed was excluded completely. The duration of the experience is 4 months. **Results and conclusions.** Replacing the grain part of the diet of laying hens with sorghum and chickpeas a percentage of 15% sorghum and 8% chickpeas was most preferred. When using this diet, laying hens reached the highest live weight of 1907,8 g, egg productivity was higher by 2.4% than in the control group. Feed savings in experimental groups 1 and 2 amounted to 17,3 and 3,2 kg compared to the control. The addition of leguminous crops activated the secretory activity of the gastrointestinal tract, improved digestibility and assimilation of food nutrients, improved the morphological status of blood. With the complete exclusion of animal feed and the addition of 20% sorghum and 10% chickpeas was noted improved absorption of fat and calcium in the diet, in general, the use of the diet did not lead to significant changes in economic and biological indicators.

Key words: *laying hens, sorghum, chickpeas, digestibility, egg-laying index, productivity, diets of laying hens.*

Citation. Gorlov I.F., Kalinina N.V., Khoroshevskaya L.V., Slozhenkina M.I., Struk E.A., Rudkovskaya A.V. The influence of non-traditional feeds in the diet of laying hens on their economic and biological indicators. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 330-338 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-38.

Author's contribution. All authors took part in the preparation and conduct of the study and analysis of its results. The presented version of the article was agreed with all authors.

Conflict of interest. All authors declared no conflicts of interest.

УДК 636.5.084/087

**ВЛИЯНИЕ НЕТРАДИЦИОННЫХ КОРМОВ В РАЦИОНЕ КУР-НЕСУШЕК
НА ИХ ХОЗЯЙСТВЕННО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ****И. Ф. Горлов**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН**Н. В. Калинина**, кандидат биологических наук**Л. В. Хорошевская**, доктор сельскохозяйственных наук**М. И. Сложенкина**, доктор биологических наук, член-корреспондент РАН**Е. А. Струк**, кандидат биологических наук**А. В. Рудковская**, кандидат биологических наук*Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, Волгоград, Россия*

Дата поступления в редакцию 18.01.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Актуальность. Основной задачей яичного птицеводства на ближайшие годы в России является решение продовольственного вопроса, путем внедрения новых конкурентоспособных отечественных технологий, усовершенствования рационов кормления сельскохозяйственной птицы с учетом использования местных кормовых культур, приспособленным к климатическим условиям определенных регионов страны. Наибольший интерес представляют местные высокопродуктивные в условиях юга России культуры сорго и нут. **Объект.** Куры-несушки кросса «Хайсекс Браун» в период 1 фазы яйцекладки – 140-266 дней. **Материалы и методы.** Были сформированы 4 группы по 60 гол в каждой, 1 контрольная и 3 опытных. В опытные рационы добавляли от 10 до 20 % сорго и от 6 до 10 % нута новой Волгоградской селекции, в одной из групп животные корма были исключены полностью. Продолжительность опыта - 4 месяца. **Результаты и заключение.** Замена зерновой части рациона кур-несушек сорго и нут в процентном соотношении 15 % сорго и 8 % нута было наиболее предпочтительным. При использовании данного рациона несушки достигли наивысшей живой массы 1907,8 г, яичная продуктивность была выше на 2,4 % чем в контрольной группе. Экономия корма в 1 и 2 опытных группах составила 17,3 и 3,2 кг. Добавка зернобобовых культур активизировало секреторную деятельность желудочно-кишечного тракта, улучшало переваримость и усвоение питательных веществ корма, улучшало морфологический статус крови. При полном исключении животных кормов и добавлении 20 % сорго и 10 % нута было отмечено улучшение усвоения жира и кальция в рационе, в целом применение рациона без животных кормов не повлекло достоверного изменения хозяйственно-биологических показателей.

Ключевые слова: куры-несушки, сорго, нут, переваримость, индекс яйценоскости, продуктивность, рационы кур-несушек.

Цитирование. Горлов И.Ф., Калинина Н.В., Хорошевская Л.В., Сложенкина М.И., Струк Е.А., Рудковская А.В. Влияние нетрадиционных кормов в рационе кур-несушек на их хозяйственно-биологические показатели. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 330-338. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-38.

Авторский вклад. Все авторы принимали участие в подготовке, проведении исследования и анализе его результатов. Представленный вариант статьи согласован со всеми авторами.

Конфликт интересов. Все авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основной задачей яичного птицеводства на ближайшие годы в России является решение продовольственного вопроса, путем внедрения новых конкурентоспособных отечественных технологий, усовершенствования рационов кормления сельскохозяйственной птицы, повышения объема производства, товарных качеств и биологической полноценности яиц, расширения ассортимента яичной продукции [10, 8, 13, 5]. В соответствии с Государственной программой развития сельского хозяйства и

регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, утвержденной постановлением правительства РФ от 14.07.2012 г. N 717, Доктриной продовольственной безопасности Российской Федерации, утвержденной Указом Президента Российской Федерации от 21 января 2020 г. N 20, предусмотрено «развитие производства комбикормов, кормовых добавок для животных, лекарственных средств для ветеринарного применения, минеральных добавок, в том числе за счет внедрения конкурентоспособных отечественных технологий, основанных на новейших достижениях науки». С учетом изменившихся экономических условий в России целесообразно пересмотреть отношение к новым кормам для птицы, приспособленным к климатическим условиям определенных регионов страны [2, 3, 11, 7].

Высокоперспективными культурами, адаптированными к засушливым условиям регионов Южного федерального округа и представляющими большой интерес в кормлении птицы, является недорогие и доступные сорго и нут [1, 13, 6, 15]. Селекционерами ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», под руководством профессора В.В. Балашова, при содействии ООО Научно-производственная система «Нут» (рук. А.В. Балашов) были созданы сорта нута: «Приво 1», «Волжанин», «Волжанин 50», включенные в Государственный реестр селекционных достижений РФ. Сорта были рекомендованы к использованию: «Приво 1» во всех регионах страны в 2015 г., «Волжанин», «Волжанин 50» – в Волгоградской, Оренбургской областях и Республике Калмыкия в 2018 году. Урожайность сорта «Приво 1» составляет 26,9 ц/га, масса 1000 семян – 246-295 г. Сорт выведен путем отбора коллекционного сорта «Юбилейный», который в дальнейшем скрестили с крупнозерновым сеянцем афганского нута. Он обладает высокой засухоустойчивостью, жаровыносливостью, вызревшие бобы сохраняют целостность, меньше подвержены вредителям. Нут сорта «Волжанин» – путем скрещивания сорта «Волгоградский 10» с отборным образцом нута из Сирии, «Волжанин 50» – путем отбора из гибридной популяции, полученной с участием сорта «Волгоградский 10». Семена сортов «Волжанин», «Волжанин 50» на 70-90 г крупнее, чем у сортов «Волгоградский 10» и «Приво 1», уровень белка в зерне достигает 26 %, он обладает богатым аминокислотным составом [1, 14, 12].

Сочетание в зерне нута сорта «Волжанин 50» белка, жира, углеводов, макро- и микроэлементов, биологически активных веществ, витаминов, обеспечивает его наибольшую полноценность для использования в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы.

Культура сорго является одной из высокоурожайных и богатых углеводами, белками, аминокислотами, минеральными веществами, витаминами и по питательной ценности приближена к кукурузе и ячменю. Использование в птицеводстве зернового сорго является весьма перспективным: комбикорм может быть сформирован на основе зерна сорго, а не пшеницы, которая превалирует в настоящее время, создавая пищевую конкуренцию человеку [13, 14]. Установлено, что использование сорго в рационах, сбалансированных по протеину, позволяет повысить приросты живой массы птицы, яйценоскость и рационально расходовать обменную энергию зернового сорго [12, 6]. По данным исследований ФГБОУ ВО ВолГАУ, зерновое сорго превосходит ячмень по выходу обменной энергии с одного гектара площади: 31,24 ГДж/га против 26,56 ГДж/га, что на 17,6 % ниже. В зерне сорго содержится в 1,5-4 раза больше калия, кальция и магния, чем в кукурузе и ячмене, что положительно отражается на качестве яичной скорлупы. Яйценоскость птицы, потреблявшей в составе корма зерно сорго, повышается на 25-30 %, не зря в США сорго называют «птичий корм». Например, на птицефабрике им. Кирова г. Феодосии добавление 10-15 % зерна сорго в комбикорм кур-несушек повлекло увеличение их яйценоскости на 10 %.

Целью опыта было изучение влияния трех различных схем ввода сорго и нута сорта «Волжанин 50» в рацион кур-несушек кросса «Хайсекс Браун» на хозяйственно-биологические показатели птицы.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт был проведен на курах-молодках кросса «Хайсекс Браун» в период от 140 до 266 дней жизни на базе СП «Светлый» АО «Агрофирма Восток» Светлоярского района Волгоградской области. Из 240 несушек, отобранных методом пар-аналогов, были сформированы 4 группы по 60 голов, продолжительность опыта – 4 месяца. В рационы опытных групп были добавлены сорго и нут сорта «Волжанин 50». Куры-несушки контрольной группы получали основной рацион, применявшийся на АО «Агрофирма Восток» в течение опытного периода. В комбикорма для несушек опытных групп включали сорго и нут взамен зерновой части, в соответствии со схемой (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 - Scheme of experience

Группа	Количество голов	Режим кормления
Контрольная	60	ОР (основной рацион)
1 опытная	60	ОР с вводом 10% сорго и 6% нута
2 опытная	60	ОР с вводом 15% сорго и 8% нута
3 опытная	60	ОР с вводом 20% сорго и 10% нута, без животных кормов.

Зерновая часть комбикорма состояла из пшеницы, ячменя и кукурузы. Из рациона кур-несушек 3 опытной группы были исключены корма животного происхождения. Комбикорм сбалансировали синтетическими аминокислотами: на каждую его тонну для кур 2 и 3 опытных групп добавляли по 100 г метионина, и для 1, 2 и 3 групп – по 50 г триптофана.

Для всех групп поддерживались одинаковые условия содержания. Птицу содержали при 16-часовом световом дне, средней освещённости 20 люкс, при температуре в корпусе +18...+20 °С, поение не ограничивали. Влияние изучаемых добавок на продуктивность кур-несушек исследовали с учётом зоотехнических показателей, гематологической картины и иммунных реакций, для чего в конце опыта у 3 кур-несушек из каждой группы осуществили забор крови.

Результаты и обсуждение. С учетом соблюдения технологии кормления кур-несушек, их рост при достижении начала яйцекладки – 119-140 дней – может замедляться, и дальнейшее увеличение живой массы в основном происходит за счет прироста жировой ткани. В дальнейшем, при развитии яйценоских качеств птицы, депонированный жир используется как высокоэнергетический материал и положительно коррелирует с массой яйца [5]. Показатели динамики живой массы птицы представлены в таблице 2.

По приросту живой массы куры 1 и 2 опытных групп превосходили аналогов контрольной группы соответственно на 0,77 и 11,1 % ($P>0,95$). Куры 3 опытной группы, потреблявшие рацион без животных кормов, с 30 %-ной заменой зерновой части сорго и нут, отставали по данному признаку от кур контрольной группы на 1,2 %. Проведенная впоследствии анатомическая разделка тушек птицы в возрасте 266 дней показала, что разница по живой массе была обусловлена накоплением в теле жировой ткани. Наилучшие показатели однородности по живой массе на начало и конец опыта были отмечены во 2 опытной группе. Птица 1 и 3 опытных групп уступали по данному признаку несушкам контрольной группы на 0,8 и 0,4 %. Следовательно, замена кукурузы и пшеницы в рационах кур-несушек опытных групп сорго и нут местной селекции способствовала повышению однородности стада кур-несушек.

Таблица 2 – Изменение живой массы подопытной птицы (n=60), (M±m)

Table 2 - Change in live weight of experimental birds (n=60), (M±m)

Период опыта	Возраст дн.	Группа							
		контрольная		1 опытная		2 опытная		3 опытная	
		M±m	Cv %	M±m	Cv %	M±m	Cv %	M±m	Cv %
n=60									
Начало опыта	140	1668,8±6,4	5,1	1651,4±8,3	4,2	1663,7±7,2	3,9	1672,3±9,7	5,7
		n=57		n=58		n=57		n=59	
Конец опыта	266	1888,6±14,0	6,5	1872,9±15,1	7,3	1907,8±12,4	5,0	1864,5±14,8	6,9
Прирост живой массы, г		219,8±7,4		221,5±8,4		244,1±6,8*		192,2±7,6	

Примечание. Здесь и далее разность по отношению к контрольной группе достоверна при $P > 0,95^*$, $P > 0,99^{**}$, $P > 0,999^{***}$

Note. Hereinafter, the difference in relation to the control group is significant: at $P > 0,95^*$, $P > 0,99^{**}$, $P > 0,999^{***}$

Эффективность использования органического вещества корма во 2 опытной группе составила 79,2 %, что на 1,1 % выше, чем в контрольной группе. Коэффициент переваримости сырого протеина был максимальный в контрольной группе – 74,3 %, в 1 и 2 опытных группах несколько ниже – 73,4 и 73,8 %. По переваримости сырого жира лидировала птица 3 опытной группы – 79,6 %, во 2 опытной группе данный показатель составил 78,7 % ($P > 0,95$), и наименьшее значение – 75,8 % отмечено в контрольной группе. Данный факт объясняется наличием в экспериментальных комбикормах зернобобовых культур сорго и нута, способствующих обогащению рационов полиненасыщенными жирными кислотами, повышению переваримости корма, усвоению сырого жира и его отложению в организме. Указанное обстоятельство связано с ростом яйценоскости несушек, поскольку подкожный жир используется в качестве депо энергии, необходимой для образования яйца [5].

Переваримость клетчатки была лучшей у кур-несушек 2 опытной группы на 1,9 % ($P > 0,95$), 1,1 и 0,7 % по сравнению с птицей контрольной, 1 и 3 опытных групп, что наглядно подтверждает усиление пищеварительной активности желудочно-кишечного тракта при использовании испытуемых кормовых добавок. В отношении безазотистых экстрактивных веществ, наивысшая переваримость установлена у кур контрольной группы, разница с опытными группами составила соответственно 3,2; 3,4 и 3,5 %.

Отсутствие животных кормов в рационе кур 3 группы практически не отразилось на усвоении корма, в то время как включение в рацион исследуемых зернобобовых культур повлекло усиление секреторной функции. Это обстоятельство положительно сказалось на балансе и использовании кальция организмом и, следовательно, качестве яиц. Так, эффективность использования кальция в 3 группе была максимальной и составила 79,3 %, на втором месте по данному показателю была птица 1 опытной группы – 78,6 %, затем 2 опытной и контрольной, соответственно 77,9 и 77,1 %, при этом разница с контрольной группой была недостоверной. Эффективность использования фосфора была наилучшей во 2 опытной группе и составила 77,6 %, что на 1,3 % ($P > 0,95$) больше, чем в контрольной и на 2,2 и 2,4 % выше по сравнению с 1 и 3 опыт-

ными группами. Итак, добавление испытываемых кормов в рацион птицы, положительно повлияло на использование кальция и фосфора организмом птицы, что благоприятно сказалось на образовании яйца и способствовало росту продуктивности кур-несушек.

Показатели сохранности поголовья птицы, массы яйца и расхода кормов приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Сохранность поголовья птицы, расход кормов и масса яйца, ($M \pm m$)

Table 3 - The safety of the poultry population, feed consumption and egg weight, ($M \pm m$)

Возраст птицы, нед.	Сохранность птицы, группы											
	Контрольная			Опытные								
				1			2			3		
20-24	2	60	100,0	2	60	100,0	2	60	100,0	2	60	100,0
25-29	0	58	96,7	1	59	98,3	1	58	96,7	0	58	96,7
30-34	2	56	96,7	0	58	96,7	0	57	95,0	0	58	96,7
35-38	0	56	93,3	0	58	96,7	0	57	95,0	0	58	96,7
за весь период	4	56	93,3	2	58	96,7	3	57	95,0	2	58	96,7
Расход кормов на группу кур и на 1 голову, кг												
Возраст птицы, нед.	Контрольная			Опытные								
				1			2			3		
20-24	174,6	2,91	169,7	2,82	171,1	2,85	182,0	3,03				
25-29	198,5	3,42	200,3	3,39	211,8	3,72	219,6	3,78				
30-34	229,8	3,96	234,4	4,04	223,6	3,92	236,2	4,07				
35-38	204,4	3,65	217,5	3,75	219,6	3,85	219,4	3,78				
за весь период, кг	829,3	13,94	812,0	14,00	826,1	14,34	842,0	14,66				
Средняя масса яйца, г, ($M \pm m$)	62,8 $\pm$ 1,3			61,9 $\pm$ 1,2			64,4 $\pm$ 1,5			59,5 $\pm$ 1,3		
C_v , %	8,7			8,9			6,8			7,7		
Всего получено яйцемассы на 1 несушку, кг	6,79			6,78			7,11			6,19		
Яичная продуктивность, шт/гол	108,2 $\pm$ 0,42			109,6 $\pm$ 0,38			110,4 $\pm$ 0,31**			104,0 $\pm$ 0,34		
ИЯ, %	89,9 $\pm$ 1,27			91,3 $\pm$ 1,15			92,0 $\pm$ 0,94			86,7 $\pm$ 1,07		
Расход корма: на 1 гол, кг	13,94			14,00			14,34			14,66		
на 1 кг яйцемассы, кг	2,05			2,06			2,02			2,37		
на 10 яиц, кг	1,29			1,28			1,30			1,41		

ИЯ – индекс яйценоскости, %

Одним из важных зоотехнических показателей, зависящих в первую очередь от качества кормового фона, является сохранность птицы. В нашем исследовании, наилучшая сохранность отмечена в 1 и 3 опытных группах кур – 96,7 %, во 2 опытной группе этот показатель составил 95,0 %, а в контрольной – 93,3 %. Включение в рацион несушек исследуемых кормовых добавок положительно сказалось на сохранности пти-

цы в сравнении с опытной группой: сохранность поголовья повысилась на величину 1,7-3,4 %. Падеж кур не был связан с качеством кормов, его причинами являлись: асфиксия, нефрит, энтерит. Вся подопытная птица в целом характеризовалась хорошим аппетитом, подвижностью и жизнеспособностью.

По средней массе яйца и однородности данного показателя лидировали несушки 2 опытной группы. Средняя масса яйца составила 64,4 г, что на 1,6; 2,5 и 4,9 г больше по сравнению с массой яйца аналогов контрольной, 1 и 3 опытных групп. Показатель однородности массы яйца имеет немаловажное значение при сортировке яйца, характеризует товарные качества продукции. Данный показатель во 2 группе составил 6,8 %, несколько меньше – 7,7 % – в 3 опытной группе. Наименее однородными по массе яиц были куры 1 опытной – 8,9; и контрольной групп – 8,7 %. Следовательно, добавление сорго и нута в количестве от 15 % сорго и 8 % нута в рацион кур-несушек способствует увеличению массы яиц и повышению показателя их однородности.

Максимальная яичная продуктивность и индекс яйценоскости были отмечены также во 2 опытной группе – 110,4 шт./гол и 92,0 %.

Яичная продуктивность кур данной группы на 2,03 % ($P>0,99$) была выше в сравнении с контрольной. В то же время полное исключение животных кормов из рациона несушек 3 группы способствовало снижению их продуктивности на 3,88 % по сравнению с аналогами контрольной.

Наименьший расход корма на 1 голову был отмечен в контрольной группе. В то же время по расходу корма на 1 кг яйцемассы наилучший результат зафиксирован во 2 опытной группе: экономия корма составила 0,03; 0,04 и 0,35 кг по сравнению с показателем контрольной, 1 и 3 опытных групп. Аналогичная картина наблюдалась и по расходу корма на 10 яиц – наименьший показатель отмечен во 2 опытной группе.

Развитие яйценоских качеств кур всех опытных групп было более плавным по сравнению с яйценоскостью птицы контрольной группы, показатели яйцекладки характеризовались последовательностью и находились в пределах нормы.

Гематологические характеристики подопытных кур-несушек изложены в таблице 4. Особенности кормления птицы влияют на качественные показатели крови, которые отражают характер работы внутренних органов, уровень обмена веществ и приспособленность птицы к кормовым факторам и технологии содержания [4].

Таблица 4 – Гематологические показатели кур-несушек, (n=3), ($M \pm m$)

Table 4 - Hematological parameters of laying hens, (n=3), ($M \pm m$)

Показатель	Группа			
	контрольная	1 опытная	2 опытная	3 опытная
Эритроциты, $10^{12}/л$	$3,44 \pm 0,05$	$3,41 \pm 0,06$	$3,52 \pm 0,08$	$3,38 \pm 0,05$
Лейкоциты, $10^9/л$	$27,38 \pm 0,25$	$28,42 \pm 0,81$	$29,05 \pm 0,54$	$26,22 \pm 0,72$
Гемоглобин, г/л	$110,23 \pm 1,28$	$114,31 \pm 1,15$	$116,36 \pm 2,45^{**}$	$111,52 \pm 1,43$
Гематокрит, %	$47,23 \pm 0,50$	$49,55 \pm 0,42$	$52,12 \pm 0,74^*$	$48,68 \pm 0,51$
Общий белок, г/л	$41,74 \pm 1,18$	$39,64 \pm 1,35$	$42,12 \pm 1,23$	$38,87 \pm 1,96$
Глобулины, мг	$25,62 \pm 0,72$	$26,57 \pm 0,61$	$28,19 \pm 0,54$	$24,32 \pm 0,66$

По данным таблицы, максимальное количество эритроцитов было отмечено в крови кур 2 опытной группы – $3,52 \cdot 10^{12}/л$, что на 2,3 % больше, чем в контрольной. Следует отметить, что в крови птицы 2 контрольной группы, превосходившей остальные группы по продуктивности, содержалось наибольшее количество лейкоцитов, гемоглобина и гематокрита (таблица 4).

Уровень альбуминов и глобулинов в сыворотке крови свидетельствует об интенсивности катаболизма поступающих с кормом белков. В первой фазе яйцекладки в крови несушек увеличивается содержание белка, главным образом глобулинов, находя-

щихся в прямой корреляции с продуктивностью несушек. Во второй половине яйцекладки уменьшается ее интенсивность и параллельно снижается содержание общего белка и глобулинов в сыворотке крови [4, 9]. Установлено, что птица 2 опытной группы, лидирующая по продуктивности, превосходила аналогов контрольной, 1 и 3 групп по содержанию общего белка в сыворотке крови на 6,9-7,7 %. По уровню глобулинов разница с контрольной группой составила 10,03 %, что подтверждает мнение авторов о критериях оценки продуктивности. Добавление в корм несушек 15 % сорго и 8 % нута активизирует обменные процессы в организме, что способствует увеличению количества форменных элементов крови и белка, в частности глобулинов, являющихся показателем яйценоских качеств птицы. В целом, гематологические показатели крови подопытной птицы были в пределах физиологической нормы и замена зерновой части рациона сорго и нуту способствовала улучшению морфологических показателей крови, что положительно сказалось на яичной продуктивности. Таким образом, в рационы для сельскохозяйственной птицы целесообразно вводить сорго и нут сорта «Волжанин 50» взамен зерна кукурузы, ячменя и пшеницы.

Выводы. Замена зерновой части рациона кур-несушек разным количеством сорго и нута способствовала усилению секреторной функции кишечника птицы, что положительно сказалось на уровне обмена веществ и энергии, и как следствие, способствовало лучшему приросту живой массы птицы, переваримости питательных веществ. Использование опытных рационов способствовало наилучшей сохранности птицы и экономии корма. Так, сохранность кур 1 и 3 опытных групп на 3,4 %; 2 опытной – на 1,7 %, превосходила данный показатель опытной группы. Потребление корма птицей 1 и 2 опытных групп было на 17,3 и 3,2 кг меньше по сравнению с контрольной.

Наилучшие показатели яичной продуктивности, яйценоскости и гематологические характеристики крови птицы отмечены во 2 опытной группе, что свидетельствовало о достаточно интенсивном кислородном обогащении крови и обеспечило высокую продуктивность птицы: 110,4 шт./гол, что соответственно на 2,03 % ($P>0,99$); 0,73 % и 6,15 % выше в сравнении с контрольной, 1 и 3 опытными группами. Таким образом, замена сорго и нуту сорта «Волжанин 50» кукурузы, ячменя и пшеницы в рационах птицы в количестве 15 % сорго и 8 % нута, была наиболее предпочтительной и способствовала улучшению хозяйственно-биологических показателей и улучшению морфологического статуса крови.

Библиографический список

1. Балашов В. В., Малахова А. А. Особенности роста и развития сортов нута волгоградской селекции на каштановых почвах Волгоградской области // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 36-45.
2. Когнитивный подход к исследованию проблем продовольственной безопасности: монография / Г. В. Федотова, С. П. Сазонов, В. Н. Сергеев, Ю. А. Юлдашбаев. Волгоград: Изд-во Волгоградского ин-та управления – филиала РАНХиГС, 2018. 167 с.
3. Лютых О. Улучшение конверсии кормов – залог качества и оптимальной цены птицеводческой продукции // Эффективное животноводство. 2020. № 7. С. 87-91.
4. Морфо-биохимические исследования крови у сельскохозяйственной птицы: учеб. пособие / В. Г. Вертипрахов, А. А. Грозина, С. В. Карамушкина [и др.]. Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2021. 134 с.
5. Околелова Т. М., Салимов Т. М. Актуальные вопросы кормления сельскохозяйственной птицы. Душанбе: Суфра, 2020. 272 с.

6. Плешакова И. Г., Баймишев Х. Б. Использование сорго сорта «Камышинское 75» в комбикормах для молодняка и кур-несушек родительского стада // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 11. С. 34-46.
7. Природная кормовая добавка в комбикормах для птицы / С. А. Шпынова, О. А. Ядрищенская, Н. А. Мальцева, Т. В. Селина [и др.] // Птица и птицепродукты. 2019. № 5. С. 24-26.
8. Руководство по кормлению сельскохозяйственной птицы / И. А. Егоров, В. А. Манукян, Т. М. Околелова [и др.]. Сергиев Посад: ВНИТИП, 2018. 226 с.
9. Саломатин В. В. Влияние биологически активной кормовой добавки на морфологические и биохимические показатели крови цыплят-бройлеров // Птицеводство. 2021. № 3. С. 45-49.
10. Сельское хозяйство 4.0: цифровые тренды развития АПК: монография / Г. В. Федотова, А. В. Глущенко, М. И. Сложенкина, Н. И. Мосолова, Д. А. Мосолова. Волгоград: ООО «СФЕРА», 2019. 168 с.
11. Трухачев В. И., Епимахова Е. Э., Злыднев Н. З. Обозначены векторы развития птицеводства // Птицеводство. 2019. № 2. С. 12-15.
12. Физиологические показатели и яичная продуктивность кур-несушек при использовании в рационах нетрадиционных кормовых средств / С. И. Николаев, О. В. Чепрасова, А. А. Летягина, А. Б. Мулик, О. Д. Будтуева // Известия НВ АУК. 2017. № 4 (48). С. 190-196.
13. Эффективность использования зерна сорго в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы / Е. В. Корнилова, С. И. Николаев, А. К. Карапетян, С. В. Чехранова, И. Ю. Даниленко, О. В. Самофалова, Н. О. Вуевский // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 3. С. 15-20.
14. Эффективность использования зерна нута и сорго в кормлении кур-несушек промышленного стада / С. И. Николаев, А. К. Карапетян, И. Ю. Даниленко, М. В. Струк, Е. В. Корнилова // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 1-11.
15. Sorghum as a feed grain for animal production / K. C. McCuiston, P. H. Selle, S. Y. Liu, R. D. Goodband // Sorghum and Millets. 2019. P. 355–391.

Информация об авторах.

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, Заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400066 г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6) тел. 8 (844) 239-10-48, niimmp@mail.ru.

Калинина Наталья Васильевна, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400066 г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), 8 (844) 239-10-48, niimmp@mail.ru.

Хорошевская Людмила Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400066 г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), 8 (844) 239-10-48, Khor.LV@yandex.ru

Сложенкина Марина Ивановна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400066, Волгоградская обл., г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6), 8 (844) 239-10-48, niimmp@mail.ru.

Струк Евгения Александровна, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400066 г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), 8 (844) 239-10-48, niimmp@mail.ru.

Рудковская Алиса Валерьевна, кандидат биологических наук, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400066 г. Волгоград, ул. им. М. Рокоссовского, 6), 8 (844) 239-10-48, niimmp@mail.ru.

USE OF LUPIN IN COMPOUND FEED FOR SOWS

A. K. Karapetyan, S. I. Nikolaev, I. Yu. Danilenko, E. S. Vorontsova,
S. M. Borodin

Volgograd State Agrarian University

Received 17.04.2023

Submitted 25.05.2023

Abstract

Relevance. The main grain feeds for animals are still corn, wheat, barley, soy. It is well known that farm animals and poultry are competitors to humans in terms of grain consumption. In this regard, today it is important to search for non-traditional feed sources. It is proved that the introduction of alternative feed components increases the nutritional and biological values of compound feeds, which ultimately affects the productivity of animals. One of such grain crops is lupin of the "Deco" variety, which is characterized by drought and heat resistance, has high feed advantages. **Object of study.** The object of research was sows. **Materials and methods.** Scientific tests were carried out on sows in the conditions of the KHK of Krasnodonskoye JSC. The animals of the control group received an economic diet with full-fat soy, and in the diet of animals of the 1st, 2nd and 3rd experimental groups, 50, 75 and 100% soy was replaced with lupin. In the course of the experiment, classical and modern research methods were used with the use of high-tech certified equipment. During the scientific and economic experience, all technological methods for feeding and keeping all experimental groups of animals were observed and identical. The data obtained as a result of the research were subject to biometric processing to determine the reliability of the difference between the indicators according to the Student's criterion. **Results and conclusions.** The chemical analysis of lupine grain of the "Deco" variety and full-fat soy allowed us to conclude the following. The content of the most expensive nutritional component of diets, crude protein, in lupine compared to full-fat soy contained more by 2.45 abs.%, and amino acids - by 1.75 abs.%, respectively. The main reproductive characteristics of sows, such as the number of live piglets at birth, large fertility, milk production, nest weight at weaning, in animals of the experimental groups, were higher than in analogues from the control group, respectively, by 0,61-2,66 %, 2,70-7,21 %, 1,97-6,48 %, 2,21-7,09 %.

Keywords: sows, feeding, compound feed, milk production, large-fruited, lupin of the "Deco" variety, full-fat soy.

Citation. Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Danilenko I. Yu., Vorontsova E. S., Borodin S. M. Use of lupin in compound feed for sows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 339-345 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-39.

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 636.085.552

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛЮПИНА В КОМБИКОРМАХ ДЛЯ СВИНОМАТОК

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

И. Ю. Даниленко, кандидат сельскохозяйственных наук

Е. С. Воронцова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник

С. М. Бородин, аспирант

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

Дата поступления в редакцию 17.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. Основными зерновыми кормами для животных по-прежнему остаются кукуруза, пшеница, ячмень, соя. Общеизвестно, что сельскохозяйственные животные и птица являются конкурентами человека по потреблению зерна. В связи с этим на сегодняшний день

актуально осуществление поиска нетрадиционных кормовых источников. Доказано, что введение альтернативных кормовых компонентов повышает питательную и биологическую ценность комбикормов, что в конечном итоге отражается на продуктивности животных. Одной из таких зерновых культур является люпин сорта «Деко», который характеризуется засухо- и жароустойчивостью, имеет высокое кормовое достоинство. **Объект исследования.** Объектом исследований стали свиноматки. **Материалы и методы.** Научные испытания проводили на свиноматках в условиях КХК АО «Краснодонское». Животные контрольной группы получали хозяйственный рацион с соей полножирной, а в рационе животных 1- , 2- и 3-опытной групп была произведена замена 50, 75 и 100 % сои на люпин. В ходе проведения опыта использовали классические и современные методы исследований с применением высокотехнологичного сертифицированного оборудования. При проведении научно-хозяйственного опыта были соблюдены и идентичны все технологические приёмы по кормлению и содержанию всех подопытных групп животных. Полученные в результате исследований данные подлежали биометрической обработке с определением достоверности разницы между показателями по критерию Стьюдента. **Результаты и выводы.** Проведенный химический анализ зерна люпина сорта «Деко» и сои полножирной позволил заключить следующее: содержание самого затратного питательного компонента рационов – сырого протеина – в люпине по сравнению с соей полножирной содержалось больше на 2,45 %, а аминокислот – на 1,75 %, соответственно. Основные воспроизводительные признаки свиноматок, такие как количество живых поросят при рождении, крупноплодность, молочность, масса гнезда при отъеме, у животных опытных групп были выше, чем у аналогов из контрольной группы соответственно на 0,61-2,66 %, 2,70-7,21 %, 1,97-6,48 %, 2,21-7,09 %.

Ключевые слова: свиноматки, кормление свиноматок, молочность свиноматок, крупноплодность, люпин сорта «Деко», соя полножирная.

Цитирование. Карапетян А. К., Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Воронцова Е. С., Бородин С. М. Использование люпина в комбикормах для свиноматок. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 339-345. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-39.

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. Главным фактором, способствующим реализации генетического потенциала сельскохозяйственных животных и птицы, по-прежнему остается полноценное сбалансированное кормление [2, 4, 6].

Как в животноводстве, так и в птицеводстве наибольшей статьей расходов являются корма, составляющие 70-75 % от всех затрат на производство продукции [1, 8, 11]. Поэтому производители стараются постоянно оптимизировать рационы как по цене, так и по питательности, чтобы животные смогли реализовать свой генетический потенциал, то есть эти рационы должны поддерживать максимальную продуктивность животных и нормальное состояние их здоровья.

В связи со стабильно повышающимися ценами на зерновые корма предприятия, занимающиеся производством животноводческой и птицеводческой продукции, вынуждены осуществлять поиск альтернативных кормовых ингредиентов [5]. Однако следует отметить тот факт, что зерно используется для питания человека, но спрос на него в качестве сырья для рационов животных и птицы, биотоплива и продуктов биоиндустрии увеличился [3].

Свиньи – всеядные животные – идеально подходят для превращения альтернативных кормовых ингредиентов в высококачественный пищевой животный белок [7]. На основании вышесказанного, в состав комбикормов для свиней можно включать побочные продукты перерабатывающей промышленности и другие недорогие альтернативные кормовые продукты для снижения затрат на комбикорма на его метрическую тонну [12, 13, 14].

За последние годы селекционерами выведены новые сорта люпина, которые отличаются низким содержанием алкалоида люпинина при высоком содержании протеина, лизина и других незаменимых аминокислот [10].

Сладкий люпин, а именно сорт «Деко», вполне может являться той самой альтернативной культурой, способной заменить сою полножирную в рационах животных и птицы. Для данной кормовой культуры свойственна высокая урожайность и засухо- и жароустойчивость и низкое содержание антипитательных веществ.

В связи с вышесказанным наши исследования, направленные на комплексное изучение эффективности использования зерна люпина в кормлении свиноматок, актуальны.

Целью наших исследований явилось повышение воспроизводительных качеств свиноматок за счет использования люпина в составе комбикормов.

Объект исследования. Объектом исследований явились свиноматки.

Материалы и методы. Научно-хозяйственный опыт на свиноматках проводили в КХК АО «Краснодонское». Свиноматок в группы формировали по принципу аналогов. Условия кормления и содержания животных подопытных групп были идентичными (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Scheme of experience

Группа	n	Особенности кормления
Контрольная	30	Основной рацион (ОР), принятый в хозяйстве
1-опытная	30	ОР с замещением 50 % сои полножирной на люпин
2-опытная	30	ОР с замещением 75 % сои полножирной на люпин
3-опытная	30	ОР с замещением 100 % сои полножирной на люпин

Животные контрольной группы получали комбикорм с соей полножирной. Животным 1-й, 2-й и 3-й опытных групп взамен сои полножирной вводили люпин сорта «Деко» соответственно по группам – 50, 75 и 100 %.

Результаты и обсуждение. Перед проведением научно-хозяйственного опыта на свиноматках нами был изучен химический состав люпина и сои полножирной в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав бобовых кормов, %

Table 2 – Chemical composition of legume feed, %

Бобовый корм	Показатель				
	Сырой жир	Сырая клетчатка	Сырая зола	Сырой протеин	БЭВ
Люпин (зерно)	9,49	9,67	4,74	37,58	26,21
Соя полножирная	15,74	8,52	4,39	35,13	23,83

Данные, полученные в ходе химического анализа, свидетельствуют о том, что содержание сухого вещества в люпине составило 87,69 %, что выше по сравнению с соей полножирной на 0,08 %.

Следует отметить, что содержание сырого протеина в сое полножирной составило 35,13 %, в зерне люпина – 37,58 %, что выше по сравнению с первым кормовым ингредиентом на 2,45 %.

В люпине содержание сырой золы составило 4,74 %, что больше по сравнению с соей на 0,35 %.

Содержание сырого жира в зерне люпина сорта «Деко» было на уровне 9,49 %, и было ниже, чем в сое полножирной на 6,25 %.

Сырой клетчатки и БЭВ в люпине также содержалось больше по сравнению с соей на 1,15 % и 2,38 % соответственно.

Сумма исследуемых аминокислот в люпине кормовом сорта «Деко» была больше, чем у сои полножирной на 1,75 % (рисунок 1).

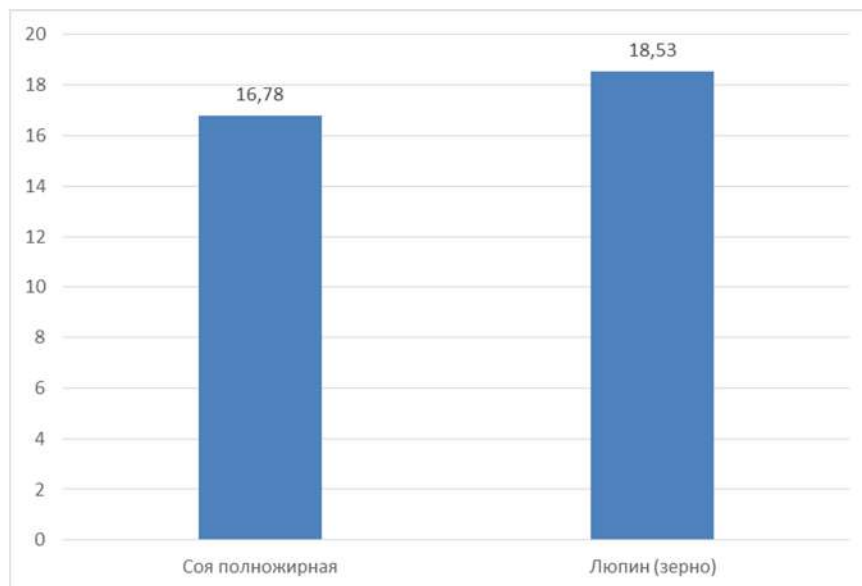


Рисунок 1 – Сумма аминокислот (определяемых) в зерне люпина и сои полножирной, %

Figure 1 – The sum of amino acids (determined) in lupine grain and full-fat soy, %

Таким образом, зерно люпина сорта «Деко» по химическому и аминокислотному составу превосходит сою полножирную.

Оценку свиноматок по воспроизводительным качествам проводят с учетом их многоплодия, крупноплодности, молочности, массы гнезда на дату отъема и сохранности поросят [9]. Воспроизводительные качества свиноматок приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Воспроизводительные качества свиноматок ($M \pm m$)

Table 3 – Reproductive qualities of sows ($M \pm m$)

Показатель	группа			
	контрольная	1-опытная	2-опытная	3-опытная
Многоплодие, голов	16,70±0,31	16,80±0,28	17,10±0,25	16,90±0,30
в т.ч. живых	16,30±0,27	16,40±0,26	16,73±0,19	16,53±0,24
Мертворожденные, голов	12	12	11	11
%	2,40	2,38	2,14	2,17
Крупноплодность, кг	1,11±0,02	1,14±0,01	1,19±0,01**	1,16±0,02
Масса гнезда при рождении, кг	18,09±0,33	18,70±0,30	19,91±0,27***	19,18±0,23*
Масса гнезда при отъеме, кг	104,93±1,55	107,25±1,40	112,38±1,24***	109,29±1,19*
Молочность, кг	86,84	88,55	92,46	90,11
Среднее количество поросят при отъеме	14,80±0,25	15,00±0,17	15,50±0,23*	15,20±0,19
Сохранность поросят к отъему, %	90,80	91,46	92,63	91,94

Здесь и далее * $P > 0,95$, ** $P > 0,99$, *** $P > 0,999$.

Количество живых поросят, родившихся от свиноматок 1-опытной группы, находилось на уровне 16,40 гол., что выше, чем у аналогов из контроля, на 0,61 %, во 2-опытной – 16,73 %, что выше контрольной группы на 2,66 %, и в 3-опытной – 16,53 гол., что больше на 0,99 %, чем у свиноматок из контроля (рисунок 2).

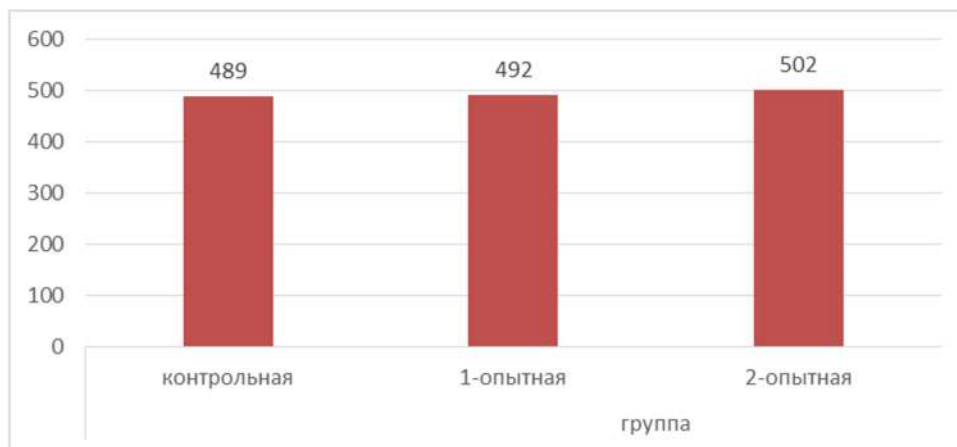


Рисунок 2 - Количество живых поросят полученных от свиноматок подопытных групп, голов

Figure 2 - Number of live piglets received from sows of experimental groups, heads

Следует отметить, что количество мертворожденных поросят снизилось в опытных группах по сравнению с контрольной группой свиноматок на 0,01-0,25 %.

Крупноплодность поросят у свиноматок из контрольной группы составила 1,11 кг, в 1-опытной, 2-опытной и 3-опытной соответственно 1,14 кг, 1,19 кг и 1,16 кг, что больше, чем в контрольной группе, на 2,70 %, 7,21 % и 4,50 % (рисунок 3).

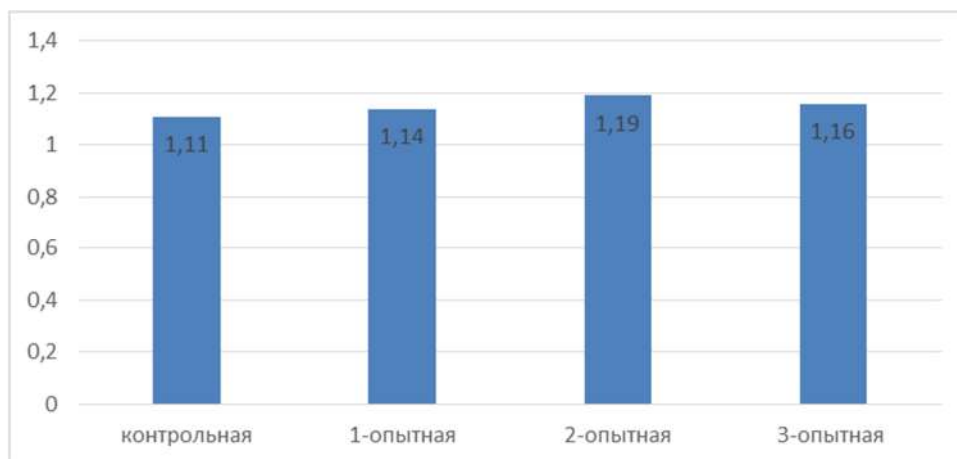


Рисунок 3 – Средняя крупноплодность поросят, кг

Figure 3 – Average large-fruited piglets, kg

Масса гнезда при рождении в 1-, 2- и 3-опытной группах была выше, чем в контроле, соответственно на 0,6 кг, 1,82 кг и 1,09 кг.

Молочность свиноматок оказывает непосредственное влияние на массу гнезда и сохранность поросят к отъёму. Так, молочность свиноматок в контрольной группе составила 86,84 кг, 88,55 кг – в 1-опытной, что превосходило на 1,97 % контроль, во 2-опытной – 92,46 кг, что превосходило контрольную на 6,48 %, в 3-опытной – 90,11 кг, что больше контроля на 3,77 %.

Свиноматки всех исследуемых групп характеризовались довольно высокой сохранностью приплода. Так, сохранность поросят к отъёму во всех подопытных группах была высокой и составила в контрольной – 90,80 %, 1-опытной – 91,46 %, во 2-опытной – 92,63 % и в 3-опытной – 91,94 %.

В среднем на 1 свиноматку приходилось поросят к отъёму в контрольной группе 14,8 гол., в 1-опытной – 15,00 гол., во 2-опытной – 15,50 гол. и в 3-опытной – 15,20 гол., что выше, чем в контроле, соответственно на 1,35 %, 4,73 % и 2,70 % (рисунок 4).

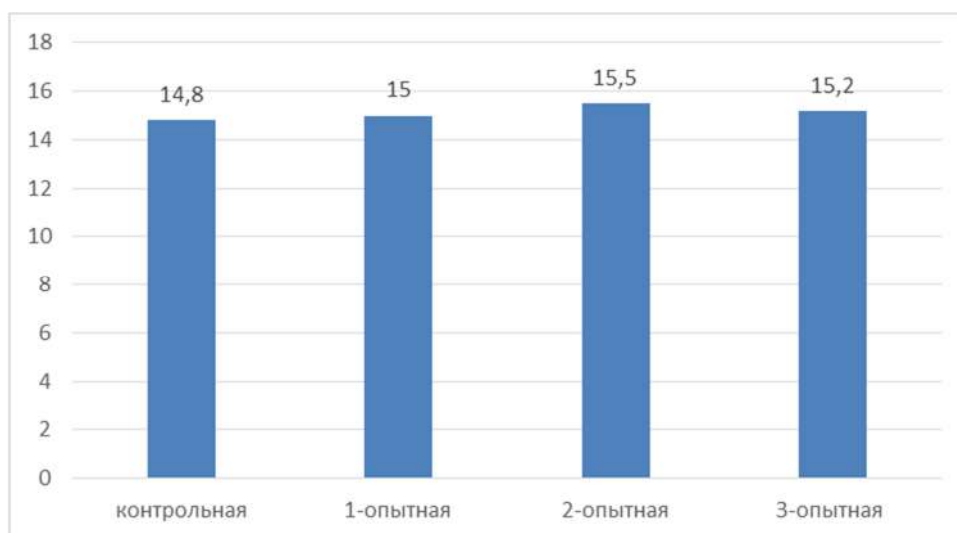


Рисунок 4 – Среднее количество поросят к отъёму, голов

Figure 4 – Average number of piglets for weaning, heads

Таким образом, введение зерна люпина сорта «Деко» взамен сои полножирной в комбикорма положительно сказалось на воспроизводительных качествах свиноматок.

Выводы. Рекомендуем для расширения кормовой базы в свиноводстве, повышения питательной ценности комбикормов и снижения их себестоимости, увеличения воспроизводительных качеств свиноматок включать в рецепты комбикормов сладкий низкоалколоидный люпин сорта «Деко».

Библиографический список

1. Адаптивные технологии кормления лактирующих коров / С. Ю. Агапов, Е. А. Липова, С. В. Чехранова, П. А. Шевченко // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 112-114.
2. Использование адсорбирующих добавок в кормлении крупного рогатого скота / С. В. Чехранова, Н. А. Крикунов, Ш. Р. Рабаданов, М. П. Кантемирова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 103-107.
3. Использование зерна сорго и нута Волгоградской селекции в кормлении лактирующих коров / С. В. Чехранова, Д. В. Ворожцов, А. В. Васина, М. Э. Шаповалова // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. – 2018. – № 1. – С. 262-265.
4. Использование силоса, заготовленного с консервантом "Best-Sil", в рационах крупного рогатого скота / С. В. Чехранова, А. К. Карапетян, В. В. Ионов, С. Н. Куприянов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 215-223.
5. Никишенко А. В., Чехранова С. В. Белоксодержащая кормовая добавка "Горlinkка" в рационах лактирующих коров // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 5. С. 15-25.

6. Повышение продуктивности племенной птицы кросса Хайсекс коричневый при использовании в кормлении премиксов / С. В. Чехранова, Н. А. Дюжева, И. А. Пономарченко, В. А. Корнилова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 302-309.

7. Продуктивный потенциал выращиваемого молодняка свиней при обогащении рационов различными соединениями селена / М. И. Клементьев, М. Г. Чабаев, Е. В. Туаева, Р. В. Некрасов // Свиноводство. 2023. № 1. С. 35-39.

8. Физиологические показатели крупного рогатого скота в зависимости от кормления / Е. А. Морозова, М. А. Рябова, В. В. Ионов, С. Н. Куприянов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022. № 1 (68). С. 149-153.

9. Халак В. Оценка свиноматок по воспроизводительным качествам // Животноводство России. 2019. № 10. С. 21-22.

10. Шулаев Г. М., Энговатов В. Ф., Добрынин В. Н. Безалкалоидный люпин источник высококачественного белка для комбикормов // Вестник российских университетов. 2009. № 14 (1). С. 164-166.

11. Эффективность использования БАД "Эльтон" в рационах племенной птицы кросса Хайсекс коричневый / В. В. Шкаленко, В. С. Зотеев, М. А. Рябова, А. Г. Тюбина // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 264-271.

12. Эффективность использования зерна сорго в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы / Е. В. Корнилова, С. И. Николаев, А. К. Карапетян [и др.] // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2023. № 3 (212). С. 3-12.

13. Liu S. Y., Selle P. H., Cowieson A. J. Strategies to enhance the performance of pigs and poultry on sorghum-based diets // Animal Feed Science and Technology. 2013. V. 181. №. 1-4. P. 1-14.

14. Sorghum as a feed grain for animal production / K. C. McCuiston, P. H. Selle, S. Y. Liu, R. D. Goodband // Sorghum and Millets. 2019. P. 355-391.

Информация об авторах:

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

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), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, старший преподаватель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет», (400040, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26) , e-mail: esvoronts@gmail.com

Бородин Сергей Михайлович, 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

THE USE OF CROSS LINES IN HERDS OF HOLSTEIN CATTLE

M. A. Kokhanov, V. A. Zlepkin, A. P. Kokhanov, N. M. Frolova,
R. V. Frolov, T. A. Korobkin

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 06.03.2023

Submitted 20.05.2023

Abstract

Introduction. When breeding dairy cattle to increase the genetic potential, it is important to use options for intra-linear selection and cross-breeding of leading lines in the breed. The aim of the study was to study the effectiveness of different selection options in dairy cattle breeding. **An object.** The object of research was the lactating cows of the stud farm "Oroshaemoe". **Materials and methods.** The data of breeding cards of cows (form 2-mol) served as the material for research. **Results and conclusions.** In the herd of cattle of the Holstein breed of the stud farm "Irrigated", the cow productivity monitor has established options for intra-linear selection and line crosses. Animals of various lines obtained by crossing lines are highlighted. The productive qualities of cows were studied (milk yield for the first 305 days of the highest lactation, the mass fraction of fat and protein, the amount of milk fat and milk protein for the analyzed period, live weight, the coefficient of milk production). The analyzed data were processed using the methods of statistical analysis. The analysis found that under the same conditions of feeding and keeping, animals of different lines of the Holstein breed obtained by crossing the lines of the three leading lines of the breed – Vis Ideal, Reflection Sovering and Montvik Chieftain, have different indicators of productivity of the selected traits. It is established that the highest yields are characterized by animals obtained by crossing the lines of the Reflexion Sovering x Montwick Chieftain. Animals of this line outperform cows from other lines in milk yield by 207.8-276.2 kg, or 2.7-3.6 % of animals of other crosses. According to the quantity of milk fat for 305 days of lactation, the superiority of this cross is 1.2-11.3 kg. The animals of this cross of lines produced more milk protein than the cows of other crosses. The article presents data on the live weight of animals of three crosses of the Holstein cattle breed.

Key words: *breed, bull, cow, live weight, breeding plant.*

Citation. Kohanov M. A., Zlepkin V. A., Kohanov A. P., Frolova N. M., Frolov R. V., Korobkin T. A. The use of intra-linear selection in herds of Holstein cattle. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 346-353 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-40.

Author's contribution. All the authors of this study participated in the planning, execution and analysis of the results of the study. All the authors of this article have read the final version presented and approved it.

Conflict of interest. The authors stated that there were no conflicts of interest.

УДК 636.234.1.082

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРОССА ЛИНИЙ В СТАДАХ СКОТА ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ

М. А. Коханов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. А. Злепкин, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А. П. Коханов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Н. М. Фролова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель

Р. В. Фролов, аспирант

Т. А. Коробкин, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 06.03.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Актуальность. При проведении селекции молочного скота на повышение генетического потенциала важно использовать варианты внутрилинейного подбора и кросса ведущих линий в породе. Целью исследования было изучение эффективности разных вариантов подбора в молочном

скотоводстве. **Объект.** Объектом исследований послужили лактирующие коровы племязавода «Орошаемое». **Материалы и методы.** Материалом для исследований послужили данные племенных карточек коров (форма 2-мол). **Результаты и выводы.** В стаде крупного рогатого скота голштинской породы племязавода «Орошаемое» мониторингом продуктивности коров установлены варианты внутрилинейного подбора и кроссов линий. Выделены животные различных линий, полученные кроссом линий. Изучались продуктивные качества коров (удой за первые 305 дней наивысшей лактации, массовая доля жира и белка, количество молочного жира и молочного белка за анализируемый период, живая масса, коэффициент молочности). Анализируемые данные обработаны методом вариационной статистики. Анализом установлено, что в одинаковых условиях кормления и содержания животные разных линий голштинской породы, полученные путем кросса линий трех ведущих линий породы – Вис Айдиала, Рефлекшн Соверинга и Монтвик Чифтейна, имеют разные показатели продуктивности селекционируемых признаков. Установлено, что наивысшими удоями характеризуются животные, полученные путем кросса линий Рефлекшн Соверинга х Монтвик Чифтейна. Животные данного кросса линии превосходят коров из других кроссов по удою на 207,8-276,2 кг, или на 2,7-3,6 % животных других кроссов. По количеству молочного жира за 305 дней лактации превосходство данного кросса составляет 1,2-11,3 кг. Животные данного кросса линий произвели молочного белка больше, чем коровы других кроссов. В статье приведены данные по живой массе животных трех кроссов линий голштинской породы скота.

Ключевые слова: породы КРС, быки голштинской породы, коровы голштинской породы, живая масса скота, племязаводы.

Цитирование. Коханов М. А., Злепкин В. А., Коханов А. П., Фролова Н. М., Фролов Р. В., Коробкин Т. А. Использование кросса линий в стадах скота голштинской породы. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 346-353. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-40.

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

Конфликт интересов. Авторы заявили об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Голштинская порода крупного рогатого скота, имея высокие показатели удою, является ведущей породой в большинстве регионов России [1, 3, 10, 11]. И в Волгоградской области данная порода скота выделяется хорошими адаптационными свойствами и по численности животных занимает ведущие места [4-6]. Поэтому изучение состояния племенной работы в стадах скота данной породы требует проведения периодического мониторинга его генетического потенциала, который жидется на разных методах подбора включая и кросс ведущих линий, а это линии Вис Бек Айдиала 1013415, Рефлекшн Соверинга 198998 и Монтвик Чифтейна 95679. Проведение мониторинга продуктивности животных стад скота голштинской породы вызвано непостоянством их генеалогической структуры, которая изменяется в связи с использованием семени быков разных линий, что оказывает влияние и на проведение целенаправленного подбора коров в конкретных стадах [2, 7, 8, 9].

Объект исследования. Объектом исследований послужили лактирующие коровы племязавода «Орошаемое».

Осуществлен мониторинг продуктивности лактирующих коров племязавода «Орошаемое».

Материалы и методы. Мониторингом с последующим анализом данных племенного учета племязавода «Орошаемое» установлена генеалогическая структура стада молочного скота, продуцирующего в 2021 году. Выделены животные различных линий, полученные кроссом линий. Продуктивные качества коров определены за первые 305 дней наивысшей лактации. Анализируемые данные обработаны методом вариационной статистики.

Результаты и обсуждение. Мониторинг продуктивности коров голштинского скота племязавода «Орошаемое» Волгоградской области показал, что стадо животных данного хозяйства формировалось не только с помощью внутрилинейного разведения, но и кросса трех самых распространенных в голштинской породе линий Вис Бек Айдиала 1013415, Рефлекшн Соверинга 198998 и Монтвик Чифтейна 95679. Исходя из этого мы выделили три группы животных, полученных методом кросса линий: Вис Бек Айдиала х Рефлекшн Соверинга; Вис Бек Айдиала х Монтвик Чифтейна; Рефлекшн Соверинга х Монтвик Чифтейна.

В таблице 1 приведены показатели продуктивности коров, полученных в стаде племязавода «Орошаемое» путем кросса ведущих в голштинской породе скота линий.

Таблица 1 – Продуктивные качества коров, полученных методом кросса линий, кг ($M \pm m$)

Table 1 – Productive qualities of cows obtained by the method of crossing lines, kg ($M \pm m$)

Группа	n	Удой за 305 дней лактации	Живая масса	Коэффициент молочности
I	31	7321,4 $\pm$ 161	565,8 $\pm$ 2,6	1294,0 $\pm$ 38
II	22	7389,8 $\pm$ 199	579,8 $\pm$ 3,7	1274,5 $\pm$ 30
III	30	7597,6 $\pm$ 170	572,9 $\pm$ 3,3	1326,2 $\pm$ 30

Примечание: I группа – кросс В. Айдиал х Р. Соверинг, II группа – В. Айдиал х М. Чифтейн, III группа – Р. Соверинг х М. Чифтейн.

Из таблицы 1 видно, что при сочетании линий Рефлекшн Соверинга и Монтвик Чифтейна 30 животных имели в среднем удой равный 7597,6 кг молока, что на 207,8 кг, или на 2,7 %, выше среднего удоя коров кросса сочетания линий Вис Айдиал х Монтвик Чифтейн и на 276,2 кг, или на 3,6 % выше удоя коров из группы кросса Вис Айдиал х Рефлекшн Соверинг. Мониторингом установлено, что во всех трех группах имеются животные как с низкими, так и с высокими показателями удоя.

В группе Вис Айдиал х Рефлекшн Соверинга две коровы – Лужайка 15045 и Гульчатая 14028 за 305 дней последней лактации имели удой ниже 6 тыс. кг молока. И в группе кросса Вис Айдиал х Монтвик Чифтейн с удоем ниже в 6 тыс. кг одно животное – корова Равнина 15051, удой ее 5809 кг.

В то же время среди животных группы кросса Вис Айдиал х Рефлекшн Соверинг 7 коров с удоем за 305 дней лактации, превышающей в 8 тыс. кг молока, а корова Астра 881 произвела 9426 кг молока, корова Шамайка 10078 – 9352 кг. Среди животных кросса Вис Айдиал х Монтвик Чифтейн более 8 тыс. кг молока дали 6 животных, корова Литва 10017 произвела 9122 кг. В группе животных кросса Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн коров с удоем выше 8 тыс. кг 8 голов. Корова Лагуна 969 имела удой в 9761 кг, а средний удой ее за шесть лактаций составил 8189 кг молока.

Анализируя показатели живой массы коров групп в зависимости от кросса линий, замечаем, что наивысший показатель данного селекционного признака наблюдается у животных кросса Вис Айдиал х Монтвик Чифтейн. Он составляет 579,8 кг. Это на 6,9 кг, или 1,2 % выше, чем у животных кросса Рефлекшн Соверинг х Монтвик Чифтейн и на 14,0 кг, или на 2,4 % (при $P < 0,01$; $t_d = 3,1$) выше, чем у животных кросса Вис Айдиал х Рефлекшн Соверинг.

Коэффициент молочности – показатель произведенного молока на 100 кг живой массы, он у коров третьей группы составляет 1326,2 кг. Это выше на 32,2-51,7 кг показателя других кроссов, однако разница статистически недостоверна.

В таблице 2 приведены показатели молочного жира и белка молока, произведенного коровами разных кроссов линий голштинской породы крупного рогатого скота.

Таблица 2 – Жирно- и белкомолочность коров, полученных методом кросса линий ($M \pm m$)

Table 2 – Fat and protein milk content of cows obtained by cross-line method ($M \pm m$)

Группа	n	Жирномолочность		Белкомолочность	
		массовая доля жира, %	молочный жир, кг	массовая доля белка, %	молочный белок, кг
I	31	$3,64 \pm 0,016$	$266,3 \pm 6,0$	$3,19 \pm 0,015$	$233,8 \pm 6,0$
II	22	$3,62 \pm 0,024$	$267,5 \pm 8,0$	$3,21 \pm 0,024$	$237,4 \pm 7,9$
III	30	$3,65 \pm 0,020$	$277,6 \pm 5,4$	$3,20 \pm 0,020$	$243,4 \pm 3,2$

Разница между сравниваемыми группами коров по валовому количеству произведенного молочного жира составляет от 1,2 кг до 11,3 кг, однако разница статистически недостоверна. Аналогичная ситуация наблюдается и по валовому количеству молочного белка.

Анализируя генеалогическую структуру стада племзавода «Орошаемое», мы выделили несколько семейств коров, полученных методом межлинейного подбора. В стаде хозяйства продуцирует пять животных из семейства коровы Руслана 472 (рисунок).

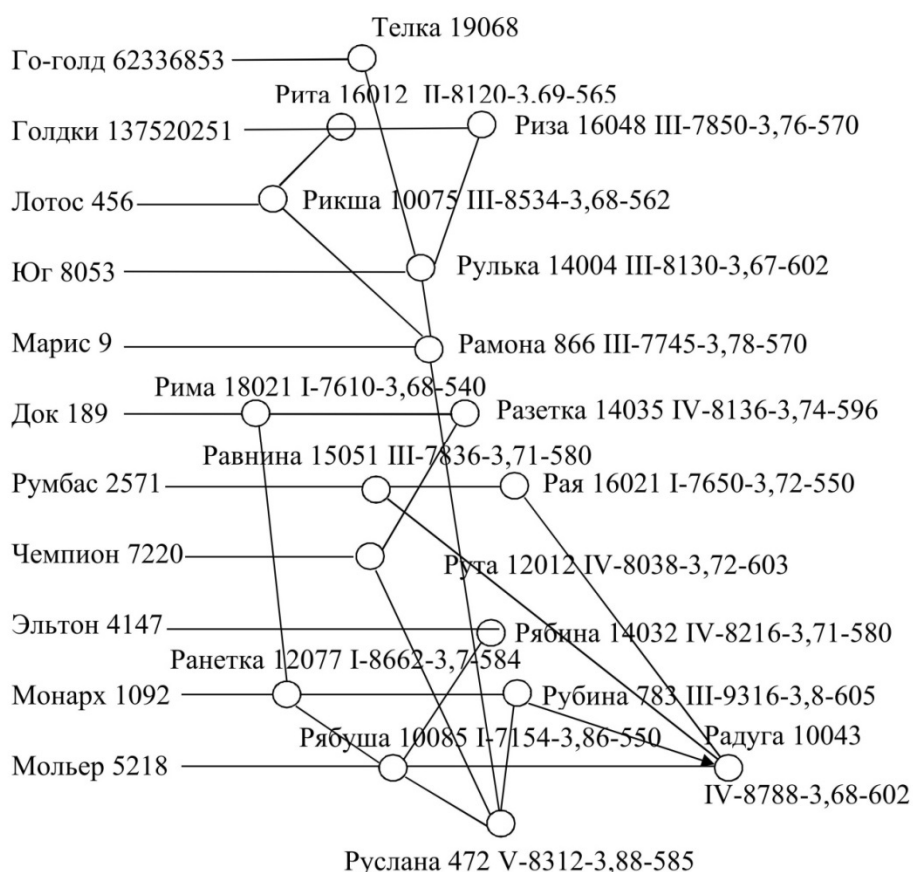


Рисунок – Семейство коровы Русланы 472 / Figure – Cow Ruslana 472's family

Корова Руслана 472 родилась в стаде племзавода «Орошаемое» в 2004 году. Отцом ее был бык Орстер 226573, который был завезен на Волгоградское Головное племпредприятие из Дании, а матерью – корова Рикки 154. Рикки приходилась дочерью ро-

доначальнице маточного семейства коровы Работница 98, завезенной нетелью из Германии в племязавод «Орошаемое» в 1997 году. Корова Работница 98 в условиях племязавода продуцировала шесть лактаций и дала за годы продуктивного использования 51 275 кг молока при массовой доле жира равной 3,81 %. Родоначальница семейства пополнила стадо хозяйства двумя телочками и четырьмя бычками, два из них были реализованы в племярепродуктор СПК имени Кирова Старополтавского района, где содержались на станции искусственного осеменения коров и телок.

В течение четверти века в генеалогической структуре стада племязавода сложилось многочисленное маточное семейство коровы Работница, которое формировалось через двух дочерей Работницы 98 – Рикки 154 и Розы 552. Корова Рикки 154 являлась дочерью завезенного из Дании быка Эйви 205 линии Рефлексн Соверинга, а корова Роза 552 происходила от быка Патрик 4005 этой же линии.

Со временем в семействе Работницы насчитывалось более 30 лактировавших в хозяйстве животных, к тому же у ее внучки – коровы Русланы 472 – сформировалось свое семейство. По продуктивным качествам корова Руслана не уступает своей бабушке, за семь лактаций она произвела 50 015 кг молока, входит в число коров-долгожительниц, четыре ее дочери дали полноценное потомство. За 305 дней наивысшей пятой лактации от нее получено 8212 кг молока с массовой долей жира 3,88 %, а живая масса ее в возрасте 9 лет составила 585 кг, что на 35 кг выше стандарта голштинской породы скота. В маточном семействе Русланы 472 уже продуцировало две коровы-долгожительницы – внучки Рикша 10075 и Радуга 10043.

Корова Рикша 10075 – дочь быка Лотоса 456 линии Вис Айдиала и коровы Рамины 866 за пять лактаций дала 43 749 кг молока при массовой доле жира 3,70 %. Из пяти телят, полученных от Рикши, лишь одна телочка Рита 16012 от быка под кличкой Голдки 137520251 линии Рефлексн Соверинга. Эта корова в стаде племязавода за 305 дней второй лактации дала 8120 кг молока при массовой доле жира 3,69 %.

В таблице 3 приведены животные стада племязавода «Орошаемое», полученные методом кросса линий и произведшие за годы хозяйственного использования более 50 т. молока.

Таблица 3 – Продуктивность коров-долгожительниц с удоем свыше 50 тыс. кг молока

Table 3 – Productivity of long-lived cows with milk yield over 50 thousand kg of milk

Кличка, № коровы	Группа	Лактаций	Удой, кг	Массовая доля жира, %	Молочный жир, кг	Живая масса, кг
Радуга 10043	III	8	61 914	3,67	2272	602
Византия 836	II	7	55 577	3,75	2084	618
Петунья 862	II	8	55 294	3,74	2068	586
Мазда 787	I	7	56 449	3,74	2111	590
Аква 808	III	7	55 345	3,70	2048	577
Дубрава 913	III	6	52 061	3,74	1947	604
Латвия 10063	II	7	51 985	3,71	1929	600
Сударыня 868	III	8	51 464	3,74	1925	615

Примечание: I группа – кросс В. Айдиал х Р. Соверинг, II группа – В. Айдиал х М. Чифтейн, III группа – Р. Соверинг х М. Чифтейн.

Корова Радуга 10043 получена от коровы Рубины 783, которая приходится дочерью родоначальницы маточного семейства Русланы 472. Мать коровы Русланы отличалась стабильными удоями, за 305 дней четвертой лактации ее удой составил 8013 кг с массовой долей жира 3,68 %. Всего же корова Радуга, полученная от высокопродук-

тивной матери линии Рефлекшн Совернга и отца Мольера 5218 линии Монтвик Чифтейна, за 8 лактаций произвела 61 914 кг молока, или 2272 кг молочного жира. Живая масса коровы Радуги при выбраковке составила 602 кг. Стадо хозяйства это животное пополнило двумя телочками и шестью бычками.

Корова Византия 836 родилась в стаде племзавода «Орошаемое» 7 июня 2008 года. Матерью ее была корова Варожея 186, отцом – бык Горизонт 6678. Корова Византия обладала выравненно-высокими удоями, первые три месяца после отела она давала в сутки более 36 кг молока, а за 7 лактаций она произвела 55 577 кг молока, или 2084 кг молочного жира. Стадо хозяйства пополнила одной телочкой и шестью бычками.

Корова Петунья 862 продуцировала в стаде хозяйства 8 лактаций, произвела 55 294 кг молока с массовой долей жира 3,74 %. наивысший удой за 305 дней пятой лактации составил 8234 кг молока, жирность 3,68 %. Эта корова является матерью трех высокопродуктивных дочерей, которые за первые 305 дней лактации имели удой выше 8 тыс. кг молока. Так, дочь ее – корова Персия 11035 – за обозначенное время дала 8752 кг, Паночка 12039 – 8234 кг, а Прага 14039 за 285 дней третьей лактации имела удой в 8646 кг молока жирностью 3,81 %.

Корова Мазда 787 родилась 12 сентября 2007 года. Мать ее – корова Малина 147 за 6 лактаций произвела 41 478 кг молока жирностью 3,71 %. Отец – бык Горизонт 6678 линии Вис Айдиала. Корова Мазда за 7 лактаций дала 56 449 кг молока с массовой долей жира 3,74 %. Высший суточный удой у коровы зафиксирован в марте 2012 года – 38 кг молока. Стадо хозяйство пополнила 3 телочками и 4 бычками.

Корова Аква 808 – дочь рекордистки стада племзавода коровы Ахтубы 451, которая за семь лактаций произвела 69 540 кг молока с массовой долей жира 3,76 % (2615 кг молочного жира). Отцом Аквы 808 был бык Престиж 731. Корова Аква за семь лактаций дала 55 345 кг молока с массовой долей жира 3,70 %.

Корова Дубрава 913 характеризовалась высокими удоями за первые десять месяцев лактации. Во вторую лактацию ее удой составил 8121 кг молока жирностью 3,83 %, в третью лактацию – удой 8554, жирность молока 3,69 %. А за 6 лактаций корова Дубрава произвела 52 061 кг молока, жирность его 3,74 %.

Корова Латвия 10063 есть «продукт» кросса линий Вис Айдиала и Монтвик Чифтейна. Мать ее – корова Ладушка 256, является внучкой родоначальницы маточно-го семейства коровы Вьюги 90, которая являлась также рекордисткой стада племзавода по валовому надою молока, так как за 10 лактаций она произвела 72 060 кг молока, или 2673 кг молочного жира, являлась матерью пяти телочек и пяти бычков. Отцом коровы Латвии был бык Кипрей 9730. Корова Латвия уже за первые 305 дней первой лактации дала 8733 кг молока с массовой долей жира 3,83 %, а за 7 лактаций она произвела 51 985 кг молока, или 1929 кг молочного жира. Она мать двух телочек и пяти бычков.

Корова Сударыня 868 родилась 24 октября 2008 года, мать ее – корова Симона 553, отец – бык Китеж 9726. За 8 лактаций корова Сударыня дала 51 464 кг молока (1925 кг молочного жира), отличалась высокой для голштинского скота Нижневолжского региона, живой массой, она была равна 615 кг.

Отмечаем и то, что среди животных, полученных от коров хозяйства с использованием такого селекционного приема, как кросс линий нескольких животных, производивших за время хозяйственного использования более 45 т молока. Это коровы Акация 876 – 49 919 кг молока, Астра 881 – 49 594 кг, Варна 814 – 48 586 кг, Литва 10017 – 47 362 кг, Паприка 10037 – 47 301 кг и Азиза 10020 – 47 120 кг.

Выводы. На основании мониторинга продуктивности лактирующего поголовья коров племзавода «Орошаемое» нами изучена генеалогическая структура стада данного хозяйства, определены продуктивные качества животных разных линий и

кроссированного поголовья. Мониторингом установлено, что наивысшие удои принадлежат животным кросса Рефлекшн Соверинга х Монтвик Чифтейна. Мониторингом жирно- и белкомолочности поголовья коров определено, что животные кросса Рефлекшн Соверинга х Монтвик Чифтейна превосходили животных других кроссов по валовому производству молочного жира и белка. Рекомендовано еще одно маточное семейство коровы, сформированное с использованием кросса трех ведущих линий голштинской породы.

Библиографический список

1. Амерханов Х. А. Состояние и развитие молочного скотоводства в Российской Федерации // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 1. С. 2-5.
2. Баймишев Х. Б., Баймишев М. Х., Еремин С. П. Повышение воспроизводительных качеств высокопродуктивных коров: монография. Самарский государственный аграрный университет, 2020. 209 с.
3. Валитов Х. З. Воспроизводительная способность и продуктивный индекс коров айр-ширской и голштинской пород // Главный зоотехник. 2019. № 10. С. 19-24.
4. Волохов И. М., Скачков Д. А., Морозов А. В. Инновационное развитие молочного скотоводства в Нижнем Поволжье // Развитие животноводства – основа продовольственной безопасности: материалы национальной конференции, посвящ. 80-летию со дня рождения проф. А. П. Коханова. 2017. Том 1. С. 69-75.
5. Коханов А. П., Сивков А. И., Журавлев Н. В. Генетическая оценка быков разных линий // Развитие животноводства – основа продовольственной безопасности: мат. нац. конф., посвященной 80-летию со дня рождения проф. А. П. Коханова. Волгоград: ВолГАУ, 2017. Т. 1. С. 30-35.
6. Коханов А. П., Коханов М. А., Кохвонова Н. М. Использование кросса линий при формировании семейств коров племязавода «Восток» Волгоградской области // Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий: мат. Межд. науч.-практ. конф., посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы. Волгоград: ВолГАУ, 2018. Т. 1. С. 239-244.
7. Молочная продуктивность коров австралийской селекции разной линейной принадлежности / И. Ф. Горлов, Е. Ю. Злобина, А. А. Кайдулина, Т. Н. Бармина, Д. А. Мосолова // Молочное и мясное скотоводство. 2019. № 7. С. 27-31.
8. Developing a genetic evaluation system for milk traits in russian black and white dairy cattle / A. A. Kudinov, E. I. Saksa, M. G. Smaragdov, J. Juga, P. Uimari, E. A. Mäntysaari, I. Strandén // Agricultural and Food Science. 2018. V. 27. № 2. P. 85-95.
9. Evaluation of the morphofunctional properties of the udder of simmental cows of various intra-breed types / E. I. Anisimova, N. A. Balakirev, A. G. Koshchaev, O. N. Eremenko, S. Y. Shuklin, A. S. Krivonogova, Y. A. Yuldashbaev // International Journal of Engineering and Advanced Technology. 2019. V. 9. № 1. P. 4983-4986.
10. Evaluation of the exterior of Holstein and Simmental primiparous cows / A. Konstandogio, V. Foksha, G. Srtatan, D. Stratan // Scientific papers. Series D. Animal Science. 2017. V. 60. P. 35-39.
11. Saksa E. I., Plemyashov K. V., Anipchenko P. S. The effectiveness of the using bulls evaluated by different methods // Journal of Animal Science. 2018. V. 96. № S3. P. 521-522.

Информация об авторах

Коханов Михаил Александрович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: kohanov_000@mail.ru.

Злепкин Виктор Александрович, заведующий кафедрой «Частная зоотехния» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, доцент, e-mail: vzlepkin@mail.ru.

Коханов Александр Петрович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: kohanov_000@mail.ru.

Фролова Наталья Михайловна, старший преподаватель факультета биотехнологий и ветеринарной медицины ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: happiness1993@yandex.ru.

Фролов Руслан Валентинович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26), e-mail: frolov002@mail.ru.

Коробкин Тимофей Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д.26) e-mail: tkorobkin97@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-41

OBTAINING HIGH-QUALITY DAIRY FOOD PRODUCTS USING REGIONAL RAW MATERIALS

N. I. Mosolova¹, I. F. Gorlov^{1,2}, M. I. Slozhenkina^{1,2},
E. S. Vorontsova¹, N. A. Tkachenkova¹, A. G. Zavgorodneva²

¹*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production, Volgograd*

²*Volgograd State Technical University, Volgograd*

Received 10.04.2023

Submitted 15.05.2023

Abstract

Introduction. One of the most important tasks of modern dairy farming is to increase the productive capacity of cows. The quality of the resulting products directly depends on the quality of the raw materials used. In conditions of shortage of important vitamins and minerals, additional enrichment of food products with functional fillers is advisable. **Purpose.** The study of the qualitative characteristics of the obtained milk, the further production of dairy products, the enrichment of cheeses with plant components, the study of the quality indicators of dairy products. **Materials and methods.** The objects of the study were raw cow's milk, as well as dairy products produced from it. The achievement of the goal was facilitated by a review of scientific literature, periodicals, normative and technical literature. Laboratory studies were carried out on the basis of the complex analytical laboratory of the State Scientific Institution «Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production». **Results and conclusions** Raw milk has been studied according to all criteria of quality assessment to determine the possibility of food production. Raw materials obtained from cows of two groups. In the diet of the experimental group, the additive «LaktuVet» was present in the amount of 0.5% by weight of the feed. Dairy products have been developed - cream, kefir, cottage cheese and soft cheeses. Soft cheeses were made in an amount of 4 samples with different percentages of vegetable fillers - a control sample without fillers, 0.5%, 1%, and 1.5%. A mixture of sea buckthorn and chickpeas was used as herbal supplements. The analysis of raw materials found that the fat and protein in the milk of the experimental group exceeded the same indicator in the raw materials of the control group. When studying the obtained dairy products in the experimental group, an increased content of fat and protein was noted, in contrast to their content in the products of the control group. In samples of soft cheeses of the experimental group, an increased content of fat and protein, as well as such indicators as calcium, phosphorus and vitamin C, was noted.

Key words: raw milk, dairy products, enrichment, LaktuVet, soft cheeses, cottage cheese, kefir, sea buckthorn, chickpeas

Citation. Mosolova N. I., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Zavgorodneva A. G.. Obtaining high-quality dairy food products using regional raw materials. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 353-364 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-41.

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

Conflict of interest. All authors involved in the analysis, data collection and processing, as well as in writing the original text, agreed and approved the final version. No conflict of interest visible

УДК 636.5.034:636.085.8

**ПОЛУЧЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ****Н. И. Мосолова**¹, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник**И. Ф. Горлов**^{1,2}, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук**М. И. Сложенкина**^{1,2}, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук**Е. С. Воронцова**¹, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник**Н. А. Ткаченко**¹, научный сотрудник, аспирант**А. Г. Завгороднева**², магистрант¹Поволжский научно-исследовательский институт производства
и переработки мясомолочной продукции, г. Волгоград²Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.04.2023

Дата принятия к печати 15.05.2023

Актуальность. Одной из важнейших задач современного молочного животноводства является обеспечение увеличения продуктивной мощности. От используемого сырья напрямую зависит качество получаемых продуктов. В условиях нехватки важных витаминов и минералов целесообразно дополнительное обогащение продуктов питания функциональными наполнителями. Целью проведенного опыта являлось изучение физико-химических характеристик полученного молока, дальнейшее изготовление молочных продуктов, обогащение сыров растительными компонентами, изучение качественных показателей молочных продуктов. **Материалы и методы.** Объектами исследования послужило молоко-сырье коровье, а также выработанные из него молочные продукты. Достижению цели способствовал обзор научной литературы, периодических изданий, нормативно-технической документации. Лабораторные исследования проводились на базе комплексной аналитической лаборатории ГНУ НИИММП. **Результаты выводы.** Изучено молоко-сырье по всем критериям качественной оценки для определения возможности выработки продуктов питания. Сырье получено от коров двух групп. В рационе опытной группы присутствовала добавка «ЛактуВет» в объеме 0,5 % от массы комбикорма. Выработаны молочные продукты – сливки, кефир, творог и мягкие сыры. Мягкие сыры изготавливали по 4 образца с различным процентным содержанием растительных наполнителей – контрольный образец без наполнителей, 0,5 %, 1 %, 1,5 %. В качестве растительных добавок использовалась смесь облепихи и нута. Анализ сырья установил, что показатели жира и белка в молоке опытной группы превышал аналогичный показатель в сырье контрольной группы. При изучении качества полученных молочных продуктов в опытной группе было отмечено повышенное содержание жира и белка, в отличие от их содержания в продуктах контрольной группы. В образцах мягких сыров опытной группы было отмечено повышенное содержание жира и белка, а также таких показателей, как кальций, фосфор и витамин С.

Ключевые слова: молоко-сырье, молочные продукты, обогащение молочных продуктов, «ЛактуВет», растительные добавки.

Цитирование. Мосолова Н. И., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Завгороднева А.Г. Получение качественных молочных продуктов питания с использованием регионального сырья. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 353-364. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-41.

Авторский вклад. Авторы настоящей работы принимали непосредственное участие в планировании, проведении или анализе исследования. Авторы данной статьи знакомы с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Молочные продукты являются незаменимыми продуктами питания для человека. Такие продукты, как сыр, кефир, творог, потребляются людьми всех возрастных групп ежедневно. Особенно важно потребление молочных продуктов для де-

тей и пожилых людей, так как в таких продуктах находится высокое содержание кальция, который незаменим при формировании костной ткани. Молоко и молочные продукты имеют высокую пищевую и биологическую ценность, а также содержат в себе полный аминокислотный состав [5].

В настоящее время в России существуют более 600 крупных и средних производителей молочных продуктов. Большим спросом у всех групп населения пользуются сыры. Современные технологии позволяют производить сыры разных видов, а для повышения вкусовых свойств используются различные добавки и наполнители [11]. Пищевые добавки способны не только улучшить вкус и внешний вид готового продукта, но и позволяют обогатить полезными микронутриентами. Обогащение пищевых продуктов является одной из важных задач производителей в борьбе с дефицитом макроэлементов и витаминов [6].

На выработку 1 килограмма сыра в среднем уходит около 10 литров молока. Поэтому производство сыров является достаточно молокоемким процессом [10]. Качество продуктов питания напрямую зависит от используемого молока-сырья. В свою очередь на состав сырья влияет кормовая база, применяемая при кормлении животных [2, 8].

Для обеспечения микробиологической безопасности готовых молочных продуктов на предприятиях используется пастеризация. При выработке сыров различных видов используются только чистые культуры микроорганизмов, которые позволяют быть заранее уверенным в том, какими органолептическими качествами будет обладать сыр, изготовленный по конкретной технологии. Использование молока, не прошедшего пастеризацию, не может дать гарантии отсутствия патогенной микрофлоры [9]. В процессе тепловой обработки с высокими температурными режимами возможны потери кальция и фосфора, также имеют низкую устойчивость к температурам витамины А, С, В₁, В₆ [4], поэтому обогащение молочных продуктов питания дополнительно витаминами и микроэлементами имеет практическую значимость.

В ходе работы были изучены качественные показатели молока-сырья и выработанных из него молочных продуктов. Исследуемое молоко было получено от коров-первотелок красной степной породы, которые содержались на молочном комплексе «Племзавод им. Ленина» Суровикинского района Волгоградской области. Были исследованы две группы коров – контрольная и опытная. Животные контрольной группы употребляли в пищу рацион, утвержденный на комплексе. Опытная группа кормилась таким же стандартным рационом, но с обогащением кормовой добавкой «ЛактуВет» в количестве 0,5 % от общего объема суточной нормы комбикорма.

Из молока-сырья, полученного от двух групп, были выработаны сливки, кефир, творог и мягкие сыры. Мягкие сыры были дополнительно обогащены функциональной растительной добавкой – смесью экструдированного нута и плодов облепихи.

Облепиха является мощным природным антиоксидантом и иммуномодулятором. Плоды содержат в своем составе высокое содержание витаминов С, Е, А. Антиокислительные свойства облепихи позволяют снижать количество патогенных микроорганизмов, что в свою очередь может положительно сказаться на хранимостпособности готового продукта. Введение в рецептуру сыров добавки с содержанием облепихи позволит дополнительно обогатить продукт витаминами, что придаст ему дополнительную пользу [1].

Нут является высокобелковой бобовой культурой. Помимо высокого содержания белка, он содержит в своем составе жиры, растительную клетчатку, минералы, витамины. Введение экструдата нута позволит дополнительно обогатить готовый продукт белком [3].

Для опыта было выработано по 4 образца мягких сыров из молока, полученного от коров двух групп. Из молока каждой группы изготавливали по 1 контрольному и 3 опытных образца. В опытные образцы дополнительно вносили смесь облепихи и нута в количестве 0,5 %, 1 % и 1,5 % от общей массы продукта.

Цель проводимого опыта заключалась в оценке действия кормовой добавки на показатели качества сырья и продуктов питания, изготовленных из него, а также в определении влияния растительных наполнителей на качественный состав мягких сыров.

Материалы и методы. Выработка и исследование коровьего молока-сырья и молочных продуктов проводилось на базе комплексной аналитической лаборатории ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (г. Волгоград).

В качестве объекта изучения выступало сырье-молоко (ГОСТ 31449-2013. *Молоко коровье сырое. Технические условия*. М.: Стандартиформ, 2019), получаемое от коров красной степной породы, а также полученные из него молочные продукты – сливки, выработанные согласно требованиям ГОСТ 34355-2017 (*Сливки-сырье. Технические условия*. М.: Стандартиформ, 2018), кефир, изготовленный согласно требованиям ГОСТ 31454-2012 (*Кефир. Технические условия*. М.: Стандартиформ, 2019), творог (ГОСТ 31453-2013. *Творог. Технические условия*. М.: Стандартиформ, 2013), мягкие сыры – контрольный (ГОСТ 32263-2013. *Сыры мягкие. Технические условия*. М.: Стандартиформ, 2014) и опытные образцы.

Оценка качественных показателей молока проводилась с помощью методов лабораторного анализа. Отбор проб молока проводили согласно ГОСТ 26809 (*Молоко и молочная продукция. Правила приемки, методы отбора и подготовка проб к анализу*. М.: Стандартиформ, 2014). В молоке анализировали следующие показатели: кислотность молока определяли титриметрическим методом анализа согласно ГОСТ Р 54669-2011 (*Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности*. М.: Стандартиформ, 2019); плотность молока определяли с использованием молочного ареометра АМТ 1015-1040 по ГОСТ Р 54758 (*Молоко и продукты переработки молока. Методы определения плотности*. М.: Стандартиформ, 2012); содержание жира, белка, лактозы и СОМО в молоке определяли с помощью ультразвукового анализатора качества молока Лактан 600 Ультра.

Сливки получали путем сепарирования молока с помощью бытового электрического сепаратора «Нептун-М». В полученных сливках определяли следующие показатели: кислотность (ГОСТ Р 54669-2011), плотность (ГОСТ Р 54758), содержание жира (ГОСТ 5867-90. *Молоко и молочные продукты. Методы определения жира*. М.: Стандартиформ, 2009), показатель белка (ГОСТ 34454-2018. *Продукция молочная. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля*. М.: Стандартиформ, 2018), сухое вещество (ГОСТ 3626-73. *Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества*. М.: Стандартиформ, 2009); плотность (ГОСТ Р 54758).

Для сквашивания молока при приготовлении кефира использовали бактериальную закваску марки «Vivo», содержащую в своем составе *Lactococcus lactis* subsp. *diacetylactis*, *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*, *Lactococcus lactis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus plantarum*, *L. casei*, *Leuconostoc mesenteroides* subsp. *cremoris*. Творог получали путем заквашивания молока бактериальной закваской марки «Vivo», содержащей в своем составе смесь полезных штаммов живых мезофильных лактобактерий *Lactococcus lactis* и *Lactococcus cremoris*, живые молочные бактерии концентрацией не менее 10^9 КОЕ/г.

Для выработки образцов мягких сыров использовали микробиальный ренин (молкосвертывающий фермент) марки «Meito Sangyo», в состав которого входит пепсин на основе грибов *Rhizomucor miehei*. Так как молоко было подвергнуто пастеризации, для восстановления уровня кальция и обеспечения лучшей свертываемости в молоко добавляли раствор хлористого кальция (CaCl_2) [13]. В полученных кефире, твороге и сырах определяли кислотность (ГОСТ Р 54669-2011. *Молоко и продукты переработки*

молока. Методы определения кислотности. М.: Стандартинформ, 2019), жирность продуктов (ГОСТ 5867-90. Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. М.: Стандартинформ, 2009), общее содержание белка (ГОСТ 34454-2018. Продукция молочная. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля. М.: Стандартинформ, 2018), содержание сухого вещества (ГОСТ 3626-73. Молоко и молочные продукты. Методы определения влаги и сухого вещества. М.: Стандартинформ, 2009), содержание кальция (по ГОСТ Р 55331-2012. Молоко и молочные продукты. Титриметрический метод определения содержания кальция. М.: Стандартинформ, 2019) и фосфора (ГОСТ 33500-2015. Молоко и молочные продукты. Определение содержания фосфатов. М.: Стандартинформ, 2016), а также в мягких сырах определяли аминокислотный состав (по методике М-04-94-2021. Определение аминокислот в пищевой продукции. Люмекс, 2022) на приборе Капель-105М. Обогащенные облепихой и нутом образцы сыров также анализировали на наличие витамина С согласно методике ГОСТ 30627.2-98 (Продукты молочные для детского питания. Методы измерений массовой доли витамина С (аскорбиновой кислоты). М.: Стандартинформ, 2009).

На первом этапе исследования осуществлялся отбор и лабораторный анализ молока-сырья. В сырье изучены физико-химические показатели качества и технологические свойства молока коров красной степной породы. Второй этап посвящен выработке молочных продуктов из молока-сырья – сливок, кефира, творога. На третьем этапе изучены биотехнологические аспекты производства образцов мягкого сыра, опытным путем выявили оптимальное количество растительных наполнителей, определена частная технология производства сыров, изучены качественные показатели готовых продуктов.

Полученные данные были обработаны с использованием программных средств и утвержденных статистических методов.

Результаты и обсуждение. В качестве молочной основы для изготовления молочных продуктов изучено молоко, полученное от коров красной степной породы. В первую очередь при проведении исследования были определены физико-химические показатели молока контрольной и опытной групп на соответствие требованиям, предъявляемым к сырью данного вида. В таблице 1 указаны полученные данные.

Таблица 1 – Качественные показатели молока-сырья исследуемых групп

Table 1 – Qualitative indicators of raw milk of the studied groups

Показатель	Контрольная группа	Опытная группа
Кислотность, °Т	17,5±0,2	17,4±0,1
Плотность, кг/м ³ , (не ниже)	1027,5±0,2	1027,6±0,2
Массовая доля белка, %, (не менее)	3,01±0,02	3,16±0,01
Массовая доля жира, % (не менее)	3,78±0,02	4,05±0,03
Массовая доля лактозы, % (не менее)	4,52±0,02	4,69±0,02
СОМО, %	8,21±0,02	8,42±0,01

Из таблицы 1 видно, что показатели молока двух групп находились в пределах допустимых норм и соответствовали требованиям ГОСТ 31449-2013 (Молоко коровье сырое. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019) и ТР ТС 033/2013 (Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции», 2022). Однако показатели молока опытной группы коров превышают показатели контрольной группы. Молоко коров опытной группы имело содержание белка на 0,15 % выше, чем в молоке контрольной группы. Показатель жирности молока опытной группы превышал на 0,28 % аналогичный показатель в молоке контрольной группы. Таким образом, можно сделать вывод, что обогащение кормовой добавкой «ЛактуВет» положительно повлияло на состав

молока. Так как показатели качества молока двух групп соответствовали всем требованиям, его можно считать пригодным для выработки молочных продуктов [7]. Убедившись в том, что молоко подходит для переработки, для дальнейшего проведения эксперимента решено было выработать сливки, творог, кефир, мягкие сыры.

В процессе проведения экспериментальных выработок были определены вид и количество функциональных наполнителей – смесь облепихи и экструдированного нута в одинаковом процентном соотношении. Смесь вводится в рецептуру мягких сыров для повышения пищевой и биологической ценности продуктов. Из молока каждой группы вырабатывали образцы мягких сыров.

Сливки вырабатывали в лабораторных условиях с помощью бытового сепаратора. В полученных сливках были изучены физико-химические показатели с помощью лабораторных методов анализа (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели качества сливок / Table 2 – Cream quality indicators

Показатель	Сливки – опытная группа	Сливки – контрольная группа
Кислотность, °Т	13,6±0,2	13,8±0,1
Плотность, кг/м ³	980,5±0,2	976,5±0,2
Массовая доля белка, %	1,34±0,04	1,28±0,02
Массовая доля жира, %	57,38±0,02	56,41±0,03

Полученные данные находились в диапазоне, допустимом нормами технической документации (ГОСТ 34355-2017. *Сливки - сырье. Технические условия*. М.: Стандартинформ, 2018). Жирность сливок опытной группы превышала жирность контрольной группы на 0,97 %, а содержание белка в сливках опытной группы – на 0,06 % выше, чем в контрольной.

Оставшееся при сепарировании обезжиренное молоко решено было направить на выработку кефира. Перед заквашиванием молоко прошло пастеризацию путем нагревания до 72 °С и выдержкой при такой температуре около 30 с. Кефир заквашивался путем непосредственного внесения бактериальной закваски в количестве 2 г на 10 л молока. Закваску вносили в молоко при температуре 23-25 °С, затем сквашивание проходило термостатным способом в термостате в течение 12 часов до образования молочно-белкового сгустка и достижения кислотности 85-100 °Т. Полученный кефир охлаждали до 4±2 °С и хранили в холодильнике. Технология выработки образцов кефира из молока двух групп производилась в одинаковых условиях. Анализ полученных продуктов проводился по всем основным показателям, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка качества кефира / Table 3 – Evaluation of the quality of kefir

Показатель	Кефир – опытная группа	Кефир – контрольная группа
Кислотность, °Т	86,2±0,1	85,8±0,2
Массовая доля жира, %	0,43±0,01	0,41±0,03
Массовая доля белка, %	3,49±0,02	3,42±0,02

Анализ данных показал, что содержание белка в опытном образце превышало содержание в контрольном образце на 0,07 %. В свою очередь, жир в опытной группе, на 0,02 % выше показателя жира в контрольном образце.

Следующим этапом настоящего исследования являлось изготовление творога. Перед началом изготовления творога молоко подвергалось фильтрованию, затем проводили пастеризацию путем нагрева до 72 °С и выдержкой 30 с. Адаптация технологии производства творога к лабораторным условиям проходила с соблюдением всех норм чистоты и температурных режимов. Пастеризованное молоко охлаждали до температуры 30-32 °С. Так как молоко подвергалось пастеризации, для восстановления уровня

кальция и улучшения способности молока к свертыванию вводили хлористый кальций в расчете 2 г на 10 л молока, после этого вводили закваску в количестве 5 % от объема заквашиваемого молока. Полученную массу оставляли для сквашивания в течение 6-8 часов при температуре 30 °С. После образования плотного сгустка и хорошо отделяемой сыворотки массу делили на куски небольших размеров и выдерживали в течение часа для лучшей отделимости сыворотки. Далее весь объем полученной массы перекладывали в заранее приготовленную, обработанную кипятком марлю и оставляли творог для прессования. Процесс прессования занял около 4 часов. Полученный продукт охлаждали до 4 °С и хранили в холодильнике. Образцы прошли лабораторный анализ по всем основным показателям. Полученные данные указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Оценка качества творога / Table 4 – Evaluation of the quality of cottage cheese

Показатель	Творог – опытная группа	Творог – контрольная группа
Кислотность, °Т	216,2±0,1	217,3±0,1
Массовая доля жира, %	8,28±0,02	8,12±0,02
Массовая доля белка, %	16,32±0,02	16,08±0,02
Массовая доля влаги, %	69,04±0,03	68,12±0,03

Приведенный результат указывает на соответствие продуктов требованиям, применяемым к продуктам питания данного вида. Анализ показал повышенное содержание жира и белка в опытном образце. Жирность опытного образца была выше жирности контроля на 0,16 %, а содержание белка в опытном образце превышало содержание в контроле на 0,24 %.

Образцы творога и кефира анализировали на наличие кальция и фосфора (рисунок 1).

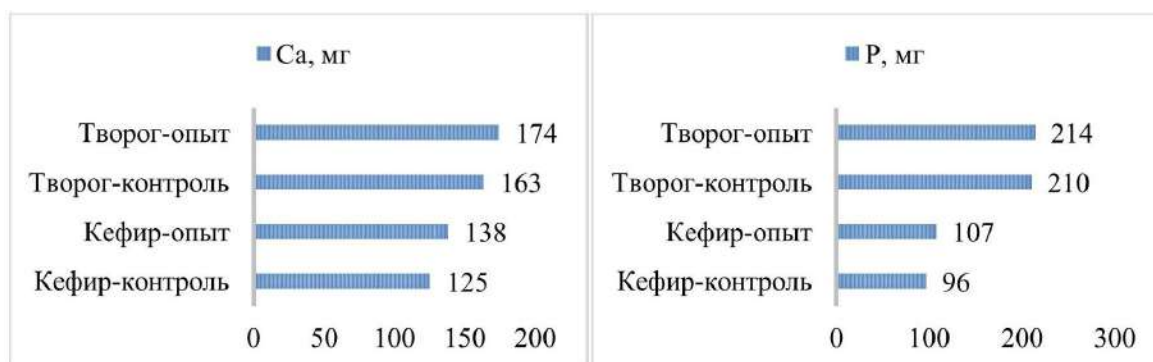


Рисунок 1 – Содержание кальция и фосфора в образцах

Figure 1 – The content of calcium and phosphorus in the samples

Полученные данные говорят о том, что содержание кальция и фосфора в образцах опытной группы превышает содержание в образцах контрольной группы.

Важным этапом работы являлось изучение технологических аспектов производства образцов мягкого сыра. В лабораторных условиях вырабатывали по 4 образца мягких сыров из молока двух групп, строго контролируя технологии изготовления и все температурные режимы. Таким образом, были получены контрольный образец без наполнителей и 3 опытных с вводимыми растительными добавками. Оптимальное количество вводимой добавки было определено опытным путем. Соотношение облепихи и нута в добавке составляло 1 : 1. Наполнители вносили в образцы непосредственно перед стадией самопрессования сыров. Работа на данном этапе заключалась в исследовании физико-химических показателей качества продуктов, а также в определении кальция, фосфора и витамина С.

Технология приготовления образцов из молока разных групп была одинаковой, адаптирована под лабораторные условия со строгим контролем чистоты, температурных режимов и последовательностью этапов изготовления. Технология изготовления образцов представлена на рисунке 2.

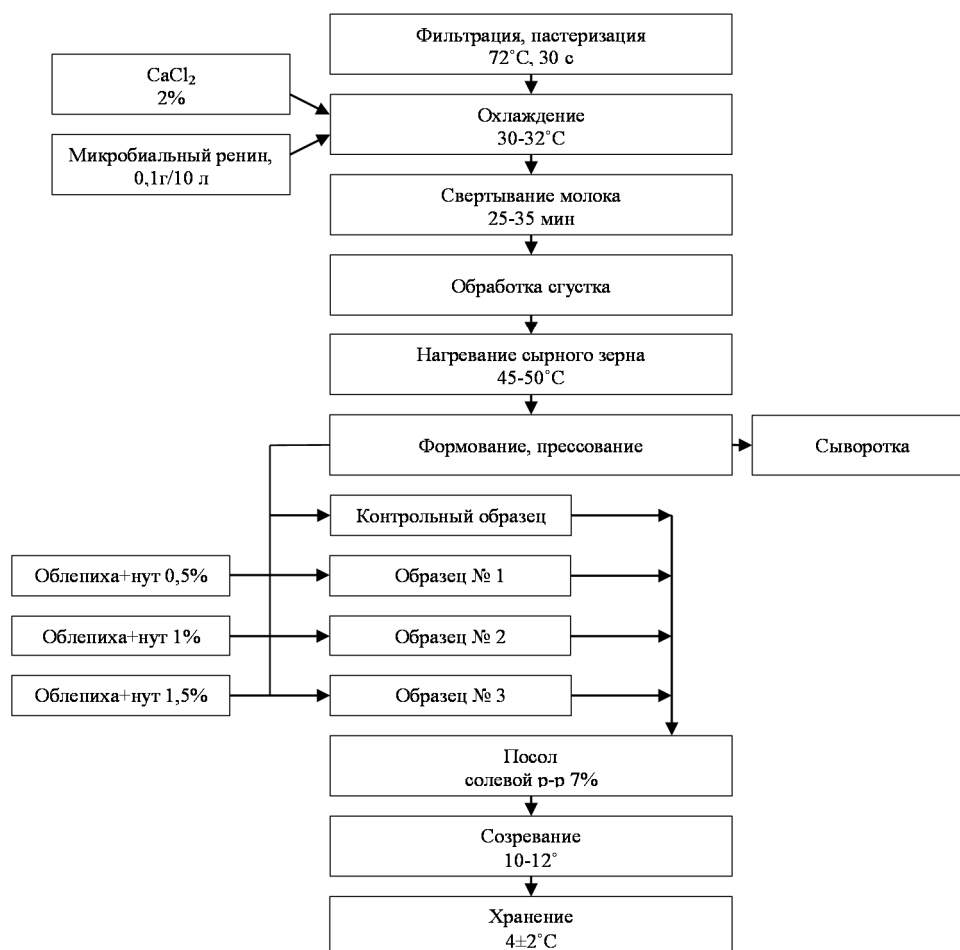


Рисунок 2 – Технология изготовления образцов мягкого сыра

Figure 2 – Technology for the manufacture of soft cheese samples

Перед началом изготовления образцов молоко проходило этапы фильтрации и пастеризации. Пастеризация проводилась путем нагрева молока до 72 °С с выдержкой 30 секунд. Перед введением молокосвертывающего фермента молоко охлаждали до температуры заквашивания 30-32 °С. Также в молоко вводили хлористый кальций двухводный пищевой в количестве 2 % от объема используемого молока для обеспечения лучшей свертываемости и образования сгустка. Микробиальный ренин вводился в охлажденное до 30-32 °С молоко в количестве 0,1 г на 10 л молока. Полученную смесь оставляли для образования плотного сгустка на 30-50 минут. По истечении времени проверяли сгусток на способность отделения сыворотки. Полученный сгусток обрабатывали путем разрезания на небольшие части (1-3 см) для лучшего отделения сыворотки. Далее сгусток вымешивали, а после этого полученное сырное зерно подвергалось второму нагреванию до температуры 45-50 °С.

По завершении нагревания смесь снова вымешивали. По мере вымешивания зерно приобретает более округлую форму, выделяется излишняя сыворотка. Введение наполнителей в образцы производилось перед стадией формования. Полученную сыр-

ную массу отвешивали в специальные сырные формы и оставляли для прессования. Периодически полученные массы сыра переворачивали для удаления лишней сыворотки и лучшего прессования. По достижении сыров определенных форм и выделении сыворотки сырные головки помещали в солевые растворы с концентрацией соли 7 % для посола. Дальнейшее созревание сыров проводилось при температуре 10-12 °С и влажности воздуха 85-90 %. Мягкие сыры не требуют длительного созревания, и нет необходимости в образовании сырной корки. Поэтому процесс созревания сыров данного вида проходит не более 3-5 суток. Хранение таких сыров производилось в холодильнике при температуре 4±2 °С.

Для проведения исследования в образцах сыра определяли все основные показатели качества. Лабораторный анализ образцов проводили на 3 день созревания. Полученные данные указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Качественные характеристики образцов сыра

Table 5 – Qualitative characteristics of cheese samples

Показатель	Контрольная группа				Опытная группа			
	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	Контрольный образец	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3
Кислотность °С	26±0,5	28±0,2	30±0,2	31±0,5	26±0,2	27±0,4	30±0,2	31±0,4
Массовая доля жира, %	10,82±0,02	10,86±0,03	10,93±0,02	11,12±0,03	10,89±0,02	10,91±0,03	10,99±0,01	11,19±0,02
Массовая доля белка, %	15,51±0,02	19,94±0,02	20,13±0,03	22,03±0,01	16,02±0,01	20,59±0,02	23,59±0,03	25,65±0,04
Влага, %	54,13±0,02	52,21±0,01	52,86±0,03	53,46±0,01	53,57±0,02	52,81±0,02	53,08±0,01	54,26±0,04

Показатели полученных образцов мягких сыров находились в пределах нормы (ГОСТ 32263-2013. *Сыры мягкие. Технические условия*. М.: Стандартинформ, 2014), однако образцы, выработанные из сырья опытной группы, отличались по показателям жира и белка. Такие изменения качественного состава обусловлены исходными показателями молочной основы, а также наличием в образцах дополнительных наполнителей.

Одними из главных компонентов в продуктах, изготовленных из молока, являются кальций и фосфор [14]. Известно, что в молоке и молочных продуктах их количество достаточно велико. В ходе эксперимента образцы мягкого сыра были изучены на наличие кальция и фосфора. Результаты наглядно представлены на рисунках 3 и 4.

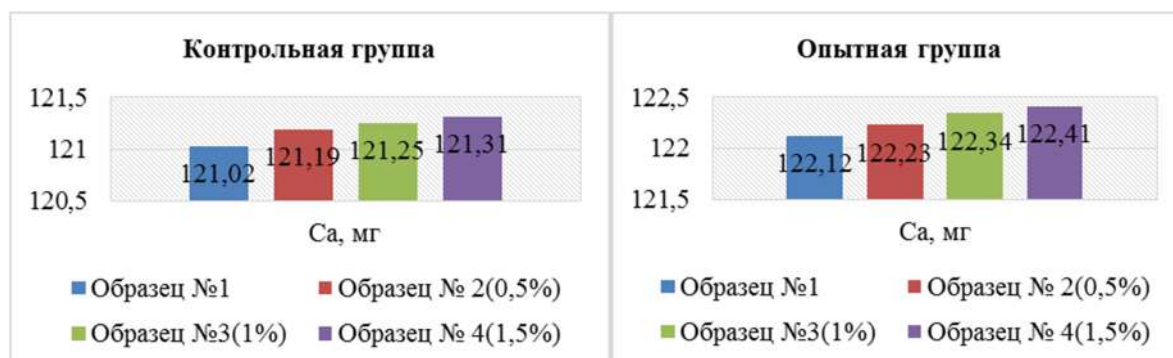


Рисунок 3 – Содержание кальция в мягких сырах

Figure 3 – Calcium content in soft cheeses

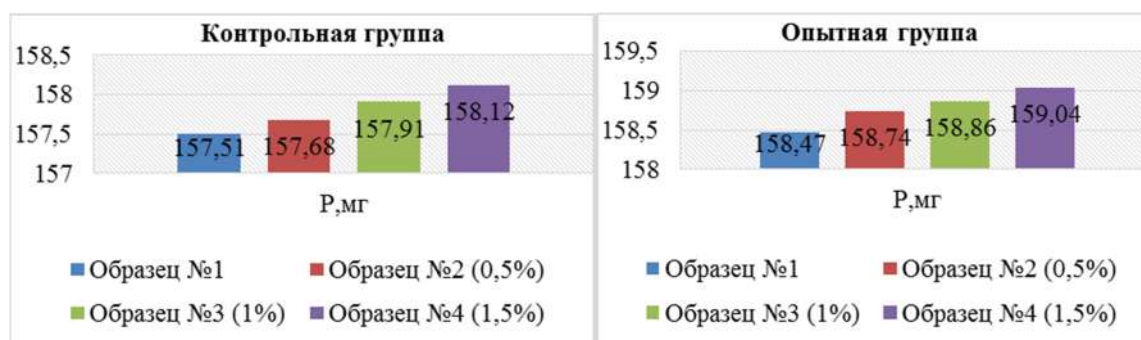


Рисунок 4 – Содержание фосфора в мягких сырах

Figure 4 – Phosphorus content in soft cheeses

По данным диаграмм можно понять, что содержание кальция и фосфора в образцах, изготовленных из молока опытной группы, превышает этот показатель в аналогичных образцах, изготовленных из молока контрольной группы. Изменение показателей кальция и фосфора объясняется содержанием их в исходном сырье, а также наличием в готовых образцах функциональных компонентов.

Вводимая в рецептуру облепихи содержит в своем составе высокое содержание витамина С [12]. Исходя из этого важным моментом являлось определение количества витамина С во всех образцах мягкого сыра. На рисунке 5 продемонстрировано изменение содержания витамина С во всех образцах исследуемых сыров.

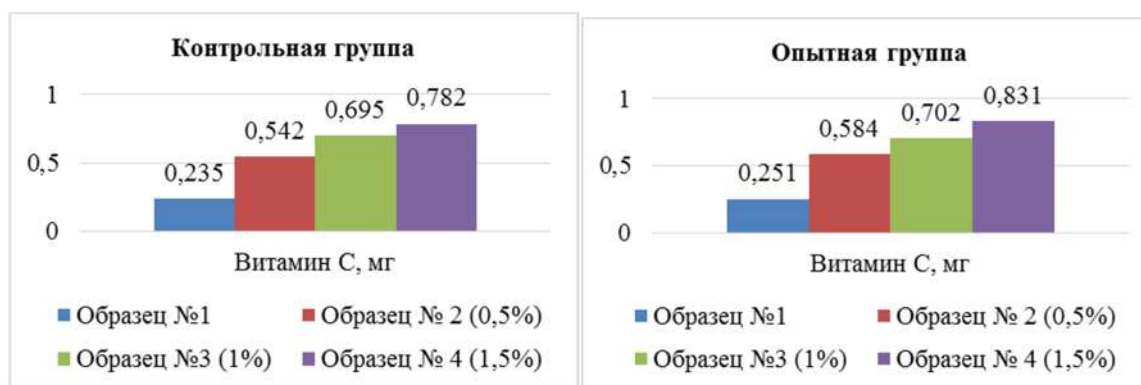


Рисунок 5 – Содержание витамина С в мягких сырах

Figure 5 – The content of vitamin C in soft cheeses

Введение в мягкие сыры растительных наполнителей, имеющих в своем составе облепиху, позволило повысить содержание витамина С. Количество витамина С в образцах № 1, № 2, № 3 и № 4 из молока контрольной группы удовлетворяет суточную потребность на 0,39 %, 0,9 %, 1,15 % и 1,30 % соответственно. В образцах № 1, № 2, № 3 и № 4, выработанных из молока опытной группы, содержание витамина С восполняет суточную потребность на 0,42 %, 0,97 %, 1,17 % и 1,38 % соответственно.

Выводы. В ходе проведенного опыта было исследовано влияние кормовой добавки «ЛактуВет» на изменение качественных показателей получаемого сырья-молока. В результате анализа выявили, что содержание белка и жира в молоке опытной группы на 0,15 % и 0,28 % выше содержания в молоке контрольной группы.

Полученное молоко было использовано для изготовления таких молочных продуктов, как сливки, кефир, творог и мягкий сыр. В выработанных продуктах были изучены основные показатели качественного состава. Все показатели находились в преде-

лах допустимых норм, однако образцы опытной группы имели более высокое содержание жира и белка по отношению к продуктам контрольной группы. Это можно объяснить повышенным содержанием белка и жира в исходном сырье.

Одним из ключевых моментов работы была выработка мягких сыров с наполнителями, вводимыми в рецептуру в различных объемах. Наполнителями послужили облепиха и нут. Компоненты вводились в рецептуры в равных долях.

К лабораторным условиям была адаптирована технология традиционной выработки мягких сыров. Важными определяемыми показателями являлись содержание жира, белка, кальция, фосфора, а также витамина С.

Согласно данным, полученным в ходе лабораторного анализа, выявили, что содержание этих показателей в образцах сыра опытной группы находилось в большем количестве, чем в образцах контрольной группы. Такие полученные данные можно объяснить качеством исходного сырья, а также влиянием растительных наполнителей.

В ходе опыта удалось выявить положительное влияние кормовых добавок на химический состав полученного сырья, а также на качество изготовленных молочных продуктов. С введением в изготовленные образцы мягких сыров смеси облепихи и нута получили продукты, дополнительно обогащенные витаминами и нутриентами.

Библиографический список

1. Ахметханова Е. Н. Облепиха в разработке новых пищевых продуктов // Матрица научного познания. 2022. № 6-2. С. 28-30.
2. Белково-углеводные кормовые добавки с лактулозой в рационах лактирующих коров / А. Г. Храмцов, А. И. Еремина, С. С. Школа, Г. С. Анисимов, Б. Т. Абилов, В. В. Кулинцев, А. П. Марынич, Н. М. Джафаров, В. П. Николаенко, Н. Я. Дыкало // Ветеринария. 2021. № 3. С. 59-64.
3. Брызгалова А. Д., Быков Л. А., Зинина О. В. Обзор разработок творожных сыров // Приоритетные направления регионального развития: материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием. 2020. С. 651-654.
4. Изучение влияния температурно-временных параметров на содержание витамина С / А. В. Чудайкина, Т. В. Киселева, Л. Г. Коляда, Е. В. Тарасюк // Качество продукции, технологий и образования: материалы XV Международной научно-практической конференции. 2020. С. 74-76.
5. Лосевская С. А., Сулимова А. А. Функциональные молочные продукты и их значение // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 213-216.
6. Лосевская С. А., Чочаева Т. Ж. Пищевые продукты на основе молока и их функциональные свойства // Современные тенденции развития науки и мирового сообщества в эпоху цифровизации: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 200-202.
7. Продуктивность дойных коров при включении в рационы углеводно-протеиновых кормовых добавок / А. П. Марынич, Б. Т. Абилов, В. В. Семенов, Н. М. О. Джафаров, А. В. Болдарева, К. А. Стребкова // Сельскохозяйственный журнал. 2022. № 1 (15). С. 58-68.
8. Смирнова Ю. М., Платонов А. В. Влияние ферментативно-пробиотических препаратов на пищевое поведение и молочную продуктивность коров-первотелок // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 5. С. 47-50.
9. Чигасов А. И. Особенности использования системы менеджмента качества контроля производства функциональных молочных продуктов // Вестник КрасГАУ. 2021. № 7 (172). С. 178-184.
10. Шерстнева В. С. Технологии производства сыра // Молодежь и наука. 2021. № 1.
11. Cottage cheese fortified by natural additives / R. S. Alibekov, E. A. Gabrilyants, A. A. Utebaeva, Z. T. Nurseitova, Z. K., Konarbayeva, B. M. Khamitova // Food Research. 2021. V. 5. № Suppl.ary 1. P. 152-159.

12. Gätlan A.-M., Gutt G. Sea buckthorn in plant based diets. An analytical approach of sea buckthorn fruits composition: nutritional value, applications, and health benefits // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2021. V. 18. № 17.

13. Khramtsov A. G., Dinyakov V. A., Lodygin A. D. Current methods of cheese enrichment with calcium salts. Modern Science and Innovations. 2022. № 1 (37). P. 68-79.

14. Technological approaches in the production of soft cheeses using the milk of cows of the red-mottled breed of the voronezh type of organic production / A. A. Derkanosova, E. E. Kurchaeva, E. S. Artemov, A. V. Vostroilov, N. A. Kashirina, E. V. Karpeeva // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International Conference on Production and Processing of Agricultural Raw Materials (P2ARM 2021). 2022. P. 012075.

Информация об авторах

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, e-mail: niimmp@mail.ru. Orcid ID: 0000-0001-6559-6595

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, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, директор ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), тел.: (8442) 39-10-48; 39-11-01; 37-38-09, профессор кафедры «Технологии пищевых производств» Волгоградского государственного технического университета (400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28); ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>. E-mail: niimmp@mail.ru

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

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.

Завгороднева Альбина Григорьевна, магистрант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28), ORCID: 0000-0002-2602-5818. E-mail: niimmp@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-42

REALIZATION OF THE GENETIC POTENTIAL OF PRODUCTIVITY IN EGG CROSS DEKALB WHITE

S. I. Nikolaev, A. K. Karapetyan, A. A. Dmitrieva, E. S. Vorontsova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 03.04.2023

Submitted 20.05.2023

Abstract

Introduction. The article presents the material obtained during the scientific and economic experiment on the study of the level of implementation of the genetic potential of the productivity of chickens of the Dekalb White cross. Modern breeding methods are based on the achievements of genetics and selection. The main elements of intensive poultry farming are breeding work to create and improve highly productive lines, poultry crosses and the creation of appropriate feeding and keeping technologies. In order to study the level of realization of the genetic potential of the productivity of laying hens of the Dekalb White cross, egg production, quality indicators of eggs, reproductive abili-

ties with the requirements for this cross were studied in a comparative aspect. **Object of study.** The object of the study were laying hens of the Dekalb White cross. **Materials and Methods.** The studies were carried out in the conditions of Volzhskaya Poultry Farm JSC on an industrial herd of layers of the Dekalb White cross in the period from 2020 to 2022. The experimental group was completed with daily young animals in the amount of 100 goals. The young animals were kept in the rearing shop up to 120 days of age and then were transferred to the laying hens shop. The content of the bird is cellular. Planting density norms, feeding and watering space, light and temperature regimes in all age periods corresponded to the VNITIP recommendations. A clinically healthy bird was used in the experiment. **Results and conclusions.** To carry out the scientific and economic experiment, chickens of the Dekalb White cross were selected in order to study the realization of the genetic potential of their productivity in the conditions of the Volzhskaya Poultry Farm JSC in order to consistently obtain high productivity of laying hens, obtain biologically complete and benign products, and sustainable reproduction of the herd. In the process of research, which included the study of the intensity of growth of the experimental young chickens, the assessment of safety, the analysis of the egg productivity of the Dekalb White cross. During the study, it was found that the safety of the young was 100%. The live weight of pullets at the age of 120 days reached 1210.10 g, which is 0.51% higher than the standard indicator. The variability of their live weight indicators was 5.16%. Egg productivity of laying hens for 52 weeks was at the level of 338.78 pcs.

Keywords: young hens, laying hens, cross Dekalb White, variability, egg productivity, diets.

Citation. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Dmitrieva A. A., Vorontsova E. S. Realization of the genetic potential of productivity in chickens of the egg cross Dekalb White. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 364-370 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-42.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, implementation and analysis of the results of the study. The presented version of the article was approved by all authors.

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

УДК 636.5.034:636.034

РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПРОДУКТИВНОСТИ У КУР ЯИЧНОГО КРОССА ДЕКАЛЬ УАЙТ

С. И. Николаев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. К. Карапетян, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

А. А. Дмитриева, аспирант

Е. С. Воронцова, старший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 03.04.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Актуальность. В статье представлен материал, полученный в ходе проведения научно-хозяйственного опыта по изучению уровня реализации генетического потенциала продуктивности кур кросса Декаль Уайт. Современные методы племенной работы основываются на достижениях генетики и селекции. Основными элементами интенсивного ведения птицеводства являются племенная работа по созданию и совершенствованию высокопродуктивных линий, кроссов птицы и создание соответствующих технологий кормления и содержания. С целью изучения уровня реализации генетического потенциала продуктивности кур-несушек кросса Декаль Уайт, были изучены в сравнительном аспекте яйценоскость, качественные показатели яиц, воспроизводительные способности с требованиями по данному кроссу. **Объект исследования.** Объектом исследования являлись куры-несушки кросса Декаль Уайт. **Материалы и методы.** Исследования были проведены в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» на промышленном стаде несушек кросса «Декаль Уайт» в период с 2020 по 2022 год. Опытную групп-

пу комплектовали суточным молодняком в количестве 100 голов. Молодняк содержался в цехе выращивания до 120-дневного возраста и затем был переведен в цех кур-несушек. Содержание птицы – клеточное. Нормы плотности посадки, фронт кормления и поения, световой, температурный режимы во все возрастные периоды соответствовали рекомендациям ВНИТИП. В опыте использовалась клинически здоровая птица. **Результаты и выводы.** Для проведения научно-хозяйственного опыта были отобраны куры кросса Декалб Уайт с целью изучения реализации генетического потенциала их продуктивности в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» для стабильного получения высокой продуктивности кур-несушек, получения биологически полноценной и доброкачественной продукции, устойчивого воспроизводства стада. В процессе исследования, которое включало в себя изучение интенсивности роста подопытного молодняка кур, оценку сохранности, анализ яичной продуктивности кросса Декалб Уайт. В процессе исследования установлено, что сохранность молодняка составила 100 %. Живая масса молодок в возрасте 120 дней достигла 1210,10 г, что выше нормативного показателя на 0,51 %. Вариабельность показателей их живой массы равнялась 5,16 %. Яичная продуктивность кур-несушек за 52 недели была на уровне 338,78 шт.

Ключевые слова: *молодняк кур, куры-несушки, кросс Декалб Уайт, вариабельность, яичная продуктивность, живая масса, сохранность.*

Цитирование. Николаев С. И., Карапетян А. К., Дмитриева А. А., Воронцова Е. С. Реализация генетического потенциала продуктивности у кур яичного кросса Декалб Уайт. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 364-370. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-42.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Птицеводство, поставленное на промышленную основу, – одна из самых интенсивных отраслей аграрного комплекса страны. С развитием птицеводства значительно возрастает роль и значение инкубации, выращивания молодняка и содержания кур.

Результатом многолетнего труда генетиков и селекционеров стало создание белых и коричневых кроссов несушки, работая с которыми можно добиться высоких технических и экономических показателей. Благодаря используемым методам селекции эти кроссы продолжают непрерывно улучшаться [1, 2, 6].

Однако независимо от интенсивности и эффективности селекционной программы реализовать заложенный в птице генетический потенциал полностью можно лишь имея некоторый опыт работы с несушкой.

В последние годы в промышленном птицеводстве произошли существенные изменения: появились новые высокопродуктивные кроссы, интенсифицировались технологии выращивания птицы, широко стал использоваться компьютерный мониторинг управления процессами и оборудованием. При этом актуальной остается проблема биологической безопасности производства продуктов питания [3, 4, 8, 12].

На современном этапе достигнутый уровень продуктивности сельскохозяйственной птицы основан на получении эффекта гетерозиса, который проявляется при скрещивании специализированных отцовских и материнских линий и форм.

Гетерозис максимально проявляется только в первом поколении. В связи с этим в яичном и мясном птицеводстве селекционная работа направлена на создание 2-, 3- или 4-линейных кроссов, состоящих из сочетающихся материнских и отцовских линий, скрещивание которых по рекомендуемой схеме обеспечивает проявление эффекта гетерозиса: получение большого количества более дешевой продукции.

Для дальнейшего увеличения производства птицеводческой продукции определяющее значение приобретают повышение продуктивности, жизнеспособности, рост качественных показателей птицы [5, 10, 11, 14].

Материалы и методы. Комплекс настоящих исследований поставлен в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» в период с 2020 по 2022 год, с целью реализации генетического потенциала, совершенствования воспроизводительных качеств кур кросса «Декалб Уайт».

Опытную группу для оценки с требованиями по кроссу комплектовали одновозрастным суточным молодняком, в количестве 100 голов, который содержался в цехе выращивания молодняка и в 120-дневном возрасте был переведен в цех кур-несушек. В опыте принимала участие клинически здоровая птица. Температура воздуха в корпусе соответствовала нормам и в первый день составляла 33-35 °С, на третий день была понижена до 32-33 °С, на 4-5 день – до 32-30 °С, на 6-7 день – до 31-29 °С с каждой последующей неделей температуру в корпусе понижали на 2-1 °С. Так, уже с 5 недели и до 52 недель температура в корпусе составляла 18-20 °С.

Световой режим с 1-3 день составлял 24 часа, на 4-5 день – 23 часа, на 6-7 день – 20 часов, на вторую неделю – 19 часов, в третью и четвертую неделю длительность светового дня снизилась до 18 часов. Каждую последующую неделю световой день сокращался на 1 час. Так, длительность светового дня для молодняка в возрасте 21 недели сократилась до 12 часов. С 5 % до 20 % кладки – 13 часов, с 20 % кладки до конца продуктивного периода – 14 часов, с 35-50 % кладки и до момента высадки птицы – 15 часов.

Нормы плотности посадки, фронт кормления и поения, температурный и световой режимы во все возрастные периоды соответствовали рекомендациям ВНИТИП.

Результаты и обсуждение. Нами в период проведения исследований были изучены показатели сохранности, динамики живой массы, яичной продуктивности птицы кросса Декалб Уайт.

Выращивание ремонтного молодняка кур является самым сложным и весьма важным технологическим звеном в производстве пищевых яиц по замкнутому технологическому циклу. Для реализации генетического потенциала птицы важным фактором является правильное выращивание ремонтного молодняка. Качество ремонтного молодняка определяет основные показатели будущей продуктивности и жизнеспособности птицы комплектуемого стада и характеризуется физиологической подготовленностью курочек к продуктивному периоду. Конечным целевым продуктом являются подрощенные до 17-недельного возраста ремонтные курочки, которые предназначаются для комплектования цеха промышленных несушек [7, 9, 13].

Сохранность поголовья подопытного молодняка кур кросса Декалб Уайт на момент перевода в цех несушки составляла 100 %, что выше нормативных данных.

Динамика живой массы представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика живой массы молодняка кур, г ($M \pm m$) ($n=100$)

Table 1 - Dynamics of live weight of young chickens, g ($M \pm m$) ($n=100$)

Группа	Возраст птицы, дней				
	суточные	30	60	90	120
Нормативные показатели	не менее 33	258	585	975	1204
Данные кросса Декалб Уайт на птицефабрике «Волжская»	38,48±0,40	278,68±2,98	638,84±5,97	1033,02±5,90	1210,10±6,58
σ	3,97	29,64	59,39	58,67	62,47
$C_v, \%$	10,32	10,64	9,30	5,68	5,16

Стоит отметить, что в 120 дней масса цыплят составляла 1210,10 г, что выше норматива на 6,1 г., среднее квадратическое отклонение 62,47 г., вариабельность составляла 5,16 % (рисунок 1).

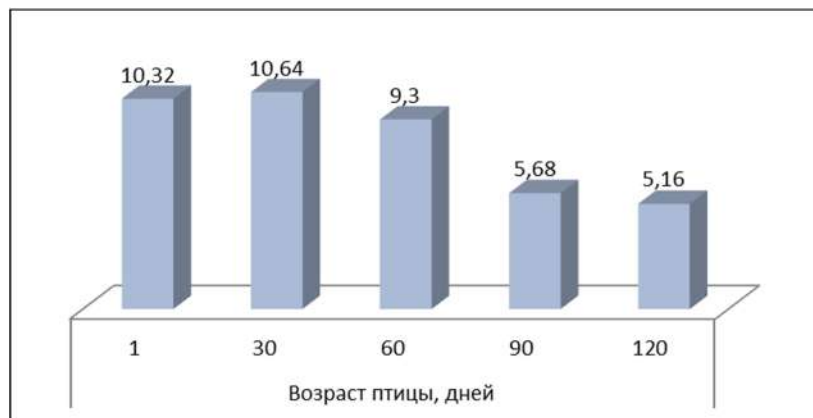


Рисунок 1 – Коэффициент вариации живой массы молодняка кур кросса Декалб Уайт

Figure 1 – The coefficient of variation in the mass of young cross Dekalb White

Анализ результатов морфологического и биохимического состава крови подопытных молодок свидетельствуют о том, что гематологические показатели находились в пределах физиологической нормы. Таким образом, в обмене веществ молодняка кур не наблюдалось каких-либо существенных нарушений, что свидетельствует о полноценности их кормления.

Гематологические показатели молодняка кур представлены на рисунке 2.

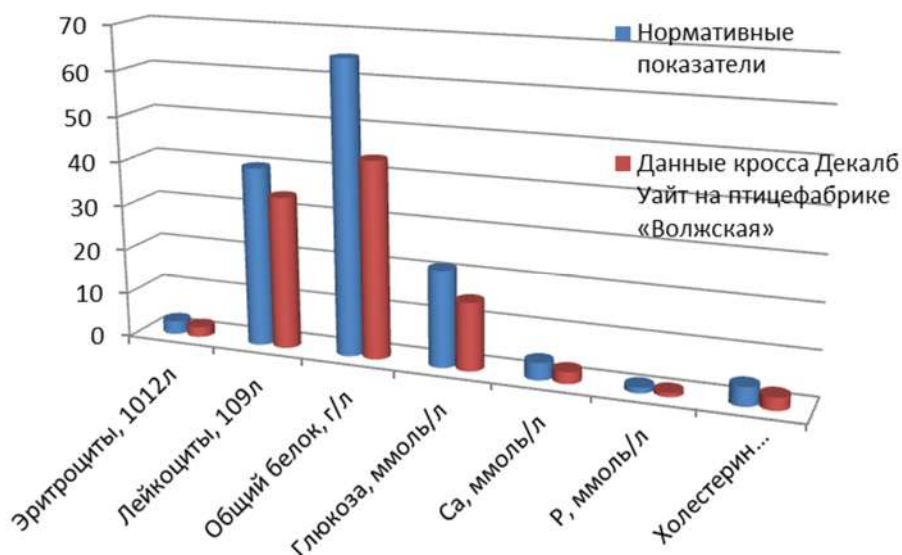


Рисунок 2 – Морфологический и биохимический состав крови молодняка кур

Figure 2 – Morphological and biochemical composition of the blood of young chickens

Содержание эритроцитов в крови молодняка кур составляло $2,25 \times 10^{12}$ /л, лейкоцитов – $34,00 \times 10^9$ /л, общего белка – 43,83 г/л, глюкозы – 15,17 ммоль/л, кальция – 2,62 ммоль/л, фосфора – 0,92 ммоль/л, холестерин составлял 2,83 ммоль/л.

Зоотехнические показатели являются важными при оценке селекционно-генетических признаков кур-несушек (таблица 2).

Таблица 2 – Зоотехнические показатели кур-несушек

Table 2 – Zootechnical indicators of laying hens

Группа	Показатель					
	Яйценоскость на начальную несушку, шт	Яйценоскость на среднюю несушку, шт	Средняя масса яиц, г	Получено яичной массы, кг	Затраты корма на производство, кг	
					1 кг яйце-массы	10 шт. яиц
Нормативные показатели	324-330	332-338	62,85±0,66	20,0-22,0	1,9-2,1	1,18-1,25
Данные кросса Декалб Уайт на птицефабрике «Волжская»	332,00	338,78	63,43±0,71	21,05	1,90	1,25

Яйценоскость за период проведения опыта составляла на среднюю несушку 338,78 шт. яйца, что выше нормативных данных на 0,78 шт. яйца. Средняя масса яиц и яичной массы были в пределах нормы. Затраты корма на производство 1 кг яйцемассы составляли 1,90 кг, на производство 10 шт. яиц составляли 1,25 кг.

Выводы. Данные исследования показали, что выращиваемая птица кросса Декалб Уайт в условиях АО «Птицефабрика «Волжская» по сохранности соответствует нормативным показателям данного кросса. Живая масса на момент перевода птицы во взрослое стадо в 120 дней составляла 1210,10 г, что выше нормативного показателя на 0,51%, вариабельность составляла 5,16%, яичная продуктивность за 52 недели составляла 338,78 шт. яйца, что выше нормативного предела показателя на 0,23%. Следует продолжить дальнейшее изучение селекционно-генетических признаков птицы кросса «Декалб Уайт».

Библиографический список

1. Анализ взаимосвязей между морфологическими показателями пищевых яиц / Л. Ш. Горелик, М. А. Дерхо, С. Ю. Харлап, О. В. Горелик, О. Г. Лоретц // Аграрный вестник Урала. 2018. № 8 (175). С. 4.
2. Баркова О. Ю. Ассоциация однонуклеотидной замены SNP2-1 с признаками качества яйца у кур-несушек // Птицеводство. 2019. № 7-8. С. 14-18.
3. Бычаев А. Г., Васильева Л. Т. Эффективность способов содержания кур яичных кроссов на птицефабриках Ленинградской области // Генетика и разведение животных. 2015. № 1. С. 58-62.
4. Возможности генетического анализа в изучении биоразнообразия генофондных пород кур и паспортизации пород / В. П. Терлецкий, В. И. Тыщенко, И. Я. Шахтамиров, У. А. Де-лаев // Птицеводство. 2019. № 7-8. С. 19-22.
5. Дерхо М. А., Серeda Т. Н. Влияние микроклимата на сохранность и обмен веществ у ремонтного молодняка кур // АПК России. 2017. Т. 24. № 2. С. 366-370.
6. Игнатович Л. С. Влияние генотипа на продуктивные качества кур-несушек // Птица и птицепродукты. 2021. № 1. С. 28-31.
7. Кавтарашвили А. Ш., Гладин Д. В. Сравнительная эффективность различных систем освещения в птицеводстве // Птицеводство. 2016. № 4. С. 37-50.
8. Коршунова Л. Г., Карапетян Р. В. Использование генетических методов на основе ДНК-маркеров продуктивных признаков в селекции кур // Птицеводство. 2021. № 5. С. 4-7.
9. Коршунова Л. Г., Карапетян Р. В. Сохранение и мониторинг генофонда отечественных пород кур // Птицеводство. 2021. № 3. С. 9-12.
10. Рост и сохранность цыплят кросса «Хайсекс Уайт» на фоне применения биогенных препаратов / Н. Г. Иванов, В. Г. Семенов, И. Л. Леонтьева, Е. Е. Лягина // Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (10). С. 66-69.

11. Федорова Е. С., Станишевская О. И., Дементьева Н. В. Современное состояние и проблемы племенного птицеводства в России // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020. Т. 21. № 3. С. 217-232.

12. Фисинин В. И. Стратегические тренды развития мирового и отечественного птицеводства: состояние, вызовы, перспективы // Мировые и российские тренды развития птицеводства: реалии и вызовы будущего: материалы XIX междунар. конф. Сергиев Посад, 2018. С. 9-48.

13. Эффективность выращивания молодняка кур кросса Хайсекс Браун в зависимости от использования различных рецептов ПК / В. И. Котарев, Л. В. Лядова, С. Ю. Попов, Е. Е. Морозова, Г. В. Власова // Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета. 2018. Т. 54. № 4. С. 171-175.

14. Janczak A. M., Ribier A. B. Review of rearing-related factors affecting the welfare of laying hens // Poultry Science. USA, 2015. Vol. 94. Issue 7. P. 1454-1469.

Информация об авторах

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Карапетын Анжела Керовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Дмитриева Алёна Алексеевна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: alenka.gronova@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-43

HISTOLOGICAL STRUCTURE OF THE SKIN OF ORENBURG GOATS OF DIFFERENT TYPES

V. A. Panin

*Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies
of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia*

Received 20.04.2023

Submitted 25.05.2023

*The performed studies were carried out according to the research plan for 2019-2023.
FGBNU FNC BST RAS (No. 0761-2019-0006).*

Abstract

Introduction. Goats and sheep have a lot in common, some similarities are seen in the histological structure of the skin. Many authors have studied the histological structure of sheep skin. It was found that the level and character of wool productivity of sheep is largely determined by the histological structure of the skin. Therefore, the study of differences in the structure of the skin is not only of great practical importance, since this system of the sheep's body performs the most important function of connecting the body with the external environment and, in addition, is an important constitutional and exterior feature taken into account during selection and selection, but also theoretical, since it makes it possible to obtain more-to characterize the skin complex in animals of new genetic combinations and to extrapolate the acquired knowledge to the breeding process. The histological structure of the skin of goats of the downy direction of productivity of the Orenburg breed, unlike sheep, has been insufficiently studied. In this regard, the purpose of our research was to assess the histological structure of the skin of downy goats of the Orenburg breed of different production types. **An object.** The object of research is the downy goats of the Orenburg breed of various types of wool cover. **Materials and**

methods. The research was carried out at the experimental site of the SEC (collective farm) "Donskoy" of the Belyaev district of the Orenburg region. Laboratory studies were carried out in the laboratory of the Central Committee of the Federal Tax Service of the BST RAS. Histological studies of the skin were performed according to the method of N. A. Diomidova et al., while taking samples of the skin by biopsy, from nine animals of each type at different ages. **Results and conclusion.** The condition of the skin of goats allows you to identify the breed affiliation and intra-breed production type. One of the possible ways to increase the indicators of down productivity of goats is to study the histological structure of the skin in age dynamics. The indicator of the total skin thickness of the studied goats reaches a higher value by the age of 24 months. The thickness of the epidermis in the skin of goats of different age periods undergoes changes to a lesser extent, the pilar layer of 24-month-old goats of the Orenburg production type increased by 8.72% compared to 12-month-old, and the reticular layer by 13.12%, goats of the desired type by 9.67 and 9.63%, and goats of downy of the stem type by 6.70% and 16.38%, respectively. The total skin thickness of goats both at birth and at the age of 24 months is formed mainly due to the development of the reticular and pilar layers. The changes occurring in the epidermis, the polar, reticular layers and the skin as a whole at different age periods due to the overall growth and development of goats are of a different nature. The skin of goats during childbirth is characterized by an increased density of follicles, exceeding on average from 4.7 to 5.2 times the density of follicles per mm² of goat skin at the age of 24 months. In the skin of newborn goats, the density of secondary undeveloped follicles differed, depending on belonging to the production type. Downy type goats were characterized by the maximum total number of follicles per 1 mm² of skin at the age of 24 months (96.55 pcs.) and were ahead of the Orenburg and desirable production types on this basis by 4.28 and 1.98%, respectively. The histological structure of the skin is in close relationship with the level and nature of the down productivity of goats in all the studied age periods.

Key words: goats, Orenburg breed, goat breeding, skin histostructure, epidermis, pilar, reticular, skin thickness, type.

Citation. Panin V. A. Histological structure of the skin of Orenburg goats of different types. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 370-379 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-43.

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 authors declare no conflict of interest.

УДК 636.39.035

ГИСТОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ КОЖИ КОЗ ОРЕНБУРГСКОЙ ПОРОДЫ РАЗНЫХ ТИПОВ

В. А. Панин, доктор сельскохозяйственных наук

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

Дата поступления в редакцию 20.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

**Выполненные исследования проведены согласно плану НИР на 2019–2023 гг.
ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ 0761-2019-0006)**

Актуальность. Козы и овцы имеют много общего, отдельные сходства просматриваются в гистологическом строении кожи. Изучением гистологического строения кожи овец занимались многие авторы. Установлено, что уровень и характер шерстной продуктивности овец во многом определяется гистологическим строением кожи. Поэтому изучение различий в структуре кожи имеет не только большое практическое значение, так как данная система организма овцы осуществляет важнейшую функцию связи организма с внешней средой и, помимо этого, является важным конституциональным и экстерьерным признаком, учитываемым при отборе и

подборе, но и теоретическое, так как даёт возможность получить более объективную характеристику кожного комплекса у животных новых генетических сочетаний и экстраполировать полученные знания на селекционный процесс. Гистологическое строение кожи коз пухового направления продуктивности оренбургской породы, в отличие от овец, изучено в недостаточной степени. В связи с этим целью наших исследований являлось проведение оценки гистологического строения кожи пуховых коз оренбургской породы разных производственных типов. **Объект.** Объектом исследований являются пуховые козы оренбургской породы различных типов шерстного покрова. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке СПК (колхоз) «Донской» Беляевского района Оренбургской области. Лабораторные исследования проводились в лаборатории ЦКП ФНЦ БСТ РАН. Гистологические исследования кожи выполнялись по методике Н. А. Диомидовой и др., при этом производилось взятие образцов кожного покрова методом биопсии, от девяти животных каждого типа в разном возрасте. **Результаты и выводы.** Состояние кожного покрова коз позволяет выявить породную принадлежность и внутripородный производственный тип. Одним из возможных путей повышения показателей пуховой продуктивности коз является изучение гистологического строения кожи в возрастной динамике. Показатель общей толщины кожи исследуемых коз достигает более высокого значения к 24-месячному возрасту. Толщина эпидермиса в кожном покрове коз разных возрастных периодов претерпевает изменения в меньшей степени, пилярный слой 24-месячных коз оренбургского производственного типа по сравнению с 12-месячным увеличился на 8,72 %, а ретикулярный – на 13,12 %, коз желательного типа – на 9,67 и 9,63% и коз пухового производственного типа – на 6,70 % и 16,38 % соответственно. Общая толщина кожи у коз как при рождении, так и в возрасте 24 месяцев формируется в основном за счет развития ретикулярного и пилярного слоев. Изменения, происходящие в эпидермисе, пилярном, ретикулярном слоях и коже в целом в разные возрастные периоды в связи с общим ростом и развитием коз, имеют неодинаковый характер. Кожа коз при рождении отличается повышенной плотностью расположения фолликулов, превосходящей в среднем от 4,7 до 5,2 раз густоту фолликулов на одном мм² кожи коз в возрасте 24 месяца. В коже новорожденных коз густота вторичных неразвитых фолликулов отличалась в зависимости от принадлежности к производственному типу. Козы пухового типа характеризовались максимальным общим количеством фолликулов на 1 мм² кожного покрова в возрасте 24 месяца (96,55 шт.) и опережали особей оренбургского и желательного производственных типов по данному признаку на 4,28 и 1,98 % соответственно. Гистологическое строение кожи находится во все изученные возрастные периоды в тесной взаимосвязи с уровнем и характером пуховой продуктивности коз.

Ключевые слова: козы оренбургской породы, козоводство, гистоструктура кожи, эпидермис пилярный, эпидермис ретикулярный, толщина кожи, типы пород коз.

Цитирование. Панин В. А. Гистологическое строение кожи коз оренбургской породы разных типов. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 370-379. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-43.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи ознакомился и одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. Происходящая в последние десятилетия интенсификация развития отрасли скотоводства оказывает решающее влияние на уровень импортозамещения и продовольственного обеспечения нашей страны. Поэтому в принятых Государственных программах развития АПК на перспективу имеет приоритетное значение интенсификация развития различных отраслей животноводства [13, 15], в том числе и в отрасли пухового козоводства, которое является в определенной степени достаточно востребованной, но не быстро растущим производством российского сельскохозяйственного комплекса.

Установлено, что биологические особенности живого организма определяются наследственностью и характеризуются определённым типом обмена веществ, что формирует продуктивность животного [3, 10]. В том числе уровень продуктивности особи определяется и внутривидовым производственным типом.

Следует учитывать, что чистопородное разведение является ведущим методом разведения, поддержания и закрепления единообразия обозначенных стандартов породы. При чистопородном разведении строго учитывается породная принадлежность животных, а работа с линиями является основой в дальнейшем совершенствовании породы, поскольку линейное, или чистопородное, разведение является высшей формой селекционной работы с животными в большинстве регионов нашей страны [2, 7].

Также необходимо отметить, что для улучшения организации производственных процессов выращивания животных нужно сочетать биологические особенности индивидуального развития животных с современными технологическими системами [11, 14], что имеет значительную актуальность и в отрасли козоводства.

В настоящее время большое внимание уделяется козоводству молочного направления продуктивности, которое по степени распространённости и количеству молочных пород значительно превосходит мясное козоводство. Ценность физико-химического состава козьего молока заключается в том, что оно обладает лечебными и диетическими свойствами, и это способствовало широкому распространению молочного козоводства [4]. Несмотря на то, что на территории России за последние годы возросла численность коз молочных пород (только за последние 3-5 лет в стране насчитывается около 1 млн голов молочных коз [4], козоводству пухового направления продуктивности уделяется большое внимание. поголовье коз пухового направления продуктивности остается достаточно стабильным с тенденцией незначительного сокращения, в частности на примере коз оренбургской породы в Оренбургской области.

На развитие козоводства выделяются различного вида дотации с целью поддержки как предпринимателей данного направления деятельности, так и фермерских хозяйств, занимающихся разведением мелкого рогатого скота. Согласно информации, представленной на сайте Федеральной службы государственной статистики, наибольший процент разведения поголовья молочных коз приходится на личные подсобные хозяйства [4], тогда как более высокий процент поголовья коз оренбургской породы содержится в крупных хозяйствах.

Козы и овцы имеют много общего, отдельные сходства просматриваются в гистологическом строении кожи. Изучением гистологического строения кожи овец занимались многие авторы. Установлено, что уровень и характер шерстной продуктивности овец во многом определяется гистологическим строением кожи. Поэтому изучение различий в структуре кожи имеет не только большое практическое значение, так как данная система организма овцы осуществляет важнейшую функцию связи организма с внешней средой и, помимо этого, является важным конституциональным и экстерьерным признаком, учитываемым при отборе и подборе, но и теоретическое, так как даёт возможность получить более объективную характеристику кожного комплекса у животных новых генетических сочетаний и экстраполировать полученные знания на селекционный процесс [1, 5, 6, 8, 9, 12].

Гистологическое строение кожи коз пухового направления продуктивности оренбургской породы в отличие от овец изучено в недостаточной степени. В связи с этим целью наших исследований являлось проведение оценки гистологического строения кожи пуховых коз оренбургской породы разных производственных типов.

Материалы и методы. Объектом исследований являются пуховые козы оренбургской породы различных типов шерстного покрова. Исследования проводились на опытном участке СПК (колхоз) «Донской» Беляевского района Оренбургской области. Лаборатор-

ные исследования проводились в лаборатории, где при выполнении исследования задействовано оборудование ЦКП ФНЦ БСТ РАН. Период проведения исследований начался в феврале 2019 года и закончился в январе 2023 года. Отобранные в исследовании животные разделены на три группы. В I группу выделили коз оренбургского производственного типа, характеризующихся длинной остью и существенно меньшей длиной пуха. Во взрослом состоянии особи этого типа отличаются более высокой живой массой. Во II группу включили коз желательного производственного типа, у которых длина пуха идентична длине ости и живая масса более низкая, нежели у особей оренбургского типа. В III группу включили коз пухового производственного типа, у которых длина пуха более высокая в сравнении с остью. Козы пухового производственного типа характеризуются более низкой живой массой в сравнении с животными оренбургского и желательного типов. Гистологические исследования кожи выполнялись по методикам Н. А. Диомидовой и др., Г. И. Кульчумовой, при этом производилось взятие образцов кожного покрова методом биопсии от девяти животных из каждой группы в разном возрасте. От каждого животного производили взятие трех образцов кожи из огузка, воротка, отступая на 50,0 мм от линии хребта, и из середины полы отступая от белой линии на 50,0 мм. Величина образцов составляла 25,0-30,0 мм². На вертикальных срезах проводилось изучение общей толщины кожи и отдельных слоев (эпидермис, пилярный и ретикулярный). На горизонтальных срезах определялось количество первичных и вторичных фолликулов на единицу площади кожи. Рассчитывалось отношение вторичных фолликулов к первичным.

Полученные в опыте цифровые данные подвергнуты математической и вариационной статистической обработке по методу Н. А. Плохинского с использованием пакета программ Microsoft Office.

Результаты и обсуждение. Кожный покров пуховых коз осуществляет разнообразные функции, влияющие на жизнедеятельность организма козы в целом. Кожа выполняет роль посредника между организмом козы и окружающей средой. От функциональной особенности кожного покрова коз и его строения в большой доле вероятности зависит уровень пуховой продуктивности и качество пуха. Исследование гистологического строения кожного покрова и влияния гистологической структуры кожи коз на начес пуха и его свойства имеет достаточное значение для дальнейшего развития теории и практики селекции пуховых коз по повышению показателей их пуховой продуктивности. Пуховые волокна возникают как производное кожного покрова коз. Кожа коз пухового направления продуктивности состоит из эпидермиса пилярного и ретикулярного слоев, отличающихся по своему гистологическому строению и функциональному значению. Огромный практический интерес к изучению пуховой продуктивности в связи с особенностями строения кожного покрова представляет собой с точки зрения определения путей воздействия на эту взаимосвязь, в частности с целью повышения пуховой продуктивности коз оренбургской породы и улучшения качества кожевенной продукции.

Так как пуховое волокно является производным кожного покрова, нужно знать структуру кожи.

Нами проведена оценка гистологического строения кожи коз оренбургской породы разных типов. Как было указано выше, рост и развитие волокон пуха обуславливается деятельностью соответствующих слоев кожного покрова, в связи с чем проводилось исследование для нахождения некоторых отличий у коз разных производственных типов в зависимости пуховой продуктивности от гистологической структуры кожного покрова.

Величина показателя показателей толщины кожи изучаемых коз варьировала в интервале от 1773,2 до 2644,2 мкм (таблица 1).

Из данных, приведенных в таблице 1, следует, что в особенностях строения кожи пуховых коз оренбургской породы наблюдаются достаточно выраженные различия, обусловленные производственным типом шерстного покрова. Кожа коз оренбургского

производственного типа характеризуется сравнительно большей толщиной в отличие от кожи особей желательного и пухового производственных типов. Так, в возрасте 24 месяцев общая толщина кожи коз оренбургского типа составила 2644,2 мкм, что на 76,5 мкм или 2,89 % больше в сравнении с общей толщиной кожи сверстниц желательного типа и на 146,7 мкм или 5,55 % – коз пухового производственного типа.

Таблица 1 – Динамика показателей толщины слоев кожи коз, мкм

Table 1 – Dynamics of indicators of thickness of goat skin layers, microns

Группа, Возраст, мес.		Слой кожи (эпидермис, дерма: пилярный; ретикулярный)							
		эпидермис		пилярный		ретикулярный		Кожа в целом	
		х±Sx	Cv	х±Sx	Cv	х±Sx	Cv	х±Sx	Cv
I	0*	19,3±0,21	1,71	1314,1±2,23	1,64	517,5±2,19	3,06	1850,9±4,24	2,54
	6	21,2±0,13	0,80	1495,6±3,52	0,56	598,5±3,01	1,11	2115,3±4,19	1,17
	12	24,1±0,17	0,90	1689,5±2,08	0,27	666,1±2,65	0,91	2379,7±2,15	0,86
	24	26,6±0,47	1,12	1850,9±2,06	1,05	766,7±2,56	0,89	2644,2±4,16	0,90
II	0*	18,8±0,34	1,88	1294,4±2,12	1,81	509,9±2,17	3,17	1823,1±4,63	2,51
	6	21,1±0,23	2,04	1470,6±2,81	0,22	579,6±3,45	1,75	2071,3±4,87	1,16
	12	23,2±0,18	0,97	1646,8±2,29	0,66	649,5±3,01	1,02	2319,5±5,06	0,78
	24	26,0±0,35	1,16	1823,0±1,22	1,08	718,7±3,08	0,94	2567,7±5,11	0,88
III	0*	18,1±0,24	1,98	1258,9±3,06	1,64	496,2±2,25	3,01	1773,2±4,79	2,36
	6	20,1±0,20	1,06	1430,3±3,01	0,48	564,2±2,76	2,01	2014,6±4,81	1,21
	12	22,6±0,14	0,57	1601,8±2,50	0,49	631,7±3,04	0,89	2256,1±5,66	0,71
	24	25,2±0,46	1,08	1716,9±2,11	0,98	755,4±1,88	0,94	2497,5±5,74	1,06

*0 мес. - При рождении.

Структура кожного покрова, состоящая из эпидермиса и дермы (пилярный и ретикулярный слой дермы) подопытных коз, так же, как и общая толщина их кожи, имела определенные отличия. Если толщина пилярного слоя в 24-месячном возрасте коз оренбургского типа составляла 1850,9 мкм, а коз пухового типа 1716,9 мкм, то разница равнялась 134,0 мкм или 7,24 %. В аналогичном возрасте показатель толщины пилярного слоя особей желательного типа составил 1823,0 мкм и был ниже по сравнению с показателем коз оренбургского типа на 27,9 мкм или 1,51 %, но выше, чем у сверстниц пухового типа, на 106,1 мкм или 5,82 %. В том же возрастном периоде толщина ретикулярного слоя дермы коз первой группы – оренбургского типа составила 766,7 мкм, что больше в сравнении с особями второй группы – желательного производственного типа на 48,0 мкм или 6,26 % и больше относительно сверстниц третьей группы – пухового производственного типа на 11,3 мкм или 1,47 %. Разница в величине указанного показателя между козами желательного и пухового производственных типов составила 36,7 мкм или 4,86 % с преимуществом показателя коз пухового типа. Толщина эпидермиса коз оренбургского типа равнялась 26,6 мкм и была больше в сравнении с толщиной эпидермиса коз желательного типа на 0,6 мкм или 2,26 % и в сравнении с эпидермисом коз пухового типа на 1,4 мкм или 5,26 %.

Толщина кожного покрова новорожденных животных разных производственных типов составила от 1773,2 мкм до 1850,9 мкм, что составило 71,0-70,0 % от толщины кожи 24-месячных коз, при этом большей толщиной кожи при рождении обладали козы

оренбургского производственного типа, а более тонкую кожу имели особи пухового производственного типа. Удельная доля эпидермиса в толщине кожного покрова незначительна – 0,99-1,04 %. Однако при рождении наибольшей толщиной эпидермиса обладали козы оренбургского типа, а наименьшей – пухового производственного типа. В кожном покрове новорожденных коз пилярный слой занимал в среднем по типам около 71,0 % общей толщины кожного покрова. Более высокая толщина пилярного слоя определена у коз оренбургского типа, более низкая – у коз пухового типа, которые достоверно уступали козам двух других типов.

В возрастной отрезок от рождения до 6-месячного возраста у исследуемых коз всех типов произошло достоверное увеличение толщины кожного покрова в целом в основном за счет прироста ретикулярного и пилярного слоев. В последующем в период от 6 до 12-месячного возраста установлено увеличение толщины кожи, аналогичное предыдущему периоду с разной интенсивностью по типам. Существенные закономерности возрастных изменений толщины ретикулярного слоя исследуемых коз всех типов были аналогичны трансформациям толщины кожного покрова в целом.

Общая толщина кожного покрова у исследуемых коз достигает максимума к 24-месячному возрасту. При этом толщина эпидермиса в кожном покрове коз разных возрастных периодов варьирует в меньшей степени, пилярный слой кожи у 24-месячных коз оренбургского производственного типа по сравнению с 12-месячными увеличился на 8,72 %, а ретикулярный – на 13,12 %, коз желательного типа – на 9,67 и 9,63% соответственно и коз пухового производственного типа – на 6,70 % и 16,38 % соответственно. Общая толщина кожи у коз как при рождении, так и в возрасте 24 месяцев формируется в основном за счет развития ретикулярного и пилярного слоев (дерма).

Изменения, происходящие в эпидермисе, пилярном, ретикулярном слоях и коже в целом в возрастные периоды, следующие за рождением в связи с общим ростом и развитием коз, имеют неодинаковый характер. Во все возрастные периоды отношение толщины эпидермиса к толщине кожи в целом у коз разных типов не имело большой разности. Отношение развития пилярного и ретикулярного слоёв кожи обладало выраженным характером в зависимости от производственного типа коз.

Результаты анализа динамики количества волосяных фолликулов в 1 мм² кожи коз разных производственных типов представлены в таблице 2.

Из данных, представленных в таблице, следует, что кожа новорожденных коз отличается повышенной плотностью расположения фолликулов, превосходящей в среднем от 4,7 до 5,2 раз густоту фолликулов на одном мм² кожи коз в возрасте 24 месяца. В коже новорожденных коз густота вторичных неразвитых фолликулов отличалась в зависимости от принадлежности к производственному типу. Происходит динамика плотности вторичных неразвитых фолликулов с возрастом, в процессе формирования из них пуховых волокон, их густота в возрасте 12 месяцев приближается к нулю, процесс развития неразвитых в развитые фолликулы завершается. С повышением возраста, в связи с увеличением поверхности туловища коз, существенно уменьшается густота расположения волосяных фолликулов на единице площади кожного покрова. Общая закономерность повышения густоты вторичных развитых волосяных фолликулов сопряжена с уменьшением толщины кожного покрова в целом и его отдельных слоев.

В возрастной период от рождения до шести месяцев плотность первичных и вторичных фолликулов существенно убавляется, с увеличением возраста темпы уменьшения густоты фолликулов значительно замедляются у особей всех производственных типов. Плотность вторичных развитых фолликулов располагает решающим значением в определении пуховой продуктивности. При прочих равных обстоятельствах козы, обладающие более плотным расположением вторичных фолликулов, имеют более высокий

показатель начеса пуха. Вследствие этого не является случайностью, что при исследовании пуховой продуктивности коз, зависящей от густоты вторичных фолликулов на единице площади кожного покрова, их плотности придается важное значение.

Таблица 2 – Густота волосяных фолликулов в коже коз разных типов, штук на 1 мм²

Table 2 – Density of hair follicles in the skin of goats of different types, pieces per 1 m²

Группа, Возраст, мес.		Первичные		Вторичные развитые		Вторичные неразвие- тые		Общее количество фолликулов	
		x±Sx	Cv	x±Sx	Cv	x±Sx	Cv	x±Sx	Cv
I	0	41,72±1,24	2,72	219,50±3,43	2,68	199,50±3,07	2,71	460,72±2,28	2,66
	6	23,24±0,87	1,18	115,52±2,52	1,51	106,95±2,07	1,24	245,71±1,49	1,29
	12	11,71±0,37	0,86	106,24±2,08	1,10	-	-	117,95±2,04	0,95
	24	8,61±0,27	0,41	83,81±0,31	0,79	-	-	92,42±0,71	1,82
II	0	37,44±1,34	1,92	211,77±3,22	1,89	213,55±2,26	3,03	462,76±2,68	2,77
	6	20,34±0,96	1,78	108,86±2,41	1,20	109,68±2,25	1,15	238,88±1,95	1,40
	12	10,10±0,19	0,92	108,72±2,01	0,97	-	-	118,82±2,03	0,95
	24	7,82±0,22	0,39	86,82±1,14	0,85	-	-	94,64±0,80	0,61
III	0	34,31±1,17	2,94	213,63±3,12	2,49	223,45±2,39	2,55	471,39±3,09	3,06
	6	19,24±0,91	1,66	106,82±2,14	1,41	111,73±2,16	1,32	237,79±1,87	1,43
	12	9,63±0,19	0,46	109,17±1,15	0,48	-	-	118,86±1,16	0,47
	24	7,33±0,24	0,26	89,22±1,89	0,72	-	-	96,55±0,71	0,64

Обнаружено, что козы пухового типа характеризовались максимальным общим количеством фолликулов на 1 мм² кожного покрова в возрасте 24 месяца (96,55 шт.) и опережали особей оренбургского и желательного производственных типов по данному признаку на 4,28 и 1,98 % соответственно. По густоте первичных фолликулов в этом возрасте козы пухового типа, наоборот, уступают сверстницам двух других производственных типов на 17,46 % (пуховому типу) и 6,68 % (желательному типу). Более высокая густота вторичных развитых фолликулов в этом возрасте определена на 1 мм² кожного покрова коз пухового типа шерстного покрова (89,22). Их превосходство в сравнении с козами оренбургского и желательного типов по указанному показателю составляет 6,06 и 2,69 %.

В 12-месячном возрасте исследуемых коз разница в плотности вторичных волосяных фолликулов на площади кожи менее выражена среди животных разных типов. В то же время установлена достоверная разница в количестве вторичных фолликулов на участке кожи подопытных коз. Так, большее их содержание установлено у особей пухового типа волосяного покрова (109,17 шт.). Они превосходили по этому признаку сверстниц оренбургского типа на 2,68 % и желательного типа на 0,41 %. Аналогичная закономерность наблюдается и по общему количеству фолликулов.

Установлено, что гистологическое строение кожи находится во все изученные возрастные периоды жизни особи в тесной взаимосвязи с уровнем и характером пуховой продуктивности коз. Начес пуха от подопытных животных составил в возрасте 24 месяцев в первой группе (оренбургский тип) 304,80 г, во второй (желательный тип) – 384,00 г, в третьей группе (пуховый производственный тип) – 411,12 г.

Более высокий начес пуха получен в группе животных пухового типа, которые имели преимущество относительно коз оренбургского типа на 106,32 г (34,88 %) и коз желательного типа на 27,12 г (8,89 %). Козы желательного производственного типа имели больший показатель начеса в сравнении с козами оренбургского типа на 79,2 г (25,98 %).

Выводы. В ходе опыта было определено, что значимым показателем, характеризующим пуховую продуктивность коз, является изменение толщины кожного покрова и его слоев в процессе роста с возрастом. Кожа выполняет роль индикатора роста и развития коз, где она выполняет функции продуцирования пуховых волокон. Показатель общей толщины кожи у изучаемых коз всех производственных типов к возрасту 12 месяцев заметно повышается за счет роста тканей пилярного и ретикулярного слоев. Пилярный слой занимает сравнительно больший вес к общей толщине кожи коз. Толщина пилярного слоя в возрасте 24 месяца коз оренбургского типа составляла 1850,9 мкм пухового типа 1716,9 мкм желательного типа 1823,0 мкм. Толщина кожи в целом при рождении коз разных типов составила от 1773,2 мкм до 1850,9 мкм, это составляет 70,0-71,0 % от толщины кожи 24-месячных коз. Большей толщиной кожи характеризовались козы оренбургского производственного типа, а более тонкой – пухового производственного типа. Доля эпидермиса в толщине кожи составляет 0,99-1,04 %. Максимальная скорость роста слоев кожи отмечена в первые месяцы опыта. При этом во все возрастные периоды более толстой кожей обладали козы оренбургского типа, более тонкой – пухового типа, что связано с их пуховой продуктивностью.

Плотность вторичных фолликулов подвержена возрастным изменениям, аналогичным изменениям пилярного слоя кожи. С возрастом, в связи с увеличением поверхности тела коз, снижается плотность расположения общего количества фолликулов на единице площади кожи. При этом в возрасте 12 и 24 месяца наибольшей густотой общего количества фолликулов отличаются козы пухового типа. Обнаружено наличие высоких положительных корреляций между показателями структуры кожного покрова и пуховой продуктивности коз: в плотности волосяных фолликулов как показателя густоты и начеса пуха; в толщине кожи как показателя, который может служить прогнозом будущей пуховой продуктивности.

Библиографический список

1. Абонеев В. В., Абонеева Е. В. О некоторых особенностях селекционно-технологических методов совершенствования овец племенных стад // Овцы, козы, шерстяное дело. 2022. № 4. С. 16-20.
2. Абонеев В. В., Колосов Ю. А. О проблемах сохранения племенных ресурсов овцеводства России // Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 1. С. 43-45.
3. Взаимосвязь гематологических показателей и динамики живой массы баранчиков разных генотипов / А. С. Филатов, М. В. Забелина, Н. Г. Чамурлиев, А. Г. Мельников, Е. А. Мельникова, Т. С. Преображенская // Аграрный научный журнал. 2020. № 4. С. 64-67.
4. Влияние новой пребиотической кормовой добавки на качество и безопасность молока-сырья коз зааненской породы / М. И. Сложенкина, С. А. Брехова Н. А., Ткаченко, О. В. Кудряшова, Е. В. Карпенко, Е. С. Воронцова, А. А. Мосолов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2022. № 3 (67). С. 318-327.
5. О некоторых аспектах развития овцеводства России и пути повышения эффективности его научного обеспечения / В. В. Абонеев, В. В. Марченко, Е. В. Абонеева [и др.] // Аграрно-пищевые инновации. 2019. № 3 (7). С. 34-43.
6. Проблемы и перспективы развития овцеводства на Юге России / В. И. Комлацкий, И. Ф. Горлов, В. А. Бараников, А. А. Мосолов, Е. И. Гишларкаев, Ю. А. Колосов, А. М. Абдулмуслимов, Ю. А. Юлдашбаев, А. П. Каледин // Зоотехния. 2019. № 2. С. 6-12.
7. Селекционно-технологическая модель формирования стада молодняка овец цигайской породы с улучшенными показателями продуктивных качеств / П. С. Остапчук, Е. Н. Усманова, Д. В. Зубоченко, Т.А. Куевда, А. В. Пихтерева // Вестник КрасГАУ. 2022. № 8 (185). С. 106-115.
8. Association of the growth hormone gene polymorphism with growth traits in Salsk sheep breed / I. F. Gorlov, Yu. A. Kolosov, N. V. Shirokova, L. V. Getmantseva, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, A. Yu. Kolosov, E. Yu. Zlobina // Small Ruminant Research. 2017. Vol. 150. P. 11-14.

9. CAST/MSPI gene polymorphism and its impact on growth traits of soviet merino and salsk sheep breeds in the south european part of RUSSIA / I. F. Gorlov, N. V. Shirokova, A. V. Randelin, V. N. Voronkova, N. I. Mosolova, E. Y. Zlobina, Y. A. Kolosov, N. F. Bakoev, M. A. Leonova, S. Y. Bakoev, A. Y. Kolosov, L. V. Getmantseva // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2016. V. 40. № 4. P. 399-405.

10. Comparative study of two sheep breeds grown in Russia: The FABP4 gene polymorphism and fat deposition / I. F. Gorlov, M. I. Slozhenkina, N. I. Mosolova [et al.] // International Journal of Agriculture and Biology. 2020. Vol. 24, No. 4. P. 794-798.

11. Kuzmina I. Yu., Ignatovich L. S. Enriching the diets of young cattle with a natural biologically active feed additive // Agricultural science Euro-North-East. 2021. № 22 (1). P. 94-103.

12. Meat productivity of Volgograd breed ram hogs of different genotypes / I. F. Gorlov, A. S. Filatov, A. K. Natyrov, N. L. Mosolova, D. V. Nikolaev, Yu. N. Nelepov, N. G. Chamurliiev, I. V. Gleditsia, E. Yu. Zlobina // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. V. 9. № 5. P. 2152-2161.

13. Meat Productivity of Black-and-White Gobies Raised Using Kaniga During the Dairy Period / V. Prystupa, O. Krotova, S. Yandyuk [et al.] // XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022": Collection of materials of the 15th International Scientific Conference. 2023. Vol. 575. P. 290-299.

14. The use of wastes from the fat-and-oil industry in feeding calves in order to improve environmental safety / O. Y. Bryukhno, S. I. Nikolaev, S. Y. Agapov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012018.

15. Use of feed additives "valopro" and "ruprokol" to increase the energy of growth and meat productivity of simmental steers / M. I. Slozhenkina, I. F. Gorlov, V. N. Pristupa, Yu. A. Kolosov, V. Kh. Fedorov // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations, 2020. 82038.

Информация об авторах

Панин Виктор Алексеевич, ведущий научный сотрудник отдела технологии мясного скотоводства и производства говядины ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук» (460051, Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), доктор сельскохозяйственных наук, тел. 8(919)852-33-38, e-mail: oniish@yandex.ru
ORCID orcid.org/0000-0003-1239-1806

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-44

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF A NEW DRUG FOR THE TREATMENT AND PREVENTION OF HOOF PATHOLOGIES IN COWS IN THE CONDITIONS OF INDUSTRIAL MILK PRODUCTION TECHNOLOGIES

**A. A. Ryadnov¹, I. F. Gorlov^{1,2}, L. V. Khoroshevskaya², M. I. Slozhenkina²,
A. A. Mosolov², A. A. Slozhenkina²**

¹Volgograd State Agrarian University, Volgograd

²Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat- And-Milk Production, Volgograd, Russia

Received 11.04.2023

Submitted 20.05.2023

*This work was carried out under the grant of the Russian Science Foundation
22-16-00041, SSI NIIMMP*

Summary

The article presents issues related to ensuring the safety and health of dairy cows in modern complexes. In particular, an assessment is given to a new environmentally friendly drug for the prevention of hoof diseases in modern dairy complexes, where animals are practically deprived of exercise.

Abstract

Introduction. The article presents issues related to the problems of the agro-industrial complex of the Russian Federation in the context of economic sanctions. Taking into account the new economic conditions in which the Russian agro-industrial complex has found itself since February 2022, the development of Russian high-quality modern veterinary drugs will significantly reduce the dependence of the agricultural sector on imports of expensive veterinary medicines, vaccines and strengthen Russia's food security. One of the main global problems that will never lose relevance is ensuring the safety and health of livestock of animals and poultry concentrated in large numbers at modern industrial enterprises and preventing the spread of infection, the development of new, effective environmentally friendly veterinary medicines that can reduce the use of antibiotics to a minimum. Modern highly productive cows have a genetic predisposition to various diseases of the limbs with a weak hoof horn. In addition, in modern dairy complexes, animals are practically deprived of exercise, which worsens the situation with hoof diseases. Prevention with baths with 10% solution of zinc or 5-8% copper sulfate does not solve the problem in full, especially with diseases such as hoof rot or interdigital dermatitis. For treatment, it is necessary to resort to antibiotics, which leads to a loss of quality and quantity of products, its rise in price, and the disposal of vitriol solution creates a threat to the environment. At the same time, copper sulfate under sanctions has become an expensive product and is in demand in other sectors of the agro-industrial complex. Therefore, the main task of Russian veterinary science in this area is the development and implementation of modern, most effective and environmentally friendly drugs for the prevention and treatment of diseases of animal limbs. **Object.** The object of research was highly productive lactating cows in the conditions of a modern production complex in JSC firm "Agrocomplex" named after N. I. Tkachev. The purpose of our study was to study the effect of a new therapeutic drug on the dynamics of prevention and treatment of diseases of the hooves in cows, in comparison with the effectiveness of the effect of copper sulfate on the problem areas of the legs of animals. **Materials and methods.** The authors of the article tested one of the new Russian-made drugs for the prevention and treatment of extremities on a productive herd, which instead of copper sulfate was added baths in the same concentration. **Results and conclusions.** The conducted studies have shown a high percentage of recovery of sick animals, without the use of antibiotics for their treatment. According to the results of the experiment, the effectiveness of leg recovery in the tested animal population was 93%, and the economic efficiency from the use of the new drug reached 49% compared with the production costs for the purchase of copper sulfate. Based on the revealed high efficiency of the treatment of orthopedic pathologies in the cows being tested with a new test drug, its eco-nomicity and environmental safety, we consider it advisable to recommend large agro-industrial complexes, especially those using a non-gambling animal keeping system, to use this drug in the scheme of prevention and treatment of pathologies.

Key words: *highly productive herd of cows, limb diseases, hoof treatment, hoof rot, antibiotic therapy, copper and zinc vitriol, threat to the environment, a new environmentally friendly medicinal product, animal recovery.*

Citation. Ryadnov A. A., Gorlov I. F., Khoroshevskaya L. V., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., Slozhenkina A. A. The effectiveness of the use of a new drug for the treatment and prevention of hoof pathologies in cows in the conditions of industrial milk production technologies. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 379-385 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-44.

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

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

УДК 636.5.034:636.085.8

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НОВОГО ПРЕПАРАТА ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ
И ПРОФИЛАКТИКИ ПАТОЛОГИЙ КОПЫТ У КОРОВ В УСЛОВИЯХ
ИНДУСТРИАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА МОЛОКА****А. А. Ряднов¹**, доктор биологических наук, профессор**И. Ф. Горлов^{1,2}**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН**Л.В. Хорошевская²**, доктор сельскохозяйственных наук**М. И. Сложенкина²**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН**А. А. Мосолов²**, доктор биологических наук**А. А. Сложенкина²**, лаборант-исследователь¹Волгоградский государственный аграрный университет, Волгоград²Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки
мясомолочной продукции, Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 11.04.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Работа выполнена по гранту РФФИ № 22-16-00041, ГНУ НИИ ММП

Актуальность. В статье излагаются вопросы, связанные с проблемами АПК Российской Федерации в условиях экономических санкций. С учетом новых экономических условий, в которых российский АПК оказался с февраля 2022 года, разработка российских качественных современных ветеринарных препаратов существенно снизит зависимость отрасли сельского хозяйства от импорта дорогостоящих ветпрепаратов, вакцин и укрепит продовольственную безопасность России. Одной из главных мировых проблем, которая никогда не потеряет актуальности является обеспечение сохранности и здоровья поголовья животных и птицы, сконцентрированных в большом количестве на современных промышленных предприятиях и недопущение распространения инфекции, разработка новых, эффективных экологически чистых ветпрепаратов, способных сократить использование антибиотиков до минимума. Современные высокопродуктивные коровы имеют генетическую предрасположенность к различным заболеваниям конечностей со слабым копытцевым рогом. Кроме того, на современных молочных комплексах животные практически лишены моциона, что усугубляет ситуацию с заболеваниями копыт. Профилактика с помощью ванн с 10 % раствором цинкового или 5-8 % медного купороса не решает проблемы в полной мере, особенно при таких заболеваниях, как копытная гниль или межпальцевый дерматит. Для лечения приходится прибегать к антибиотикам, что приводит к потере качества и количества продукции, ее удорожанию, а утилизация раствора купороса создает угрозу окружающей среде. При этом медный купорос в условиях санкций стал дорогостоящим продуктом и востребован в других отраслях АПК. Поэтому основной задачей российской ветеринарной науки в этой области является разработка и внедрение современных, наиболее эффективных и экологически чистых препаратов для профилактики и лечения заболеваний конечностей животных. **Объект исследования.** Объектом исследований послужили высокопродуктивные лактирующие коровы в условиях современного производственного комплекса в АО фирма «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева. **Целью** нашего исследования явилось изучение влияния нового лечебного препарата на динамику профилактики и лечения заболеваний копыт у коров, в сравнении с эффективностью воздействия на проблемные участки ног животных раствора медного купороса. **Материалы и методы.** Авторы статьи испытывали на продуктивном стаде один из новых препаратов российского производства для профилактики и лечения конечностей, который вместо медного купороса был добавлен ванны в той же концентрации. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования показали высокий процент выздоровления заболевших животных без применения антибиотиков для их лечения. По итогам опыта результативность выздоровления ног у испытуемого поголовья животных составила 93 %, а экономическая эффективность от применения нового препарата достигла 49 % по сравнению с затратами производства на приобретение сульфата меди. На основании выяв-

ленной высокой эффективности лечения у испытуемых коров ортопедических патологий новым испытуемым препаратом, его экономичности и экологической безопасности считаем целесообразным рекомендовать крупным агропромышленным комплексам, особенно использующим безвыгульную систему содержания животных, использовать данный препарат в схеме профилактики и лечения патологий.

Ключевые слова: высокопродуктивные коровы, заболевания конечностей, обработка копыт, копытная гниль, антибиотикотерапия, патологии копыт.

Цитирование. Ряднов А. А., Горлов И. Ф., Хорошевская Л.В., Сложенкина М. И., Мосолов А. А., Сложенкина А. А. Эффективность применения нового препарата для лечения и профилактики патологий копыт у коров в условиях индустриальных технологий производства молока. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 379-385. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-44.

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. С учетом новых экономических условий, в которых российский АПК оказался с февраля 2022 года, резко повысилась роль российской фарминдустрии в обеспечении здоровья животных и птицы в выполнении задания правительства по продовольственной безопасности населения страны. Правительство утвердило Стратегию развития агропромышленного комплекса до 2030 года, где отводится большая роль развитию российской фарминдустрии для отраслей АПК, способных в полной мере заменить импортные ветпрепараты.

Современные высокопродуктивные молочные породы скота имеют генетическую предрасположенность к различным поражениям дистального отдела конечностей [9]. Кроме того, ситуация с заболеванием ног усугубляется на крупных комплексах стойловым, безвыгульным содержанием животных и является наиболее актуальной проблемой животноводства, так как наносит значительный экономический ущерб молочным комплексам из-за выбраковки большого количества высокопродуктивных коров по причине заболеваемости копыт. Болезни копыт по распространенности и наносимому экономическому ущербу являются одними из основных заболеваний, приносящих ощутимый вред производству [5, 6]. Поражение копыт животных приводит к развитию хромоты, беспокойству животного, снижению поедаемости кормов и как следствие, к снижению надоев и ухудшению качества молока. Для лечения приходится прибегать к антибиотикам, что приводит к потере качества и количества продукции [7]. На некоторых комплексах выбраковка продуктивных коров из-за различных заболеваний конечностей доходит до 25 % и более [1, 2]. Для обработки раневых поверхностей и профилактики инфекционных заболеваний дистального отдела конечностей у КРС продолжительное время применялись ванны с 10 % раствором цинкового купороса или 5,0-8,0 % медного купороса. Медный купорос и цинковый купорос являются дорогостоящими солями, которые очень востребованы в различных отраслях АПК и промышленности [8]. При обработке копыт с помощью прогона через ванну с раствором медного или цинкового купоросов происходит только профилактика заболеваний конечностей, но не их лечение [3], а для лечения конечностей предприятие несет дополнительные серьезные затраты на медикаменты. Кроме того, надо решать вопросы утилизации раствора из ванны, чтобы не допустить проблем в окружающей среде [4, 10]. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы разработки новых, безопасных для

здоровья животных и потребителя продукции российских ветеринарных препаратов, эффективно показавших себя при профилактике и лечении различных заболеваний ног у продуктивных животных и научное обоснование эффективности их использования.

Материалы и методы. Производственный опыт проводили в АО фирма «Агро-комплекс» им. Н. И. Ткачева. При плановой ортопедической диспансеризации дойного стада коров было выявлено 60 животных с различными заболеваниями копыт, которых разделили на две группы, контрольную и опытную, по 30 голов в каждой. Контрольная группа коров проходила два раза в неделю обработку ног путем прохождения через ножные ванны с 8,0 % раствором медного купороса, опытная группа коров также проходила обработку копыт 2,0 % испытуемым раствором нового экологически чистого лечебного препарата, разработанного российскими учеными, который предназначен для профилактики инфекционных заболеваний дистального отдела конечностей, вызванных грамположительными и грамотрицательными бактериями, вирусами и грибами. Сочетание в препарате ряда компонентов, таких как глутаровый альдегид, диметилбензиламмония хлорид, бриллиантовый зеленый, метиленовый синий и других, позволяет усилить дезинфицирующий эффект и обеспечить высокую бактерицидную активность в отношении стрептококков, стафилококков, грамотрицательных бактерий, грибов, плесеней и анаэробных бактерий, предупреждает вторичное инфицирование ран, что значительно превосходит действие водного раствора медного купороса. Функциональные добавки в составе испытуемого препарата за счет своих поверхностно активных свойств способствуют его проникновению в структуру тканей, что вызывает пролонгированный эффект действия в течение нескольких часов после прохождения лечебной обработки.

В обе группы входили животные с диагнозами пальцевый дерматит передних и задних конечностей, межпальцевый дерматит конечностей, язвы подошвы конечностей, язвы копытца, тилома конечности. Опыт проводился в течение четырех недель.

Результаты и обсуждение. По завершении опыта животные обеих групп повторно были осмотрены ветеринарным врачом. Было установлено, что испытуемый препарат показал высокие лечебные свойства и способствовал выздоровлению большего количества опытных животных по сравнению с контрольной группой, что отражено в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты научно-хозяйственного опыта

Table 1 – Results of scientific and economic experience

Наименование	Группа	
	Контрольная	Опытная
Количество коров в группе, гол.	30	30
Количество выздоровевших животных, гол.	17	28
Количество выздоровевших животных, %	56	93
Количество выбракованных коров, гол.	1	-
Потребность препарата на период опыта, кг	800	260
Затраты на приобретение препарата, руб.	200 000	101 400
Экономическая эффективность от применения испытуемого препарата, руб.	-	+ 98 600
Экономическая эффективность от применения испытуемого препарата, %	-	+49,3 %

В графическом варианте результаты лечения заболевания ног контрольной и опытной групп коров отражены на рисунке 1.

Количество вылеченных коров

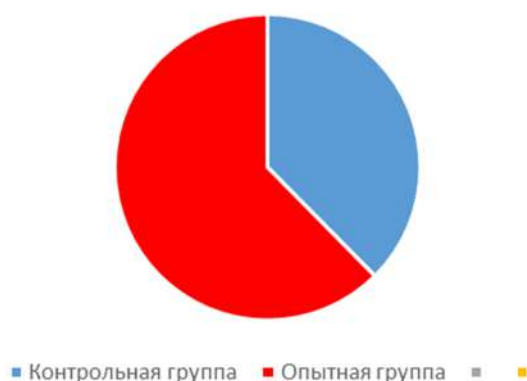


Рисунок 1 – Результаты лечения заболевания ног контрольной и опытной групп коров

Figure 1 – Results of treatment of leg disease in control and experimental groups of cows

При изучении эффективности воздействия нового испытуемого препарата Формадез Нооф для наружной обработки и лечения дистального отдела конечностей копытных животных установлено:

- Разработанный российскими производителями новый дезинфицирующий и лечебный препарат по итогам опыта показал высокую эффективность выздоровления ног у испытуемого поголовья животных опытной группы. 93 % коров из числа прошедших лечение с помощью данного препарата полностью вылечились. Конкретно, по классификации заболевания все коровы с диагнозами папилломатозный пальцевый дерматит передних и задних конечностей, межпальцевый дерматит конечностей, язвы подошвы конечностей, язвы копытца были полностью излечены. Выявленная у одной из коров тилома конечности осталась неизменной в диаметре, но данное заболевание лечится хирургическим путем. У одной из коров обширная язва подошвы передней конечности на 70 % сократилась в размере поражения, но полностью за период опыта не была залечена. В контрольной группе полностью излечились с травмами ног только 56 % заболевших животных. После завершения опыта эти животные дополнительно подверглись антибиотикотерапии, что принесло дополнительные потери производству в качестве молока и финансовые потери по закупке антибиотиков. Одно животное с разросшейся тиломой пришлось выбраковать из стада.

- Применение нового испытуемого препарата российского производства позволило снизить затраты производства для закупки дезинфицирующего препарата для ножной ванны. Экономическая эффективность от применения испытуемого препарата составила 49,3 % по сравнению с затратами производства на приобретение медного купороса (сульфат меди).

Выводы. На основании результатов исследования воздействия на проблемные участки копыт у подопытных коров нового испытуемого препарата российского производителя выявлена высокая эффективность применения нового препарата для лечения ортопедических патологий, что, наряду с его экономичностью и экологической безопасностью, позволяет отказаться от приобретения дорогостоящих импортных препаратов и рекомендовать ввести данный препарат в схему профилактики и лечения патологий копыт крупным агропромышленным комплексам, особенно там, где используется безвыгульная система содержания животных.

Библиографический список

1. Белов А. В. Лечение и профилактика некробактериоза у крупного рогатого скота: автореф. дисс. канд. вет. наук. Воронеж: ВГАУ, 2000. 23 с.
2. Землянкин В. В., Ненашев И. В., Семиволос А. М. Профилактика патологий копыт цыплят в условиях интенсивного производства молока // Аграрный научный журнал. 2022. № 5. С. 47-51.
3. Марьин Е. М., Ермолаев В. А., Киреев А. В. Распространенность ортопедических патологий у коров и лечение гнойных пододерматитов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 2. С. 135-142.
4. Нечаев А. В., Минюк Л. А., Гришина Д. Ю. Предупреждение болезней копыт в современных животноводческих комплексах по производству молока // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 2-3. С. 82-85.
5. A survey of United States dairy hoof care professionals on costs associated with treatment of foot disorders / K. A. Dolecheck, R. M. Dwyer, M. W. Overton, J. M. Bewley // Dairy Sci. 2018. Sep. № 101 (9). P. 8313-8326.
6. Bacterial species associated with interdigital phlegmon outbreaks in Finnish dairy herds / M. Kontturi [et al.] // BMC Vet Res. 2019. № 15 (1). P. 44.
7. Combination effect of allyl isothiocyanate and hoof trimming on bovine digital dermatitis / T. Yamamoto [et al.] // Vet Med Sci. 2018. № 80 (7). P. 1080-1085.
8. Cost of lameness in dairy herds: An integrated bioeconomic modeling approach / R. Robcis, A. Ferchiou, M. Berrada, Y. Ndiaye, N. Herman, G. Lhermie, D. Raboisson // J Dairy Sci. 2023. V. 106 (4). P. 2519-2534.
9. Genome-Wide Association Studies Reveal Susceptibility Loci for Noninfectious Claw Lesions in Holstein Dairy Cattle / E. Lai, A. L. Danner, T. R. Famula, A. M. Oberbauer // Front Genet. 2021. V. 28. I. 12. 657375.
10. Zemlyankin V. V., Nenashev I. V., Marjin E. M. Improvement of therapy for the Holstein-ditch at digitalis dermatitis // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2019. V. 10. № 2. P. 1618-1623.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Анатольевич, доктор биологических наук, профессор кафедры «Ветеринарно-санитарная экспертиза, заразные болезни и морфология» Волгоградского государственного аграрного университета (РФ, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26.), <https://orcid.org/0000-0001-6381-9353>

Горлов Иван Федорович, академик РАН, доктор с.-х. наук, профессор, научный руководитель Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), e-mail: niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8683-8159>

Хорошевская Людмила Викторовна, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Мосолов Александр Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), e-mail: niimmp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4927-7065>

Сложенкина Марина Ивановна, член-корр. РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), e-mail: slozhenkina@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9542-5893>

Сложенкина Александра Алексеевна, лаборант-исследователь Поволжского научно-исследовательского института производства и переработки мясомолочной продукции (400131, Волгоград, Россия, Рокоссовского 6), e-mail: niimmp@mail.ru

EFFICIENCY OF USING LOW-TANNIN SORGHUM GRAIN IN FEEDING DAIRY COWS

S. V. Chekhranova, S. I. Nikolaev, V. I. Kolovorotnaya,
E. M. Sharapkalieva, E. S. Vorontsova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 20.04.2023

Submitted 25.05.2023

Summary

This article presents the results of studying the effectiveness of using low-tannin sorghum grain in feeding dairy cows. The experiment was carried out on the basis of the Korshevsky livestock complex of EkoNivaAgro LLC. Studies have established a positive effect of sorghum grain, which was reflected in an increase in the milk productivity of cows.

Abstract

Introduction. Proper balance in the diets of lactating animals depends entirely on the quality of the prepared and used feed. Efficient use of fodder determines the development of cattle breeding. This is due to the fact that in the cost of livestock products, most of all production costs are allocated to feed. It is possible to improve the nutritional value, palatability and productivity level by including low-tannin sorghum grain in the compound feed for lactating cows. This will make it possible to realize the high genetic potential of the livestock, improve product quality and reduce its cost. Based on the positive nutritional characteristics and chemical composition of sorghum grain, it was decided to study the effectiveness of its use in feeding cows, replacing corn grain by 50%, 75% and 100%. **Object of study.** Lactating cows of the Holstein breed served as the object of research. **Materials and methods.** Scientific and economic tests were organized at the Korshevo livestock breeding complex of EkoNivaAgro LLC, located in the Bobrovsky district of the Voronezh region. The studies were carried out in the period from 2020 to 2023. Zootechnical and hematological studies, determined in the course of the experiment, were carried out in modern laboratories using certified equipment. Animals during the experiment were in similar conditions of feeding and keeping established at the enterprise. The obtained data were statistically processed with the determination of the Student's criterion of reliability. **Results and conclusions.** The efficiency of using low-tannin sorghum grain instead of corn grain gave the following results: during the tests, an increase in the level of digestibility of nutrients was noted, dry matter - by 0.56-0.81%, organic matter - by 0.29-0.94%, raw protein - by 0.29-0.80%, crude fiber - by 0.50-0.71%, crude fat - by 0.31-0.67% and BEV - by 0.72-1.06%. The best productivity results were noted in the group where corn grain was replaced by 75% low tannin sorghum grain. In this group, an increase in the average daily milk yield by 4.72% was noted. At the same time, there was a trend towards an increase in the quality indicators of milk, an increase in fat in milk - by 0.02-0.04% and protein - by 0.03-0.04%.

Key words: *compound feed, sorghum grain, diet, digestibility coefficient, milk productivity, cows.*

Citation. Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Kolovorotnaya V. I., Sharapkalieva E. M., Vorontsova E. S. Efficiency of using low-tannin sorghum grain in feeding dairy cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 386-394 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-45.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, implementation, and analysis of the results of the research. The presented version of the article was approved by all authors.

Conflict of interest. The authors did not declare a conflict of interest

УДК 636.2.034.084:633.174

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОТАНИНОВОГО
ЗЕРНА СОРГО В КОРМЛЕНИИ ДОЙНЫХ КОРОВ****С. В. Чехранова**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент**С. И. Николаев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**В. И. Коловоротная**, аспирант**Э. М. Шарапкалиева**, соискатель**Е. С. Воронцова**, кандидат биологических наук, старший научный сотрудникФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет,
г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 20.04.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. Грамотная сбалансированность рационов лактирующих животных полностью зависит от качества заготавливаемых и используемых кормов. Эффективное использование кормов определяет развитие скотоводства. Это связано с тем, что в себестоимости продукции скотоводства большая часть из всех производственных затрат отводится на корма. Улучшить питательность, поедаемость и уровень продуктивности можно посредством включения в состав комбикорма для лактирующих коров низкотанинового зерна сорго. Это позволит реализовать высокий генетический потенциал поголовья, улучшить качество продукции и снизить ее себестоимость. На основании положительных характеристик питательности и химического состава зерна сорго было принято решение изучить эффективность его применения в кормлении коров, заменяя на 50 %, 75 % и 100 % зерно кукурузы. **Объект исследования.** Лактирующие коровы голштинской породы служили объектом исследований. **Материалы и методы.** Научно-хозяйственные испытания были организованы на животноводческом комплексе «Коршево» ООО «ЭкоНиваАгро», расположенном в Бобровском районе Воронежской области. Исследования были проведены в период с 2020 по 2023 гг. Зоотехнические и гематологические исследования, определяемые в ходе опыта, были проведены в современных лабораториях на сертифицированном оборудовании. Животные в ходе опыта находились в аналогичных условиях кормления и содержания, установленных на предприятии. Полученные данные были статистически обработаны с определением критерия достоверности по Стьюденту. **Результаты и выводы.** Исследование по изучению эффективности использования низкотанинового зерна сорго взамен зерна кукурузы дало следующие результаты: в ходе испытаний было отмечено увеличение уровня переваримости питательных веществ: сухого вещества – на 0,56-0,81 %, органического вещества – на 0,29-0,94 %, сырого протеина – на 0,29-0,80 %, сырой клетчатки – на 0,50-0,71 %, сырого жира – на 0,31-0,67 % и БЭВ – на 0,72-1,06 %. Лучшие результаты по продуктивности были отмечены в группе, где зерно кукурузы заменяли на 75 % низкотаниновым зерном сорго. В этой группе было отмечено повышение среднесуточного удоя на 4,72 %. При этом прослеживалась тенденция к увеличению качественных показателей молока, увеличению жира в молоке составило 0,02-0,04 % и белка – 0,03-0,04 %.

Ключевые слова: кормление дойных коров, зерно сорго, рационы дойных коров, коэффициент переваримости, молочная продуктивность коров, дойные коровы.

Цитирование. Чехранова С. В., Николаев С. И., Коловоротная В. И., Шарапкалиева Э. М., Воронцова Е. С. Эффективность использования низкотанинового зерна сорго в кормлении дойных коров. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 386-394. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-45.

Авторский вклад. В данном эксперименте все авторы принимали участие в планировании, выполнении, а также анализе полученных результатов исследований. Представленный вариант статьи одобрен всеми авторами.

Конфликт интересов. О конфликте интересов авторы не заявляли.

Введение. В настоящее время главной задачей товаропроизводителей является получение продукции животноводства высокого качества, что возможно только при обеспечении животных сбалансированными рационами. Поэтому совершенствование и развитие кормопроизводства является одной из важнейших социально-экономических задач. Как отмечают многие российские и зарубежные авторы, раскрытие генетического потенциала животного, заложенного селекционерами, зависит от факторов кормления [2, 3, 10, 13].

Весьма перспективным направлением в области кормления животных является поиск и введение в производство новых альтернативных источников кормового белка и энергии [5, 7, 11].

Для составления сбалансированных рационов в большинстве случаев используют зерно кукурузы, но цена данного компонента очень высока. Поэтому поиск менее дорогих злаковых культур имеет высокий спрос. К одной из таких культур относится низкотаниновое сорго [1].

Цель работы – повышение молочной продуктивности коров при введении в рацион низкотанинового зерна сорго волгоградской селекции.

Сорго – засухоустойчивая культура, а его зерно характеризуется высокой питательной ценностью и является хорошим концентрированным кормом для сельскохозяйственных животных и птицы [4]. Кукуруза в условиях жаркого и засушливого климата даёт нестабильные урожаи, в то время как сорго при правильном возделывании отличается высокими урожаями и способно сохранять свою продуктивность в период вегетации в засушливых регионах [1]. В связи с вышесказанным ежегодно увеличиваются посевы сорговых культур в хозяйствах [6]. Стоит отметить, что зерно сорго богато углеводами, аминокислотами, минеральными элементами, что и послужило поводом для выбора этого кормового сырья в качестве концентрированного корма в рационах крупного рогатого скота.

Объект исследования. Лактирующие коровы голштинской породы служили объектом исследований.

Материалы и методы. Местом проведения научно-хозяйственного опыта для изучения эффективности использования зерна сорго на молочную продуктивность коров послужил один из животноводческих комплексов ООО «ЭкоНиваАгро» (ЖК «Коршево»), который территориально находится в Бобровском районе Воронежской области. Выбранные 40 голов коров разбили методом пар-аналогов на 4 группы. В таблице 1 приведена схема проведения данного опыта.

Таблица 1 – Схема проведения опыта / Table 1 – Scheme of the experiment

Группа животных / Group of animals	Количество голов в группе / Number of goats in a group	Особенности кормления животных / Features of animal feeding	Исследуемые показатели / Studied indicators
контрольная / control	10	Хозяйственный рацион (ХР) / Basic diet (BD)	Переваримость питательных веществ. Гематологические показатели Молочная продуктивность, качественные показатели молока / Digestibility of nutrients. Hematological indicators Dairy productivity, milk quality indicators
1-опытная / 1- experimental	10	Хозяйственный рацион (ХР) с заменой 50% кукурузы на зерна сорго / Basic diet (BD) with the replacement of 50% corn for sorghum grain	
2-опытная / 2- experimental	10	Хозяйственный рацион (ХР) с заменой 75% кукурузы на зерно сорго / Basic diet (BD) with the replacement of 75% corn for sorghum grain	
3-опытная / 3- experimental	10	Хозяйственный рацион (ХР) с заменой 100% кукурузы на зерно сорго / Basic diet (BD) with the replacement of 100% corn for sorghum grain	

Хозяйственный рацион получали коровы контрольной группы, в его состав входили силос, сенаж, сено, солома, зерно кукурузы, ячмень, овес, шрот соевый, шрот рапсовый, пивная дробина сухая, жир защищенный, жом сухой, премикс дойный и минеральные добавки. Разница между рационами контрольной и опытных групп заключалась в том, что животным опытных групп скармливали комбикорм с заменой зерна кукурузы на зерно сорго в разных дозировках: в 1-опытной группе замена составила 50 %, во 2-опытной группе – 75 %, в 3-опытной группе – 100 %.

В ходе опыта изучали уровень переваримости питательных веществ подопытными коровами, гематологические показатели, а также молочную продуктивность коров.

Результаты и обсуждение. Предпочтительно в рационах животных использовать корма, которые наделены большим количеством белка и аминокислот, что позволит наращивать продуктивность и сохранять здоровье животных разного возраста и предназначения [12]. При сравнении химического состава зерна сорго и зерна кукурузы в ходе лабораторного исследования было установлено, что концентрация протеина больше на 1,5 % в зерне сорго. Помимо этого, было отмечено превосходство зерна сорго по сравнению с кукурузой по содержанию золы, БЭВ, аминокислот, витаминов В3, В4 и В5 и минералов. В связи с этим использование низкотанинового зерна сорго (танин < 0,5) в рационах крупного рогатого скота имеет теоретический и практический интерес.

Одним из важных показателей эффективной организации кормления животных на производстве является показатель уровня переваримости питательных веществ [8].

В конце научно-хозяйственного опыта был организован балансовый опыт, в ходе которого были установлены уровни переваримости питательных веществ рационов подопытными лактирующими коровами (таблица 2).

Таблица 2 – Коэффициенты переваримости питательных веществ комбикорма коровами, %

Table 2 – Coefficients of digestibility of feed nutrients by cows, %

Группа животных/Group of animals	Показатель					
	Сухое вещество / Dry matter	Органическое вещество / Organic matter	Сырой протеин / Crude protein	Сырая клетчатка / Crude fiber	Сырой жир / Crude fat,	БЭВ / BEV
контрольная / control	69,92±0,48	70,15±0,34	67,23±0,49	62,31±0,44	63,45±0,45	78,76±0,52
1-опытная / 1-experimental	70,48±0,35	70,44±0,39	67,52±0,41	62,81±0,45	63,76±0,40	79,48±0,55
2-опытная / 1-experimental	70,73±0,38	71,09±0,38	67,99 ±0,44	63,02±0,45	64,12±0,38	79,82±0,48
3-опытная / 1-experimental	70,69±0,37	71,02±0,33	68,03±0,46	62,98±0,45	64,03±0,36	79,74±0,44

Животные контрольной группы, которые получали хозяйственный рацион, переваривали сухое вещество на 69,92 % от общего количества. А коровы, которые получали в составе рациона зерно сорго взамен 50 %, 75 % и 100 % кукурузы, показали результат выше на 0,56 %, 0,81 % и 0,77 % соответственно. Лучший результат по переваримости органического вещества показали коровы из 2-опытной группы, в которой была произведена замена зерна кукурузы на зерно сорго в размере 75 %. Данный показатель составил 71,09 %, что выше, чем в контрольной группе, на 0,94 %. В остальных опытных группах по переваримости органического вещества также был отмечен положительный результат, разница в пользу 1- и 3-опытных групп оказалась равной на 0,29 % и 0,87 % соответственно по отношению к группе контроля.

Лактирующие коровы 3-опытной группы, которые получали в составе рациона зерно сорго в количестве, заменяющем полностью зерно кукурузы, показали лучшие результаты по переваримости сырого протеина, где данный показатель достиг 68,03 %, что выше контроля на 0,80 %. В остальных опытных группах положительная разница при сравнении с контролем была равной 0,29 % и 0,76 %.

По переваримости лактирующими коровами сырой клетчатки лидировали животные 1-, 2-, и 3-опытных групп, преимущество над контрольной было в их пользу и оказалось равным 0,50 %, 0,71 %, 0,67 %. Сравнение с контрольной группой по переваримости сырого жира показало, что в коровы 1-опытной группы лидировали по этому показателю на 0,31 %, 2-опытной группы – на 0,67 %, в 3-опытной группы – на 0,58 %. По данным переваримости БЭВ наблюдали похожую ситуацию с сырым жиром и получили положительный результат по сравнению с контролем в 1-опытной группе 0,72 %, во 2-опытной группе – 1,06 %, в 3-опытной группе – 0,98 %.

В конце эксперимента у лактирующих коров была взята кровь и проведен анализ морфологических и биохимических показателей для того, чтобы выявить отсутствие каких-либо нарушений в организме у животных, а также недостатка жизненно важных элементов для живого организма. Во время данного исследования возможно сразу предотвратить развитие заболеваний инвазионного и инфекционного характера.

По результатам анализа крови дойных коров было отмечено, что содержание эритроцитов и лейкоцитов во всех группах не выходило за пределы нормы. Так, содержание эритроцитов в контрольной группе достигло $8,12 \cdot 10^{12}/л$, а в опытных группах концентрация данного форменного элемента была выше на 2,00 %, 3,70 % и 3,67 % соответственно.

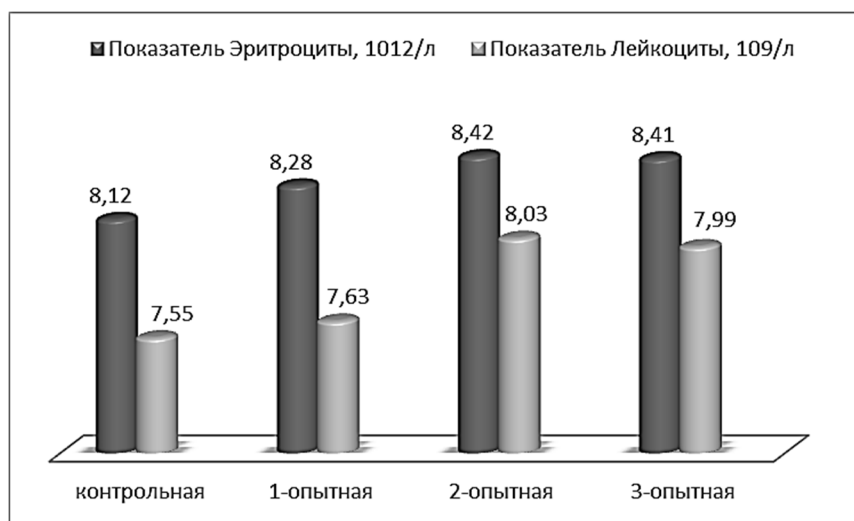


Figure 1 – The content of erythrocytes and leukocytes in the blood of cows

Рисунок 1 – Содержание эритроцитов и лейкоцитов в крови коров

У коров 2- и 3-опытных групп в крови отмечалось наибольшее количество гемоглобина и находилось на уровне 115,44 г/л и 115,21 г/л, что было выше по сравнению с контролем на 3,59 % и 3,39 % соответственно

Помимо этого, были изучены биохимические показатели сыворотки крови коров (общий белок, альбумин, глюкоза, кальций, фосфор), которые у всех животных находились в диапазоне нормы. Однако было отмечено некоторое увеличение изучаемых показателей у коров, потреблявших в составе комбикорма зерно сорго, что свидетельствует об интенсивности протекающих в организме процессов обмена веществ.

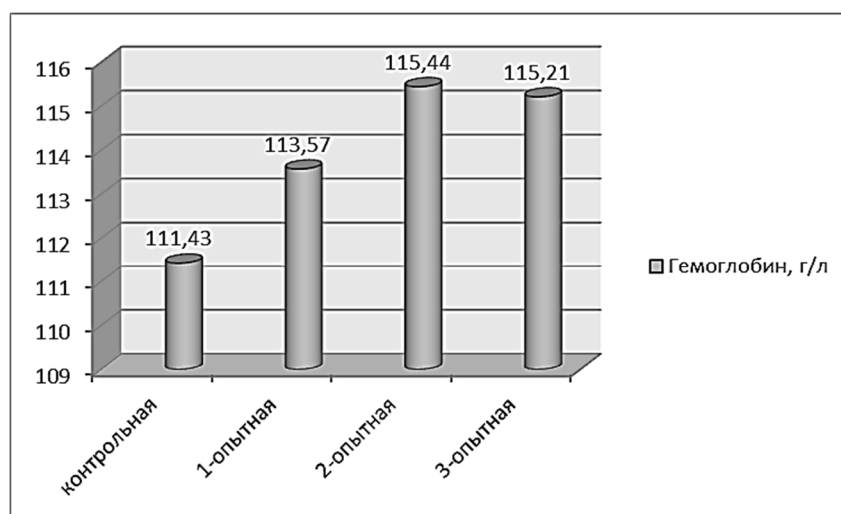


Figure 2 – Hemoglobin content in the blood of experimental cows, g/l

Рисунок 2 – Содержание гемоглобина в крови подопытных коров, г/л

Развитие молочного производства – это важный и энергоёмкий процесс [9]. Следовательно, при проведении научно-хозяйственного опыта на дойных коровах одним из важных критериев является молочная продуктивность. Данный показатель определяется в первую очередь количеством полученного молока, массовой долей белка и жира (таблица 3).

По результатам данного эксперимента было отмечено, что средний суточный удой молока у коров из контрольной группы составил 33,18, кг. При этом разница по отношению к контрольной группе в сторону превосходства опытных групп составила 1,21 кг, или 3,65 %, 1,57 кг, или 4,73 % и 1,51 кг, или 4,55 %, соответственно.

Таблица 3 – Молочная продуктивность коров и качественные показатели молока

Table 3 - Milk productivity of cows and quality indicators of milk

Показатель / Indicato	Группа / Group			
	контрольная / Control	1-опытная / 1-experimental	2-опытная / 2-experimental	3-опытная / 3-experimental
Среднесуточный удой, кг / Average daily milk yield, kg	33,18±0,45	34,39±0,49	34,75±0,54*	34,69±0,41*
Доля жира в молоке, % / The proportion of fat in milk, %	3,85±0,05	3,87±0,06	3,87±0,05	3,90±0,04
Доля белка в молоке, % / Proportion of milk protein, %	3,45±0,04	3,46±0,05	3,49±0,06	3,48±0,02
Содержание сухого вещества в молоке, % / Dry matter content of milk, %	13,14±0,11	13,19±0,13	13,27±0,12	13,28±0,10
Содержание лактозы в молоке, % / The content of lactose in milk, %	4,86±0,05	4,88±0,07	4,93±0,08	4,92±0,06
Содержание золы в молоке, % / Ash content of milk, %	0,980±0,006	0,981±0,007	0,983±0,009	0,985±0,006

Примечание: *P>0,95

Максимально высокая продуктивность молока отмечалась у коров 2-опытной группы, которым скармливали зерно сорго при замене кукурузы в дозировке 75 % (рисунок 3).

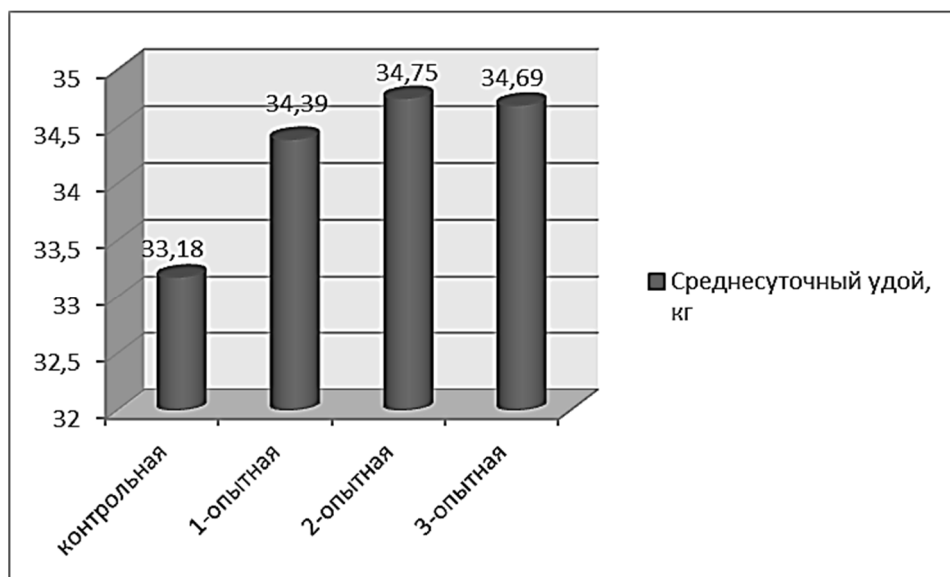


Figure 3 – Average daily milk yield of experimental cows, kg

Рисунок 3 – Среднесуточный удой подопытных коров, кг

При оценке содержания белка в молоке подопытных лактирующих коров наблюдались положительные результаты по увеличению данного показателя у животных опытных групп, а именно 2-опытной и 3-опытной, где концентрация белка была на уровне 3,49 % и 3,48 %, что выше контроля на 0,04 и 0,03 %.

Также прослеживалась положительная динамика по массовой доле жира в молоке коров опытных групп. В 3-опытной группе данный показатель составил 3,90 %, а в группах 1-опытной и 2-опытной был на одном уровне и составил 3,87 %, что выше контрольной группы на 0,03-0,04 %.

В данном эксперименте также отмечено повышение в молоке количества сухого вещества. Опытные группы коров имели преимущество над контролем по этому показателю на уровне 0,05 %, 0,13 % и 0,14 % соответственно. Положительные результаты были и по содержанию в молоке таких компонентов, как СОМО, лактоза и зола.

Таким образом, введение в состав комбикорма для коров зерна сорго взамен кукурузы привело к улучшению продуктивных показателей животных опытных групп.

Выводы. Сравнительный анализ питательности зерна кукурузы и сорго показал преимущество второго. Низкотаниновое зерно сорго превосходит зерно кукурузы по комплексу содержащихся в нем компонентов, а именно сырому протеину, золе, БЭВ, аминокислотам, витаминам В3, В4 и В5 и минералам. Включение в состав концентратной части рационов зерна сорго в различных количествах взамен зерна кукурузы способствовало лучшему перевариванию сухого вещества на 0,56-0,81 %, также повысился уровень переваримости органического вещества на 0,29-0,94 %, сырого протеина на – 0,29-0,80 %, сырой клетчатки – на 0,50-0,71, сырого жира – на 0,31-0,67 и БЭВ – 0,72-1,06. Анализ гематологических показателей показал, что все изучаемые показатели входили в диапазон физиологических норм. Скармливание изучаемого зерна сорго с рационом дойным коровам способствовало увеличению среднесуточных удоев, превосходство опытных коров над их контрольными аналогами составило 3,66-4,72 %. Лучшие результаты были достигнуты при замене в рационе 75 % зерна кукурузы на низкотаниновое зерно сорго.

Библиографический список

1. Влияние зерна сорго на инкубационные показатели яиц кур-несушек родительского стада / А. К. Карапетян, М. В. Струк, О. В. Корнеева, И. Ю. Даниленко // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 1(171). С. 123-127.
2. Влияние комбикормов-концентратов с экструдированным зерном на продуктивность и этологию дойных коров / Н. Н. Швецов, М. М. Наумов, Н. П. Зуев [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 2 (12). С. 135-142.
3. Влияние кормовых добавок на продуктивные качества сельскохозяйственной птицы / В. В. Шкаленко, А. К. Карапетян, А. А. Баксарова, Ю. Г. Букаева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 5 (199). С. 75-78.
4. Использование альтернативного кормового ингредиента в рационе свиней / Е. В. Корнилова, С. И. Николаев, А. К. Карапетян [и др.] // Главный зоотехник. 2023. № 3 (236). С. 3-12.
5. Николаева Н. А., Борисова П. П. Молочная продуктивность коров при скармливании энерго-протеиново-минеральных кормовых добавок // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В. Р. Филиппова. 2017. № 1 (46). С. 41-48.
6. Питательная ценность зернового сорго / В. В. Ковтунов, Н. А. Ковтунова, О. А. Лушпина, Н. Н. Сухенко // Фермер. Поволжье. 2018. № 8 (72). С. 56-58.
7. Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства / И. Е. Горин, О. В. Самофалова, А. К. Карапетян [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 334-340.
8. Сошкин Ю. В., Карапетян А. К., Чехранова С. В. Влияние белкового концентрата "Агро-Матик" на переваримость и использование питательных веществ молодняком овец // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 266-275.
9. Уровень потребления и затраты сухого вещества как критерий эффективности кормления молочного скота / О. Е. Привало, Н. Н. Швецов, К. И. Привало [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 47-49.
10. Эффективность использования зерна нута в кормлении кур-несушек промышленного стада / А. К. Карапетян, И. Ю. Даниленко, М. В. Струк, О. В. Корнеева // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 12 (170). С. 83-89.
11. Эффективность повышения молочной продуктивности коров за счет применения инновационных кормовых средств / И. Ф. Горлов, М. И. Сложенкина, Д. В. Николаев [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 6 (152). С. 107-114.
12. Improving the protein nutritional value of the diets for farm animals and poultry by introducing oil industry waste / S. I. Nikolaev, S. V. Chekhranova, A. K. Karapetyan [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. No Special Is. 1. P. 78-84.
13. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture / S. I. Nikolaev, A. V. Randelin, A. K. Karapetyan [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012026.

Информация об авторах

Чехранова Светлана Викторовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: schekhranova@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, профессор кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Коловоротная Виктория Игоревна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kolesova-vika-93@mail.ru

Шарапкина Эльмира Максумовна, соискатель кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail:sharapkalievaellmira@gmail.com

Воронцова Елена Сергеевна старший научный сотрудник ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), кандидат биологических наук, e-mail:esvoronts@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-46

INFLUENCE OF RHYTHMIC FEEDING ON DAIRY COWS PRODUCTIVITY

N. N. Shvetsov¹, A. S. Zvonarev¹
S. V. Chekhranova², V. I. Kolovorotnaya²

¹Belgorod State Agrarian University named after V.Ya. Gorina, Belgorod, Russia

²Volgograd state agrarian university

Received 17.04.2023

Submitted 20.05.2023

Summary

This article presents the results of studying the optimal ways of rhythmic feeding of dairy cows using the frequency of changing the feed of the diet. The experiment was carried out on the basis of APH "Green Valley" MTC "Veresk" Korochansky district, Belgorod region. Studies have established a positive rhythmic feeding of cows with an increase in daily milk yield.

Abstract

When conducting research on feeding cattle with the study of the productive effect of feeds, diets or feed mixtures, we noticed that the productivity of animals increases when changing individual feeds in the diet or feed mixture in experimental groups compared with the control, in which the diet does not change for a long time. This circumstance prompted the idea that if the productivity of animals increases with the change of individual feeds, then the question arises to study the rhythm of the shift, to determine the optimal variant of the frequency of the shift without compromising the productivity of animals. The object of the study. The object of the study were Holstein cows. Materials and methods. The research was carried out in the Green Valley agricultural complex of the MTK "Heather" of the Korochansky district, Belgorod region on cows of the Glstein breed, selected in groups by the method of pairs of analogues. The purpose of this work is to develop optimal methods of rhythmic feeding of dairy cows using the frequency of feed replacement of the diet. Results and conclusions. Studies have shown different animal feed consumption of feed mixtures No. 1 and No. 2. It should be noted that coarse and juicy feed was not completely eaten by cows in both feed mixes, there were residues. So, in the first group, feed mixture No. 1 was eaten by 94.4%, in the second – by 95.7, in the third - by 98.4, in the fourth - by 97.1%. The average daily yield was highest in the third group of animals, in which feed mixture No. 1 was changed to feed mixture No. 2 every 60 days. Compared with the control group, the daily milk yield in the third group was higher by 0.9 kg or 3.1% ($p < 0.05$). In the second and fourth groups, milk yield increased by 0.5 kg or 1.7% and 0.7 kg or 2.4%, respectively. The use of rhythmic feeding on highly productive animals also had a positive effect on the fat and protein content in milk. The group differences in milk fat content were insignificant and unreliable, but in the third group the fat content was at the level of 4.20%, with 4.18 – 4.19% in other variants of the experiment.

Keywords: recipes of feed mixtures, cows, milk productivity, palatability of feed mixtures.

Citation. Shvetsov N. N., Zvonarev A. S., Chekhranova S. V., Kolovorotnaya V. I. Influence of rhythmic feeding on dairy cows productivity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 394-401 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-46.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, implementation, and analysis of the results of the research. The presented version of the article was approved by all authors.

Conflict of interest. The authors did not declare a conflict of interest

УДК 636.084.429:636.2.034

**ВЛИЯНИЕ РИТМИЧНОГО КОРМЛЕНИЯ
НА МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОРОВ****Н. Н. Швецов¹**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**А. С. Звонарев¹**, аспирант**С. В. Чехранова²**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент**В. И. Коловоротная²**, аспирант¹ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина,
г. Белгород, Россия²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 17.04.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Актуальность. При проведении исследований по кормлению крупного рогатого скота с изучением продуктивного действия кормов, рационов или кормосмесей нами замечено, что продуктивность животных возрастает при смене отдельных кормов в составе рациона или кормосмеси в опытных группах по сравнению с контролем, в котором рацион не меняется продолжительное время. Это обстоятельство натолкнуло на мысль, что если продуктивность животных повышается при смене отдельных кормов, то встает вопрос изучения ритма смены, определения оптимального варианта периодичности смены без ущерба продуктивности животных. **Объект исследования.** Объектом исследования стали коровы голштинской породы. **Материалы и методы.** Исследования были проведены в АПХ «Зеленая Долина» МТК «Вереск» Корочанского района Белгородской области на коровах голштинской породы, подобранных в группы методом групп-аналогов. Цель данной работы – разработка оптимальных способов ритмичного кормления дойных коров с использованием частичных изменений состава кормосмеси в период лактации. **Результаты и выводы.** Исследования показали разную поедаемость животными кормов кормосмесей № 1 и № 2. Следует отметить, что грубые и сочные корма коровами поедались в обеих кормосмесях не полностью, были остатки. Так, в первой группе кормосмесь № 1 поедалась на 94,4 %, во второй – на 95,7%, в третьей – на 98,4, в четвертой – на 97,1 %. Среднесуточный удой наиболее высокий был установлен в третьей группе животных, у которых кормосмесь №1 менялась на кормосмесь №2 через каждые 60 суток. По сравнению с контрольной в третьей группе суточный удой был выше на 0,9 кг, или 3,1 % ($p < 0,05$). Во второй и четвертой группах удой повысился на 0,5 кг, или 1,7 % и 0,7 кг, или 2,4 % соответственно. Применение ритмичного кормления на высокопродуктивных животных также положительно повлияло на содержание жира и белка в молоке. Групповые различия по жирности молока были незначительными и недостоверными, но в третьей группе содержание жира было на уровне 4,20 %, при 4,18-4,19 % в других вариантах опыта.

Ключевые слова: рецепты кормосмесей, коровы, молочная продуктивность коров, поедаемость кормосмесей.

Цитирование. Швецов Н. Н., Звонарев А. С., Чехранова С. В., Коловоротная В. И. Влияние ритмичного кормления на молочную продуктивность коров. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 394-401. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-46.

Авторский вклад. В этом эксперименте все авторы принимали участие в планировании, реализации и анализе результатов исследования. Представленная версия статьи была одобрена всеми авторами.

Конфликт интересов. Авторы не заявляли о конфликте интересов.

Введение. При проведении исследований по кормлению крупного рогатого скота с изучением продуктивного действия кормов, рационов или кормосмесей нами замечено, что продуктивность животных возрастает при смене отдельных кормов в составе рациона или кормосмеси в опытных группах по сравнению с контролем, в котором рацион не меняется продолжительное время. В то же время надо заметить, что у высокопродуктивных живот-

ных можно допустить только частичные изменения состава кормосмеси без снижения их продуктивности. Это обстоятельство натолкнуло на мысль, что, если продуктивность животных повышается при таком кормлении, изучения ритма смены, определения оптимального варианта периодичности смены без ущерба продуктивности животных [2, 6].

Установлено, что генетический потенциал молочной продуктивности, свойственный животным, при использовании интенсивной технологии показывает себя иначе, нежели при содержании и кормлении, свойственным традиционным условиям [1, 3, 5, 8].

Знание особенностей животных дает возможность провести предварительную подготовку организма к изменениям внешней среды. А между тем знание этологии позволяет соотносить факторы, под действием которых животные трудно приспосабливаются к новой технологии содержания без негативного влияния на их продуктивность [6, 10].

Цель данной работы – разработать оптимальные способы ритмичного кормления дойных коров с использованием частичных изменений состава кормосмеси в период лактации.

Материалы и методы. Исследования были проведены в АПХ «Зеленая Долина» МТК «Вереск» Корочанского района Белгородской области. Согласно методике исследования, был проведен научно-хозяйственный опыт.

В исследованиях были использованы коровы голштинской породы. В группы животные были подобраны методом групп-аналогов с учетом молочной продуктивности, возраста и живой массы. Отбор коров для исследования производился исключительно из клинически здоровых особей.

Опыт был проведен по следующей схеме (таблица 1).

Первая группа (контрольная) получала основной рацион (ОР) в виде кормосмеси № 1. Кормление в этой группе было обычное, без изменения рецепта кормосмеси. В опытных группах через определенное время происходила частичная смена состава кормосмеси №1 и скармливалась кормосмесь № 2. Во второй группе через каждые 30 суток, а в третьей и четвертой группах – через 60 и 90 суток соответственно.

Таблица 1 - Схема проведения опыта / Table 1 – Scheme of the experiment

Группа г\Group	Количество животных, голов\Number of animals, heads	Периоды опыта, сутки\Periods of experience, days		Схема кормления \ Feeding scheme
		Уравни- тельный\egalitarian	Глав- ный\Main	
1	10	30	180	ОР (солома, сено, сенаж, силос, патока, комбикорм, минеральные добавки в виде кормосмеси № 1). Кормление – обычное, без смены кормосмеси\ OR (straw, hay, haylage, silage, molasses, mixed fodder, mineral additives in the form of feed mixture No. 1). Feeding - normal, without changing the feed mixture.
2	10	30	180	Кормосмесь № 1 меняется через 30 суток на кормосмесь №2\ Feed mixture No. 1 is changed after 30 days for feed mixture No. 2
3	10	30	180	Кормосмесь № 1 меняется через 60 суток на кормосмесь №2 \ Feed mixture No. 1 is changed after 60 days for feed mixture No. 2
4	10	30	180	Кормосмесь № 1 меняется через 90 суток на кормосмесь №2\ Feed mixture No. 1 is changed after 90 days for feed mixture No. 2

Схема кормления разными кормосмесями представлена ниже (таблица 2).

Таблица 2 – Схема кормления разными кормосмесями по периодам опыта

Table 2 – Scheme of feeding with different feed mixtures by periods of experience

Период опыта и продолжительность (суток)\ Experience period and duration (days)	Группа\Group			
	1	2	3	4
Уравнильный – 30\ egalitarian-30	Кормосмесь № 1 / Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1
Главный – 30\Main-30	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1
- // - 30	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1
- // - 30	Кормосмесь № 1	Кормосмесь № 1	Кормосмесь № 2	Кормосмесь № 1
- // - 30	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2
- // - 30	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2
- // - 30	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2	Кормосмесь № 1\ Feed mix No. 1	Кормосмесь № 2\ Feed mix No. 2

В уравнильный период всем животным скармливалась кормосмесь № 1. Потом в главный период опыта первые 30 суток во всех группах также применялась та же кормосмесь. Во вторые 30 суток во второй группе перешли на кормосмесь № 2. В других группах третьей и четвертой продолжали скармливать кормосмесь №1. Далее продолжали скармливать кормосмеси согласно схеме кормления, отображенной в таблице № 2.

Результаты. Фактическое потребление кормосмеси № 1 дойными коровами представлено в таблице 3.

Следует отметить, что грубые и сочные корма коровами поедались не полностью, были остатки. Поэтому в первой группе кормосмесь № 1 поедалась на 94,4 %, во второй – на 95,7 %, в третьей – на 98,4 %, в четвертой – на 97,1 %. Наиболее высокая поедаемость кормосмеси была отмечена в третьей группе животных, в которой кормосмеси с разным набором кормов менялись через каждые 60 суток. Поедаемость компонентов кормосмеси была выше в этой группе на 0,65 – 2,05 %, чем в других группах.

В таблице 4 представлено фактическое потребление кормосмеси № 2 во второй, третьей и четвертой группах (кг/гол./сут.).

Как видно из таблицы 4, состав кормосмеси № 2 несколько отличался от кормосмеси № 1. Во второй кормосмеси увеличили количество сена злаково-бобового до одного килограмма. Включили 0,5 кг вико-овсяного сена, которого не было в первой кормосмеси. Количество комбикорма сократили на 1,1 кг. Другие корма остались прежними.

Таблица 3 – Фактическое потребление кормосмеси № 1 в опыте
на дойных коровах (кг/гол/сут)

Table 3 – Actual consumption of feed mixture No. 1 in the experiment on dairy cows
(kg / head / day)

Наименование корма / Food name	Группа / Group			
	1	2	3	4
Солома пшеничная / Wheat straw	0,7	0,8	1,0	0,9
Сено злаково-бобовое (ежа + клевер) / Cereal-bean hay (hedgehog + clover)	0,6	0,7	0,75	0,7
Сенаж люцерновый / Alfalfa haylage	4,5	4,7	4,9	4,8
Силос из тритикале/ triticale silo	4,55	4,6	4,95	4,85
Силос кукурузный / Corn silage	22,6	22,8	23,4	23,1
Патока свекловичная / Beet molasses	1,5	1,5	1,5	1,5
Комбикорм КК - 60 – 3 / Compound feed КК - 60 - 3	13,3	13,3	13,3	13,3
Минеральные добавки/Mineral Supplements	0,15	0,15	0,15	0,15
Всего потреблено в сутки/Total consumed per day	47,9	48,55	49,95	49,3
Задано в сутки/Set per day	50,75	50,75	50,75	50,75

Первая группа животных (контрольная) осталась на прежнем рационе, получая кормосмесь № 1. Фактическая поедаемость ее составила 94,4 % от заданного количества. Во второй, третьей и четвертой группах поедаемость кормосмеси была в пределах 95,8-98,8 %. Причем наиболее высокой она отмечена в третьей группе коров, где кормосмесь частично меняли через каждые 60 суток. Она составила 98,8 %.

Таблица 4 – Фактическое потребление кормосмеси № 2 во второй, третьей и четвертой группах
(кг/гол./сут.)

Table 4 – Actual consumption of feed mixture No. 2 in the second, third and fourth groups
(kg / bird / day)

Наименование корма/ Food name	Группа / Group			
	1 (скармливалась кормосмесь №1)\ Feed mix No. 1	2	3	4
Солома пшеничная / Wheat straw	0,7	0,82	0,95	0,85
Сено злаково-бобовое (ежа + клевер) / Cereal-bean hay (hedgehog + clover)	0,6	0,85	0,96	0,80
Сено вико-овсяное / Vetch-oat hay	-	0,46	0,48	0,47
Сенаж люцерновый / Alfalfa haylage	4,5	4,73	4,95	4,80
Силос из тритикале triticale silo	4,55	4,61	4,96	4,81
Силос кукурузный /Corn silage	22,6	22,9	23,6	23,0
Патока свекловичная / Beet molasses	1,5	1,5	1,5	1,5
Комбикорм КК - 60 – 3 / Compound feed КК - 60 - 3	13,3	12,2	12,2	12,2
Минеральные добавки / Mineral Supplements	0,15	0,15	0,15	0,15
Всего потреблено в сутки / Total consumed per day	47,9	48,22	49,75	48,58
Задано в сутки / Set per day	50,75	50,35	50,35	50,35

В таблице 5 представлена молочная продуктивность подопытных коров в главный период опыта. Следует отметить, что среднесуточный наиболее высокий удой был установлен в третьей группе животных, у которых кормосмесь № 1 менялась на кормосмесь № 2 через каждые 60 суток. По сравнению с контрольной в третьей группе суточный удой был выше на 0,9 кг или 3,1 % ($p < 0,05$).

Таблица 5 - Молочная продуктивность подопытных коров в главный период опыта
($M \pm m$, $n=10$)

Table 5 - Milk productivity of experimental cows in the main period of the experiment
($M \pm m$, $n=10$)

Показатель / Indicator	Группа /Group			
	1	2	3	4
Суточный удой фактической жирности, кг / Daily milk yield of actual fat content, kg	28,8 $\pm$ 0,33	29,3 $\pm$ 0,47	29,7 $\pm$ 0,21*	29,5 $\pm$ 0,29
В % к контролю/ In % to control	100	101,7	103,1	102,4
Содержание жира в молоке, %/ Fat content in milk, %	4,18 $\pm$ 0,07	4,18 $\pm$ 0,05	4,20 $\pm$ 0,09	4,19 $\pm$ 0,06
Суточное количество молочного жира, г/ Daily amount of milk fat, g	1203,8	1224,7	1247,4	1236,0
В % к контролю/In % to control	100	101,7	103,6	102,7
Содержание белка в молоке, %/ Protein content in milk, %	3,40 $\pm$ 0,09	3,41 $\pm$ 0,06	3,43 $\pm$ 0,11	3,42 $\pm$ 0,10
Суточное количество молочного белка, г /Daily amount of milk protein, g	979,2	999,1	1018,7	1008,9
В % к контролю /In % to control	100	102,0	104,0	103,0
Затраты корма на 1 кг молока, ЭКЕ /Feed costs per 1 kg of milk, ECE	0,77	0,73	0,73	0,73

Примечание: * - $p < 0,05$

Во второй и четвертой группах удой повысился на 0,5 кг или 1,7 % и 0,7 кг или 2,4 % соответственно.

Более высокая продуктивность животных в третьей группе была достигнута подбором оптимальной периодичности смены рациона, при которой организму достаточно времени после смены рациона, чтобы перестроить микрофлору рубца в соответствии с составом кормосмеси и держать пик продуктивности до следующей замены рациона.

В контрольной группе, в которой рацион не подвергался никаким изменениям, надой были ниже, чем в опытных группах в связи с тем, что в течение всей лактации потребности животного в питательных веществах и микроэлементах не изменялись. Корова в период 0 – 21 день после отела и в третью фазу лактации нуждалась в разном комплексе микроэлементов, а получала однообразный набор кормов.

Животные из второй и четвертой групп уступали по показателям удоя в связи с тем, что в одном случае промежуток между корректировкой рациона был недостаточен для выхода на пиковую продуктивность и слишком частое его чередование приводило к таким же частым падениям удоя за счет перестройки микрофлоры рубца, а в другом случае смена рациона была реже, чем было необходимо организму.

Содержание жира в молоке было на высоком уровне, во всех группах оно превосходило 4-процентный уровень. Это объясняется высокой полноценностью и сбалансированностью применяемых кормосмесей № 1 и № 2. Но следует отметить, что использование ритмичного кормления положительно повлияло на некоторое повышение жирности молока во второй, третьей и четвертой группах. Групповые различия были незначительными и недостоверными, но в третьей группе содержание жира было на уровне 4,20 %, при 4,18-4,19 % в других вариантах опыта.

Естественно, суточное количество молочного жира в третьей группе было больше на 11,4-43,6 г, чем в других группах.

Применение ритмичного кормления на высокопродуктивных животных также положительно повлияло на содержание белка в молоке. Показатель белково-молочности был высоким во всех группах, но в третьей группе он составил 3,43 %, а в других группах был меньше на 0,01-0,03 % (различия недостоверны).

При высоких суточных удоях коров по группам установлены невысокие затраты корма на продукцию в энергетических кормовых единицах. Во второй, третьей и четвертой группах, где применяли ритмичное кормление, затраты корма были меньше на 5,5 %, по сравнению с контрольным вариантом, в котором кормосмесь не меняли.

Обсуждение. При более интенсивном обмене веществ и высокой продуктивности, свойственной коровам голштинской породы, необходимо постоянно контролировать технологию кормления, учитывая не только потребность животных в энергии и в отдельных веществах, но и уровень продуктивности, среднюю массу животных, возраст, способ содержания и др. [4].

Корректировка кормления с учетом многих показателей должна быть детализирована, но и этого может быть недостаточно при балансировании кормления животных с высокой продуктивностью [9, 10].

Балансирование – высшая форма нормирования кормления, которая предусматривает не только корректировку количества различных элементов и энергии в составе кормосмеси, но и взаимодействие этих веществ между собой, а также с бактериальной флорой желудочно-кишечного тракта [13].

Необходимость всестороннего балансирования кормосмеси для скормливания высокопродуктивным коровам связана с высокой сложностью работы их организма. Небольшая ошибка в составлении рациона может снизить продуктивность, а также приводит к снижению жизнеспособности новорожденных телят и послеродовым осложнениям.

Наиболее важными факторами при оценке питательности кормосмеси являются количество основных питательных веществ в кормах, входящих в состав кормосмеси, и их переваримость [7, 11]. Проведение достоверной оценки кормов дает возможность составить кормосмесь, максимально соответствующую потребности конкретной группы животных.

Проведенные нами исследования показали, что ритмичное кормление необходимо использовать на производстве. Этот прием кормления положительно влияет на поедаемость кормосмеси, увеличивает продуктивность животных, повышает содержание жира и белка в молоке, снижает затраты корма на получение молочной продукции.

Выводы. Таким образом, при использовании ритмичного кормления оптимальной периодичностью являются частичные изменения состава кормосмеси 1 раз в 60 суток, так как данный период позволяет своевременно разнообразить (изменить) набор питательных веществ за счет ввода нового компонента в кормосмесь, на что животные реагируют повышением суточных удоев.

Библиографический список

1. Влияние комбикормов-концентратов с экструдированным зерном на продуктивность и этологию дойных коров / Н. Н. Швецов, М. М. Наумов, Н. П. Зуев [и др.] // Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2019. № 2 (12). С. 135-142.
2. К вопросу развития костной и мышечной ткани у молодняка молочных пород / И. Ф. Горлов, П. С. Кобыляцкий, О. П. Шахбазова, А. Л. Алексеев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (38). С. 120-128.
3. Каратунов В. А., Кобыляцкий П. С., Черныков А. С. Влияние интенсивной технологии выращивания голштинских телок на их поведенческие реакции // Вестник Донского государственного аграрного университета. 2019. № 3-1 (33). С. 25-29.

4. Повышение продуктивности крупного рогатого скота при введении в рацион адсорбирующих добавок / С. И. Николаев, С. В. Чехранова, А. К. Карапетян, Н. А. Крикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (172). С. 101-106.

5. Применение в рационе молочного скота кормовой добавки на основе гуминовых кислот / Х. З. Валитов, А. И. Фролкин, М. В. Забелина, В. А. Корнилова // Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 58-61.

6. Продуктивное действие рационов и регламентированного кормления в скотоводстве: монография / Н. Н. Швецов, М. Р. Швецова, Г. С. Походня [и др.]. Белгород: Белгородский ГАУ, 2022. 259 с.

7. Разработка и использование комбикормов, включающих в свой состав нетрадиционные кормовые средства / И. Е. Горин, О. В. Самофалова, А. К. Карапетян [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 334-340.

8. Совершенствование технологии выращивания молодняка крупного рогатого скота / И. Ф. Горлов, О. П. Шахбазова, П. С. Кобыляцкий [и др.] // Молочное и мясное скотоводство. 2017. № 4. С. 5-8.

9. Уровень потребления и затраты сухого вещества как критерий эффективности кормления молочного скота / О. Е. Привало, Н. Н. Швецов, К. И. Привало [и др.] // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 47-49.

10. Швецов Н. Н., Швецова М. Р., Рыльцев А. А. Выращивание молодняка крупного рогатого скота с использованием ритмичного кормления // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. № 3. С. 59-60.

11. Improving the protein nutritional value of the diets for farm animals and poultry by introducing oil industry waste / S. I. Nikolaev, S. V. Chekhranova, A. K. Karapetyan [et al.] // Advances in Animal and Veterinary Sciences. 2019. Vol. 7. No Special Issue 1. P. 78-84.

12. Relationship between residual feed intake and end product palatability in longissimus steaks from steers sired by Angus bulls divergent for intramuscular fat expected progeny difference / J. K. Ahola, T. A. Skow, C. W. Hunt, R. A. Hill // Professional Animal Scientist. 2011. Vol. 27. № 2. P. 109-115.

13. The effects of feeding rations that differ in fiber and fermentable starch within a day on milk production and the daily rhythm of feed intake and plasma hormones and metabolites in dairy cows / M. Niu [et al.] // Journal of dairy science. 2017. V. 100. №. 1. P. 187-198.

14. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture / S. I. Nikolaev, A. V. Randelin, A. K. Karapetyan [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012026.

Информация об авторах

Швецов Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры общей и частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина», Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, Вавилова, 24, технологический факультет, Россия, 308503, e-mail: vladimirnik50@yandex.ru, тел. 8-960-640-59-17.

Звонарев Алексей Сергеевич, аспирант кафедры общей и частной зоотехнии ФГБОУ ВО «Белгородский ГАУ имени В.Я. Горина», Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, Вавилова, 24, технологический факультет, Россия, 308503, e-mail: student.alex 1996@yandex.ru, тел. 8-951-769-69-52.

Чехранова Светлана Викторовна, доцент кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: schekhranova@mail.ru

Коловоротная Виктория Игоревна, аспирант кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), e-mail: kolesova-vika-93@mail.ru

THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PROTEIN RAW MATERIALS OF MICROBIAL SYNTHESIS ON INDICATORS OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF STERLET

V. N. Agapova, D. A. Randelin,
Yu. V. Kravchenko, A.I. Novokshchenova

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 17.03.2023

Submitted 25.05.2023

Summary

The article is devoted to studies of the effect of protein raw materials of microbial synthesis- haprin on the growth and development rates of sterlet when grown in installations with a closed water supply cycle. The results of the conducted scientific and economic experiments indicate a positive effect of the introduced gaprin on the growth rates of sturgeon fish.

Abstract

Introduction. The population of the Russian Federation needs quality sources nutrition of both plant and animal origin. Fish farming is one of the main sources of high-quality protein, balanced in amino acid composition and unique in the content and ratio of mineral elements [4;9]. As the population and the rate of industrialization are increasing, a decrease in fish stocks has been noticed, leading to the fact that the population's demand for fish products is not fully met. The cost of fish and products made from it is steadily growing, while the quality often does not meet the standards and state standards. Positive dynamics in this situation is possible with an increase in the pace of industrial production [5;7]. The reduction of stocks of valuable fish species in the commercial water bodies of the country dictates the need for the development of commercial fish farming. For intensification and development in the field of aquaculture, innovative methods and modern biotechnological developments are needed that can ensure the payback of production and provide the population of the country with environmentally friendly products.

Object. The object of study is represented by sterlet fry. **Materials and methods.** Studies on the effect of feed with the introduction of 1 protein of microbiological synthesis - gaprin on the economic and biological indicators of sterlet - were carried out at the Center for Breeding Valuable Sturgeon Breeds of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Volgograd State Agrarian University. In the course of our scientific experience, we used the basic and modern methods of ichthyological, zootechnical, physiological, research using modern instruments and equipment. All material obtained as a result of the study was subjected to biometric processing using the program "Microsoft Office" using the application "determining the criterion of significance of the difference according to Student-Fisher at all levels of reliability **Results and conclusion.** Microbial product synthesis-gaprin had a positive effect on zootechnical indicators sterlet grown in plants with a closed water supply cycle. Based on the results of our studies, a positive dynamics of zootechnical indicators of sturgeon fry has been established at the expense introduced protein additives - gaprin.

Key words: *protein raw materials of microbial synthesis - haprin, sterlet, sturgeon, growth indicators, live weight.*

Citation. Agapova V.N., Randelin D.A., Kravchenko Yu.V., Novokshchenova A.I. The effectiveness of the use of protein raw materials of microbial synthesis on indicators of the the growth and development of starlet. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 401-407 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-47.

Author's contribution. The author's tandem, carrying out research on the data project, made a major contribution to the planning, execution and analytical processing of the obtained results. The team of authors of this article approved the final version.

Conflict of interest. The authors testify to the absence of conflicts of interest.

УДК 639.371.2.043

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕЛКОВОГО СЫРЬЯ МИКРОБНОГО СИНТЕЗА НА ПОКАЗАТЕЛИ РОСТА И РАЗВИТИЯ СТЕРЛЯДИ

В. Н. Агапова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Д. А. Ранделин, доктор биологических наук, профессор

Ю. В. Кравченко, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

А. И. Новокщенова, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.03.2023

Дата принятия к печати 25.05.2023

Актуальность. Населению Российской Федерации необходимы качественные источники питания как растительного, так и животного происхождения. Рыбоводство является одним из основных источников высококачественного белка, сбалансированного по аминокислотному составу и уникальному по содержанию и соотношению минеральных элементов [4, 9]. Так как численность населения и темпы индустриализации увеличиваются, замечено сокращение рыбных запасов, приводящее к тому, что в полной мере не обеспечивается спрос населения в рыбной продукции. Стоимость рыбы и продукции, изготовленной из нее стабильно растет, при этом качество зачастую не соответствует предъявленным нормам и ГОСТам. Положительная динамика в данной ситуации возможна при наращивании темпов промышленного производства [5, 7]. Сокращение запасов ценных видов рыб в промысловых водоёмах страны диктует необходимость развития товарного рыбоводства. Для интенсификации и развития в области аквакультуры необходимы инновационные приёмы и современные биотехнологические разработки, которые способны обеспечить окупаемость производства, и обеспечить население страны экологически безопасной продукцией. **Объект.** Объект исследования представлен молодью стерляди **Материалы и методы.** Исследования по изучению влияния кормов с вводом белка микробиологического синтеза - гаприн на хозяйственно- биологические показатели стерляди проводились в Центре «Разведение ценных пород осетровых» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет». В ходе проведенного нами научного опыта использовались основные и современные методы ихтиологических, зоотехнических, физиологических, исследований с применением современных приборов и оборудования. Весь материал, полученный в результате исследования, подвергался биометрической обработке по программе «Microsoft Office» с применением приложения «определения критерия достоверности разности» по Стьюденту-Фишеру при всех уровнях достоверности. **Результаты и выводы.** Продукт микробиального синтеза - гаприн оказал положительное влияние на зоотехнические показатели стерляди, выращенной в установках с замкнутым циклом водоснабжения. По результатам проведенных нами исследований установлена положительная динамика зоотехнических показателей молоди осетровых рыб за счет вносимой белковой добавки гаприн.

Ключевые слова: белковое сырье микробного синтеза, гаприн, стерлядь, осетровые, показатели роста стерляди, живая масса стерляди.

Цитирование. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Кравченко Ю. В., Новокщенова А. И. Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза - гаприн на показатели роста и развития стерляди. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 401-407. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-47.

Авторский вклад. Авторский коллектив, осуществляющий исследования над данным проектом, внес основной вклад в планирование, выполнение и аналитическую обработку полученных результатов. Все авторы настоящей статьи ознакомились с представленным окончательным вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Стерлядь, а также другие виды рыб реагируют на качество поступающего в корма белка, так как он является основным и незаменимым источником аминокислот, входит в состав ферментов и витаминов, является структурным элементом из которого построены органы и ткани рыбы, а при необходимости служит источником энергии, в особенности для молоди рыб. Одним из ключевых ингредиентов, вводимых в корм для рыб, является дорогостоящая рыбная мука.

В настоящее время проводятся многочисленные исследования, направленные на то, чтобы заменить рыбную муку на другие ингредиенты растительного, животного или микробного синтеза [6, 10]. Продукты микробного синтеза как источники качественного белка могут прийти на смену дорогостоящим ингредиентам, применяемым в кормлении рыб.

В связи с вышесказанным изучение действенности и целесообразности использования белкового сырья микробного синтеза гаприн в комбикормах для стерляди является достаточно актуальным.

Цель нашего исследования – изучить влияние разных доз гаприна на зоотехнические показатели осетровых видов рыб на примере стерляди.

Материалы и методы. Для выполнения научно-хозяйственного исследования были сформированы четыре группы: первая контрольная и 2, 3, 4 опытные группы, в каждой по 100 голов. Первой контрольной группе скармливался полнорационный корм для молоди стерляди. Трем опытным группам был предложен комбикорм, произведенный по разработанной нами рецептуре. Корма для молоди стерляди опытных групп содержали белок микробного синтеза - гаприн, который вводили взамен рыбной муки на 25%, 50%, 75%. Кормление стерляди проводилось в дневное время, кормораздача производилась три раза в день вручную. Нормирование осуществлялось согласно пересчету на ежемесячной основе, согласно результатам контрольного взвешивания.

Результаты и обсуждение. Взвешивание молоди стерляди производилось ежемесячно. На основе полученных данных нами были произведены расчеты основных показателей прироста рыб: абсолютного, относительного, среднесуточного. На начало опыта средняя живая масса рыб во всех 4 группах составляла 130 граммов.

Продолжительность исследования составляла 60 дней (таблица 1).

Таблица 1 – Схема опыта / Table 1 – Scheme of experience

Группа	1 контрольная группа	2 контрольная группа	3 опытная группа	4 опытная группа
Применение кормов	Полнорационный корм для молоди стерляди	Полнорационный корм для молоди стерляди с заменой рыбной муки на 25% гаприном	Полнорационный корм для молоди стерляди с заменой рыбной муки на 50% гаприном	Полнорационный корм для молоди стерляди с заменой рыбной муки на 75% гаприном
Количество рыб в группе, n	100	100	100	100
Продолжительность опыта, дней	60	60	60	60
Сохранность за период опыта, %	100	100	100	100

Состав опытных кормов: пшеница, шрот соевый СП 44%, глютен кукурузный, мука мясная 60%, мука рыбная СП 59%, кровяная мука СП 80%, рыбий жир, гаприн.

По результатам, полученным в итоге проведенного исследования, следует, что наивысший показатель живой массы был зафиксирован у молоди 4-й опытной группы, она превосходила аналогов из 2-й и 3-й опытных групп на 6,4% и 4% соответственно. Живая масса молоди контрольной группы уступала по данному показателю аналогам из 4-й на 12,08% (рисунок 1).



Рисунок 1 – Тенденция изменения живой массы, г

Figure 1 –Trend of change in live weight, gr

Результаты показателя абсолютного прироста живой массы (рисунок 2), демонстрируют превосходство данного значения у 4 опытной группы. Молодь стерляди, относящаяся к контрольной группе, уступала по данному показателю аналогам из 4 группы на 59,8 %, 2 опытной группы – на 28,9 %, и 3 опытной группы – на 12,5 %.

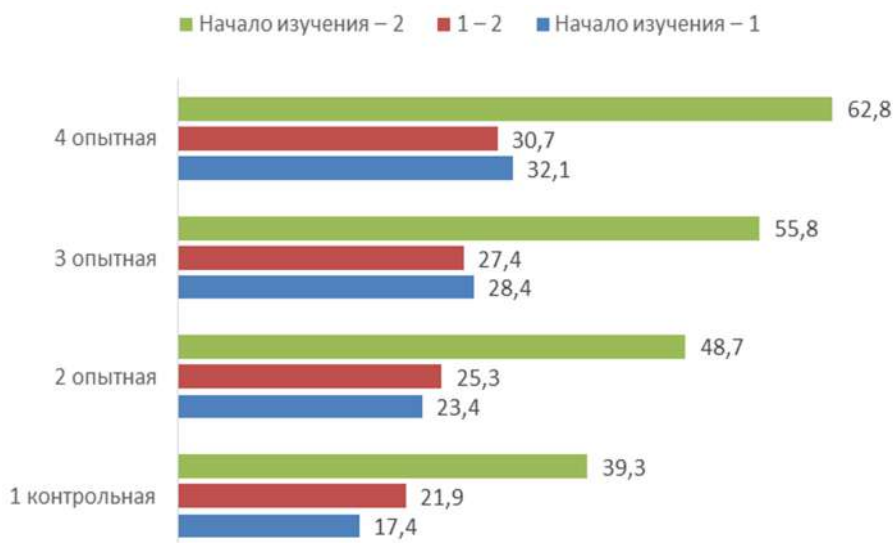


Рисунок 2 – Показатели абсолютного прироста массы живой, кг

Figure 2 – Indicators of absolute increase in live weight, kg

По итогам проведенного эксперимента, значения относительного прироста (таблица 2) превалировали у особей 4 опытной группы, по отношению к аналогам 1 контрольной группы на 18,8%, 2 и 3 опытные группы уступали на 11,62 и 5,28

Таблица 2 – Показатели относительного прироста живой массы, %

Table 2 –Indicators of relative weight gain, %

Группы	Период изучения		
	Начало эксперимента – 30 день	30-60 день.	Начало эксперимента -60 день.
1-я контрольная группа	13,17	14,65	29,75
2-я опытная группа	17,75	16,30	36,95
3-я опытная группа	22,03	17,42	43,29
4-я опытная группа	24,83	19,02	48,57

Во всех группах выживаемость составила 100% поголовья.

Суммарная ихтиомасса в 4 опытной группе была выше по сравнению с молодью стерляди 2 и 3 опытных групп на 6,4 % и 4,0%, подобная ситуация отмечена по отношению к представителям из 1 контрольной группы, которая также уступала 4 опытной группе на 12,1%.

Согласно результатам проведенного научно-хозяйственного исследования, показатели линейного роста стерляди указывают на то, что значительных отличий в контрольной и трех опытных группах по длине тела не было выявлено (таблица 3).

По итогам проведенного исследования также следует, что по показателю ширины тела у молоди 1-й контрольной, 2-й, 3-й и 4- опытных групп явных различий не было установлено. Наименьшая высота тела отмечена у особей 1 контрольной группы. По данному признаку они уступали аналогам 2 опытной группы на 8,94%, 3 на 15,2% и 4 на 10,39% (таблица 3).

Таблица 3 – Значение показателей размера тела стерляди за период проведения опыта

Table 3 – The value of indicators of the body size of sterlet for the period of the experiment

Группа	В начале опыта			В конце опыта		
	Длина тела L, см	Ширина тела, см	Высота тела, см	Длина тела L, см	Ширина тела, см	Высота тела, см
1 контрольная группа	29,08±1	2,88±0,09	2,92±0,09	32,67±1,93	3,37±0,17	4,81±0,34
2 опытная группа	29,25±0,89	2,96±0,09	2,84±0,09	33,05±1,84	3,55±0,2	5,24±0,29
3 опытная группа	28,76±1,3	3,09±0,12	2,95±0,08	33,66±1,92	3,67±0,21	5,54±0,31
4 опытная группа	28,93±1,17	3,15±0,09	2,88±0,09	33,98±2,4	3,74±0,19	5,31±0,37

Выводы. Включение белкового сырья микробиального синтеза гаприна в комбикорма взамен рыбной муки оказало положительное влияние на показатели роста и развития стерляди при выращивании в установках с замкнутым циклом водоснабжения.

Библиографический список

1. Буяров В. С., Юшкова Ю. А. Организация профилактического кормления молоди стерляди с целью предупреждения возникновения алиментарных заболеваний в индустриальной аквакультуре // Состояние и пути развития аквакультуры в Российской Федерации в свете импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности страны: материалы II национальной научно-практической конференции. Санкт-Петербург: ООО "ЦеСАин", 2017. С. 5-9.
2. Волосников Г. И. Обзор данных по биологии стерляди *Acipenser ruthenus* (Linnaeus, 1758) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. 2017. № 2 (64). С. 67–72.
3. Гусева Ю. А. Оптимизация кормления -одно из условий получения безопасной рыбной продукции // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2018. № 4 (147). С. 56-63.
4. Зотов А. В., Тронин А. В., Имайкин Д. Т. Обоснование целесообразности использования отечественных комбикормов при выращивании аквакультуры // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 1.
5. Использование комбикормов с разным содержанием протеина и жира в процессе индустриального товарного выращивания осетровых рыб в установках с замкнутым циклом водопользования / В. Г. Крымов, С. И. Вершинин, Н. А. Юрина [и др.] // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2019. № 47. С. 68-78.
6. Оценка эффективности продукционного комбикорма отечественного производства в кормлении осетровых рыб / В. Г. Крымов, И. Р. Тлецерук, Е. А. Максим [и др.] // Новости науки в АПК. 2018. № 2-1 (11). С. 375-377.

7. Процесс развития воспроизводительной системы у самцов осетровых рыб в индустриальных условиях на примере стерляди волжской популяции / В. А. Ильясова, Е. А. Мельченков, В. В. Калмыкова [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2021. № 8 (187). С. 32-42.
8. Рабазанов Н. И., Маммаев М. А. Технологические факторы при выращивании посадочного материала стерляди в установке с замкнутым циклом водоснабжения // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2022. № 2 (199). С. 63-75.
9. Репродуктивные показатели стерляди и сибирского осетра при выращивании в аквакультуре и в естественных водоемах / Е. А. Данилова, А. П. Воробьев, И. О. Звезда [и др.] // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2023. Т. 17. № 4 (207). С. 245-255.
10. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина / Д. А. Ранделин, М. И. Сложенкина, А. М. Я. Эльбеяри Мохсен [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 218-226.
11. Хорошайло Т. А., Козубов А. С. Сравнительная оценка роста и развития молоди белуги и ее помесей со стерлядью // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2022. Т. 14. № 3. С. 5-11.
12. Drivers of diet patterns in a globally distributed freshwater fish species / J. Sánchez-Hernández, P.-A. Amundsen, A. G. Finstad, J. V. Arnekleiv, G. Kjørstad // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2019. № 8. P. 1263-1274.

Информация об авторах:

Агапова Василина Николаевна, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, Университетский просп., 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: 55avn5@mail.ru

Ранделин Дмитрий Александрович, заведующий кафедрой «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, Университетский просп., 26), доктор биологических наук, профессор, e-mail: randelin_dm@mail.ru

Кравченко Юрий Владимирович, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, Университетский просп., 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: uriy34rus@mail.ru

Новокшенова Анна Ивановна, доцент кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, Университетский просп., 26), кандидат сельскохозяйственных наук, e-mail: anna.gustowa2012@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-48

QUALITY MANAGEMENT OF FEED ADDITIVES USING THE FUZZY LOGIC METHOD

E.A. Brazhnik^{1,2}, S.N. Bikonya^{1,2}, G.Yu. Laptev^{1,2}, O.V. Kochetkova¹

¹*Volgograd State Agrarian University, Volgograd*

²*Limited Liability Company «BIOTROPH», Saint-Petersburg*

Received 27.02.2023

Submitted 20.05.2023

Summary

The article demonstrates the method of risk assessment and quality management process on the example of the development of biopreparations for farm animals and birds. As a risk assessment, a fuzzy logic mathematical method was used, which is used in conditions of lack of data and knowledge and is characterized by high stability and logic.

Abstract

Introduction. Digitalization is the main vector for the development of agriculture. The success of the development of agricultural industries, such as livestock and poultry, directly depends on the ability of feed mills to meet their needs. The introduction of new digital technologies into the technology of feed mills makes it possible to improve the quality of products and make them more efficient. **Object.** The object of the study was the process of quality management of finished products based on the fuzzy

logic method. **Materials and methods.** The results of quality control of a multicomponent probiotic supplement of a domestic manufacturer were used as data for analysis. Data analysis was carried out in the R environment using the Sets library. **Results and conclusions.** The analysis showed that during the production of finished products there were no events associated with a high risk assessment and the release of non-conforming products. The number of events associated with the average (normal) risk assessment was 30.6%. The remaining events - 69.4%, fell on a low risk level. The developed fuzzy risk assessment model was integrated into the decision-making system according to the «If – Then» scheme, implemented in order to save resources and manage the quality of products. The demonstrated risk assessment method is highly customizable and can be adapted to existing risk management models, as well as modified to suit the development of new products.

Key words: *quality management, feed additive, fuzzy logic method, resource conservation, risk.*

Citation. Brazhnik E.A., Bikonya S.N., Laptev G.Yu. Kochetkova O.V Quality management of feed additives using the fuzzy logic method. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 407-415 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-48.

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

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

УДК 658.562.3:65.012.123:636.085.34

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КОРМОВЫХ ДОБАВОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Е. А. Бражник^{1,2}, аспирант

С. Н. Биконя^{1,2}, аспирант

Г. Ю. Лаптев^{1,2}, доктор биологических наук, профессор

О. В. Кочеткова¹, доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград

²ООО «БИОТРОФ», Санкт-Петербург, г. Пушкин

Дата поступления в редакцию 27.02.2023

Дата принятия к печати 20.05.2023

Аннотация. В статье продемонстрирован метод оценки рисков и процесс управления качеством на примере отечественного производителя биопрепаратов для сельскохозяйственных животных и птиц. В качестве оценки рисков был использован математический метод нечеткой логики, который применяется в условиях недостатка данных и знаний и характеризуется высокой устойчивостью и логичностью.

Актуальность. Цифровизация является основным вектором развития сельского хозяйства. Успех развития сельскохозяйственных отраслей, таких как животноводство и птицеводство, напрямую зависит от способности комбикормовых заводов удовлетворять их потребности. Внедрение в технологию комбикормовых заводов новых цифровых технологий позволяет повысить качество выпускаемой продукции и сделать их более эффективными.

Объект. Объектом исследования стал процесс управления качеством готовой продукции, основанный на методе нечеткой логики. **Материалы и методы.** В качестве данных для анализа были использованы результаты контроля качества многокомпонентной добавки-пробиотика отечественного производителя. Анализ данных проводили в среде R с использованием библиотеки Sets. **Результаты и выводы.** Проведенный анализ показал, что при производстве готовой продукции событий, связанных с высокой оценкой риска и выпуском несоответствующей продукции, не наступало. Количество событий, связанных со средней (нормальной) оценкой рисков, составило 30,6 %. Остальные события – 69,4 % – пришлись на низкий уровень риска. Разрабо-

танная нечеткая модель оценки рисков была интегрирована в систему принятия решения по схеме «Если – То», реализуемой с целью сбережения ресурсов и управления качеством выпускаемой продукции. Продемонстрированный способ оценки рисков имеет возможности гибкой настройки и позволяет приспосабливать его к существующим моделям управления рисками, а также изменять его с учетом особенностей при разработке новых продуктов.

Ключевые слова: управление качеством, качество кормовых добавок, нечеткая логика, сбережение ресурсов.

Цитирование. Бражник Е. А., Биконя С. Н., Лаптев Г. Ю., Кочеткова О. В. Управление качеством кормовых добавок с использованием метода нечеткой логики. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 407-415. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-48.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликтов интересов.

Введение. Основой обеспечения качества продукции на предприятиях является система менеджмента качества. В процессе обеспечения качества продукции предприятие сталкивается с разного рода рисками, как внешними, так и внутренними, которые могут иметь отрицательные последствия. Риск – степень оценки возможности события, которое может повлиять на выполнение стратегических и тактических итоговых целей организации. Сертификация по системе ISO 9001:2015 нацелена не на повышение качества продукции, а на постоянное улучшение качества системы, при которой она производится. Отлаженная СМК может обеспечить стабильным качеством выпускаемую продукцию [9].

Процессы управлением рисками тесно связаны с определением, изучением их и принятием решений по минимизации отрицательных и максимизацию положительных последствий при возникновении рисков событий. Анализ внутренних рисков связан с принятием управленческих решений и направлен на управление качеством выпускаемой продукции [6, 7]. Величину риска определяет его уровень, на основании которого принимаются решения. Это критерий, который дает возможность установить нарушение баланса, возникающего в процессе достижения цели. Уровень риска может быть задан качественным, полуколичественным или количественным образом. Управление рисками может состоять из ряда этапов, первый из которых – идентификация риска и его описание. После чего необходима его оценка и выбор наиболее оптимального метода воздействия. Последним этапом является оценка эффективности выбранного метода воздействия на риск, и это может занять длительное время, в силу того что некоторые мероприятия носят долгосрочный характер [8].

Нечеткая логика находит применение в создании новых кормовых смесей, при определении оптимального соотношения рецептурных компонентов – все это дает возможность уменьшить число производственных испытаний. В условиях информационного дефицита, который свойственен для настоящего производства отрасли пищевой промышленности, с использованием метода нечеткой логики можно повысить качество управления производством [1].

Нечеткая логика объединяет в себе два раздела в математике: теорию множеств и классическую логику. Нечеткая логика при современном развитии экспертных систем и нейронных сетей также может быть востребована [5].

Базовые основы нечеткой логики и теории нечетких множеств заложил математик Лотфи Заде (Lotfi Zaden), введя впервые термин нечеткой логики (fuzzy logic) в 1965 году в работе «Нечеткие множества» («Fuzzy sets») [14, 15]. Нечеткая логика поз-

воляет пользоваться лингвистическими переменными с помощью определенных правил, которые понятны и близки по своей структуре к обычному разговорному языку человека. Выделяют следующие достоинства нечетких систем:

- преимущество пользоваться нечеткими входными данными: например, постоянно колеблющимися во времени числовыми значениями, которые нельзя определить однозначно. Например, при проведении социологических исследований;
- критерии оценки и сравнения можно задать с определенной долей нечеткости: допустимо употребление критериев «плохо», «хорошо», «очень хорошо»;
- можно применять качественные оценки данных как входных, так и выходных результатов. Дополнительно появляется возможность определять степень их достоверности;
- сложные динамические системы легко можно смоделировать с заданной степенью точности [7].

Результат работы нечеткой логики построен на переменных, для которых задана не бинарная, а непрерывная принадлежность. При работе системы появляется возможность избежать потери информации. Систему, построенную на нечеткой логике, можно детально и тонко настроить для достижения необходимого отклика [12].

Наиболее оптимальным методом оценки риска стало использование системы оценки риска для определенного вида продукции и принятие решения по уровню его оценки по принципу «Если – То». Для решения поставленной задачи был избран математический метод нечеткой логики. Выбранный метод позволяет дать количественную и лингвистическую оценку параметрам качества, определить риски, тем самым оперативно предупредить развитие высоких рисков, связанных с несоответствующей продукцией. Использование построенных на основе нечеткой логики систем оценки рисков применяется для анализа рисков в условиях недостатка данных и знаний и характеризуется высокой устойчивостью и логичностью [2, 13].

Цель исследования. Целью исследования стала разработка системы оценки рисков и управления качеством готовой продукции с применением нечеткой логики на примере производства кормовой добавки «Профорт®». Кормовая добавка отечественного производителя ООО «БИОТРОФ» (г. Санкт-Петербург) рекомендована для увеличения сохранности и продуктивности сельскохозяйственных животных, птиц, рыб и пушных зверей, а также улучшения процессов пищеварения у мелких домашних животных. Кормовая добавка выпускается по Техническим Условиям (ТУ 10.91.10-026-50932298-2017).

Материалы и методы. Оценка рисков проводилась группой экспертов (специалистами по решаемой проблеме) – микробиологами, биотехнологами и контролерами по качеству. В компетенцию группы входил анализ рисков производства несоответствующей продукции. Перед экспертной группой была поставлена задача по определению уровня риска выпуска несоответствующей продукции и разработка метода по его управлению с помощью метода нечеткой логики.

Эффективность и сохранность кормовой добавки гарантируется в течение 12 месяцев с момента изготовления. Для нее заявлены следующие критерии качества – количество целевых бактерий, определенная влажность и отсутствие патогенной микрофлоры. Влажность в готовом продукте должна быть не больше 12,0 %, а целевых бактерий *Bacillus megaterium* и *Enterococcus faecium* не менее $1,0 \times 10^7$ КОЕ/г для каждой.

Выходным значением для нечеткой системы было выбрано значение риска относительно нечетких переменных показателей качества (содержание целевых бактерий и влажности продукта), заданными на входе. Значение риска определялось уровнем качества, чем выше качество, тем ниже риск выпуска некачественной продукции. В соответствии с этим были определены следующие лингвистические переменные и лингви-

стические термы (нечеткие переменные) к ним – «влажность: низкая, нормальная, высокая», «количество бактерий *Enterococcus* sp.: высокое, нормальное, достаточное», «количество бактерий *Bacillus* sp.: высокое, нормальное, достаточное» и «уровень риска: низкий, нормальный, высокий».

Результатом работы экспертной группы стало определение функций принадлежности и числовых значений к ним для показателей качества и уровней риска (таблица 1). При построении трапециевидных функций принадлежности диапазон значений был взят с дополнительным допуском для надежной работы алгоритма.

Таблица 1 – Категории и функции принадлежности к критериям качества

Table 1 – Categories and functions of belonging to quality criteria

Лингвистические переменные Linguistic variables	Лингвистические термы Linguistic terms	Функции принадлежности Membership functions	Числовые значения к функции принадлежности Numeric values to membership function
Влажность, % Moisture, %	Низкая Low	Трапециевидная Trapezoidal	5,90; 9,00; 9,60; 11,3
	Нормальная Normal	Треугольная Triangular	11,20; 11,60; 11,95
	Высокая High	Трапециевидная Trapezoidal	11,90; 12,00; 12,0001, 0
Количество бактерий <i>Enterococcus</i> sp., КОЕ/г Quantity of <i>Enterococcus</i> sp., CFU/g	Высокое High	Трапециевидная Trapezoidal	$8,4 \times 10^7$; $2,2 \times 10^8$; $1,0 \times 10^9$; $1,0 \times 10^{10}$
	Нормальное Normal	Треугольная Triangular	$1,4 \times 10^7$; $5,3 \times 10^7$; $9,2 \times 10^7$
	Достаточное Sufficient	Трапециевидная Trapezoidal	$1,0 \times 10^4$; $1,0 \times 10^5$; $1,0 \times 10^7$; $2,2 \times 10^7$
Количество бактерий <i>Bacillus</i> sp., КОЕ/г Quantity of <i>Bacillus</i> sp., CFU/g	Высокое High	Трапециевидная Trapezoidal	$1,0 \times 10^8$; $1,3 \times 10^8$; $1,3 \times 10^9$; $1,3 \times 10^{10}$
	Нормальное Normal	Треугольная Triangular	$1,6 \times 10^7$; $6,5 \times 10^7$; $1,2 \times 10^8$
	Достаточное Sufficient	Трапециевидная Trapezoidal	$5,0 \times 10^4$; $5,0 \times 10^5$; $1,0 \times 10^7$; $2,5 \times 10^7$
Уровень риска Level of risk	Низкий Low	Трапециевидная Trapezoidal	0; 0,001; 0,1; 0,3
	Нормальный Normal	Треугольная Triangular	0,2; 0,5; 0,8
	Высокий High	Трапециевидная Trapezoidal	0,7; 0,9; 1, 2

После задания лингвистических переменных, термов и определения функций принадлежности последним шагом при разработке проекта нечеткой системы является создание базы правил. Набор правил для нечеткой системы, где каждому подзаклучению сопоставлен определенный весовой коэффициент, называется базой правил. База правил предназначена для формализации представления эмпирических знаний экспертов в форме нечетких продукционных правил [14, 15]. Были определены следующие восемь правил с равным весом (таблица 2).

Таблица 2 – База правил для определения уровня риска

Table 2 – Rule base for determining the level of risk

Номер правила / Rule number	Влажность Moisture	Количество бактерий Enterococcus sp. Quantity of Enterococcus sp.	Количество бактерий Bacillus sp. Quantity of Bacillus sp.	Уровень риска Level of risk
1	Высокая High	-	-	Высокий High
2	-	Достаточный Sufficient	-	Высокий High
3	-	-	Достаточный Sufficient	Высокий High
4	Нормальная Normal	Нормальный Normal	Нормальный Normal	Нормальный Normal
5	Низкая Low	Нормальный Normal	Нормальный Normal	Нормальный Normal
6	Нормальная Normal	Высокий High	Нормальный Normal	Нормальный Normal
7	Нормальная Normal	Нормальный Normal	Высокий High	Нормальный Normal
8	Низкая Low	Высокий High	Высокий High	Низкий Low

В качестве алгоритма логического вывода был выбран алгоритм Мамдани [9]. Алгоритм Мамдани заключается в использовании базы правил, последовательном выполнении этапов, при котором каждый последующий этап получает на вход значения, полученные на предыдущем шаге (рисунок 1).

Система типа Мамдани заключается в последовательном выполнении следующих этапов:

- этап фаззификации: четкие значения входных переменных приводятся к нечетким значениям посредством вычисления степени истинности;
- агрегирование – процедура, при которой по каждому правилу определяется степень истинности условий;
- композиция (активация) подзаключений – это процедура нахождения минимальных значений подусловий, которые соответствуют истинности правила;
- аккумуляция – это процедура по нахождению минимального значения истинности правила при минимальных значениях всех входящих в него подусловий [3];
- дефаззификация – это процесс получения четкого значения, т.е. нахождение сходства между численным значением входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма лингвистической переменной [3]. Для дефаззификации был использован метод центроида (центра тяжести). Данный метод состоит в вычислении центра тяжести для области под кривой [4].



Рисунок 1 – Диаграмма деятельности процесса нечеткого вывода

Figure 1 – Diagram of the activity of the fuzzy inference process

Все необходимые расчеты были выполнены в среде R с использованием библиотеки Sets [11]. Графики функций принадлежности представлены на рисунке 2.

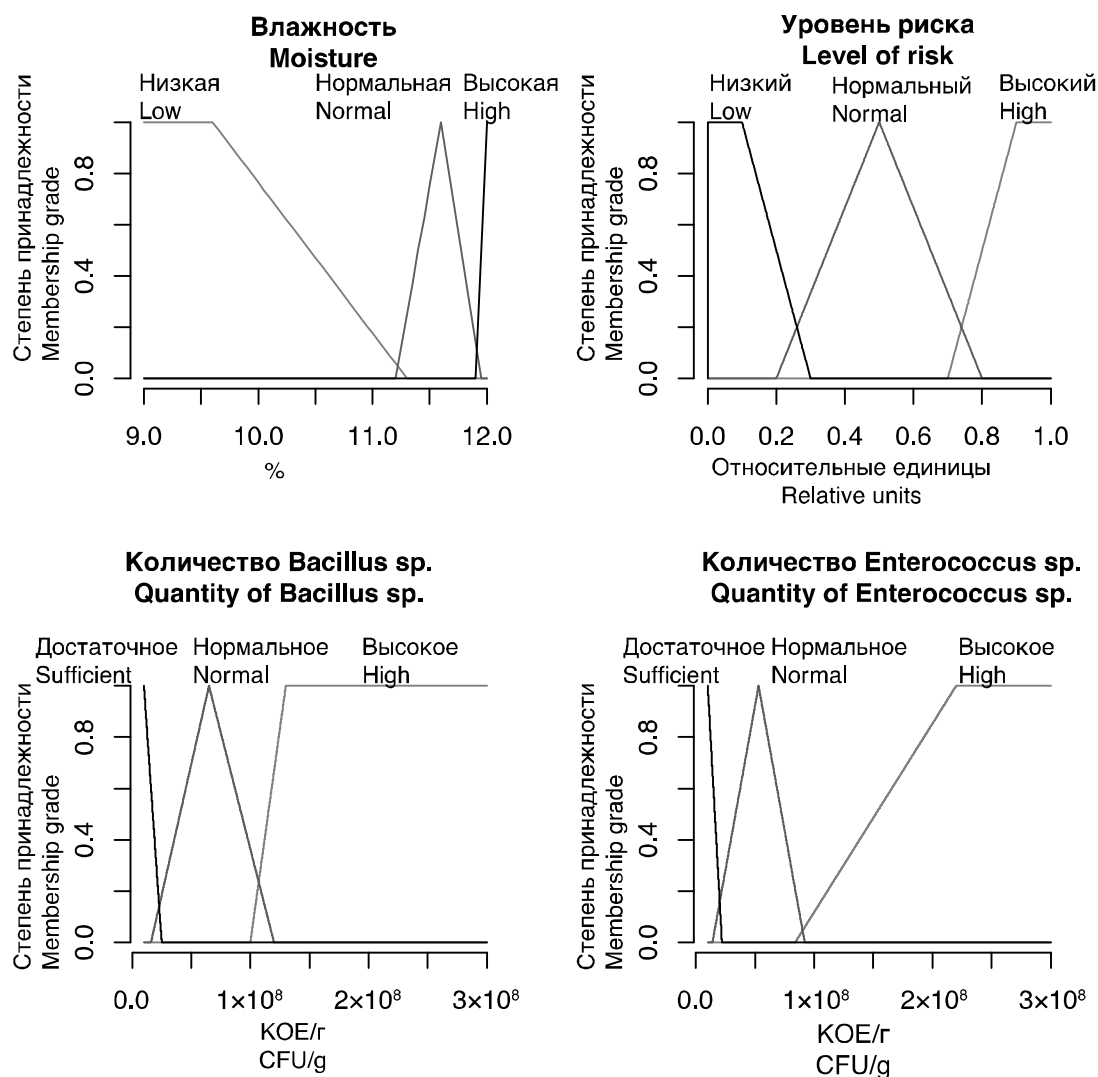


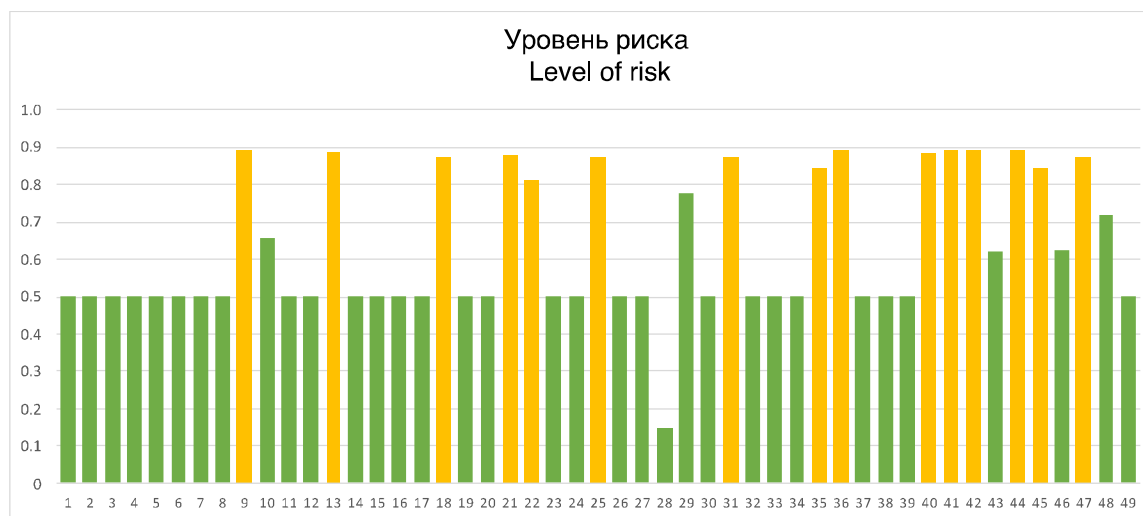
Рисунок 2 – Функции принадлежности для нечетких переменных «влажность», «количество бактерий Enterococcus sp.», «количество бактерий Bacillus sp.» и «уровень риска»

Figure 2 – Membership functions for fuzzy variables «moisture», «quantity of bacteria Enterococcus sp.», «quantity of bacteria Bacillus sp.» and «level of risk»

Результаты и обсуждение. Неопределенности и допустимые границы были определены мнениями экспертной комиссии, чем и достигается более точное описание системы. К повышению риска выпуска некачественной продукции приводит увеличение влажности с 11,90 % до максимального допустимого – 12,00 %, снижение титра бактерий Enterococcus sp. ниже $2,2 \times 10^7$ КОЕ/г или бактерий Bacillus sp. ниже $2,5 \times 10^7$ КОЕ/г.

Диапазон вводных переменных был в рамках допустимых значений, в соответствии с ТУ на кормовую добавку. Нечеткая модель получила следующие неопределенности, например, количество бактерий Bacillus sp. от $1,0 \times 10^8$ до $1,2 \times 10^8$ может соответствовать как высокому, так и нормальному критерию качества. Также уровень риска от 0,2 до 0,3 соответствует двум неопределенностям – нормальный риск и низкий риск, а уровень от 0,7 до 0,8 соответствует следующим неопределенностям – нормальный риск и высокий риск.

Разработанную нечеткую математическую модель использовали для анализа 49 образцов кормовой добавки «Профорт®», полученных за 9 месяцев наблюдений. В результате удалось установить частоту риска и уровень их оценки для данной кормовой добавки (рисунок 3).



Цветом обозначены уровни риска: 0,0-0,8 – зеленым, 0,8-0,9 – желтым

Color indicates risk levels: 0.0-0.8 – green, 0.8-0.9 – yellow

Рисунок 3 – Уровни риска по исследуемым образцам продукции

Figure 3 – Levels of risk for the studied product samples

Событий с высокой оценкой риска от 0,9 и более не наступало. Количество событий с промежуточной оценкой риска (0,8 – 0,9) составило 30,6 % от общего числа наблюдений. Из них по причине более высокой влажности установлено 10,2 %, остальные риски пришлось на причину более низкого титра бактерий: *Enterococcus* sp. – 10,2 % и *Bacillus* sp. – 12,24 %. Наступление риска, связанного одновременно со всеми причинами, не произошло, что говорит об отсутствии связи между ними.

Разработанная нечеткая модель оценки рисков была интегрирована в систему принятия решения по схеме «Если – То». При оценке риска от 0,0 до 0,8 – действия никакие не предпринимаются, при достижении уровня оценки от 0,8 до 0,9 – предпринимаются немедленные действия по незначительной коррекции рецептуры, а если оценка превышает 0,9 – принимается решение по значительной коррекции рецептуры и анализу приведших к этому риску событий.

Выводы. Применение аппарата нечеткой логики для оценки рисков позволило с помощью лингвистических переменных дать точное описание оценки уровня риска и получить количественную ее характеристику. Оценка эффективности выбранного подхода на практике оказалась легко реализуемой. Таким образом, управление рисками, связанными с качеством продукции, позволяет повысить уровень качества и безопасности продукции, снизить перерасходы ресурсов. Система раннего реагирования на этапе производства готовой продукции позволяет сократить сроки производства и управлять качеством продукции. Оперативная оценка изменений качества готовой продукции дает возможность целенаправленно уменьшать риски на различных стадиях производства продукции. Качество входной информации и надежность информации от экспертов находит свое отражение в оценке риска. Нечеткая система может быть использована и для других задач по управлению рисками на предприятиях комбикормовой промышленности, а также может быть модифицирована с учетом особенностей при разработке новых продуктов.

Библиографический список

1. Алексеев Г. В., Аксенова О. И., Дерканосова А. А. Оптимизация рецептуры кормов непродуктивных животных с помощью математического моделирования // Вестник ВГУИТ. 2015. № 1. С. 28-35.
2. Бикетов А. Н., Глебова О. В., Мельникова О. Ю. Система оценки рисков, основанная на применении нечеткой логики // Приволжский научный вестник. 2014. № 12-3 (40). С. 105-108.

3. Болдырев В. В. Анализ эффективности алгоритмов нечеткого вывода sugeno и mamdani в задачах оптимизации автоматизированных систем слежения // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению. 2021. С. 164-167.
4. Леготкина Т. С., Хижняков Ю. Н. Модификация метода центроида // Вестник Ижевского государственного технического университета. 2011. № 1. С. 122–125.
5. Масалович А. И. Этот нечеткий, нечеткий, нечеткий мир // PC Week/RE №16, 1995. <https://www.itweek.ru/themes/detail.php?ID=78913>.
6. Махметова А. Е., Киселева М. В. Оценка рисков в управлении качеством продукции на промышленных предприятиях // Экономика в промышленности. 2017. Т. 10. № 2. С. 147-152.
7. Полухина И. В. Анализ рисков и внутрихозяйственных резервов устойчивого развития организаций в условиях беспрецедентных экономических ограничений и новых реалиях конкуренции // Современная экономика: проблемы и решения. 2022. Т. 5. С. 125-142.
8. Benchmarking ISO Risk Management Systems to Assess Efficacy and Help Identify Hidden Organizational Risk / S. H. Björnsdóttir [et al.] // Sustainability. 2022. V. 14. № 9. P. 4937.
9. Björnsdóttir S. H. The Importance of Risk Management: What is Missing in ISO Standards? // Risk Analysis. 2022. V. 42. № 4. P. 659-691.
10. Mamdani E. H., Assilian S. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller // International Journal of Man–Machine Studies. 1975. Vol. 7. Is. 1. P. 1–13.
11. Package ‘sets’. <https://cran.r-project.org/web/packages/sets/sets.pdf>.
12. Shatnawi M., Pokoradi L., Zoltan R. Fuzzy Decision-Making Methods in Transport Engineering // 2021 IEEE 25th International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES). IEEE, 2021. P. 000115-000120.
13. Yavuz M., Altay B. L. Reclamation project selection using fuzzy decision-making methods // Environmental Earth Sciences. 2014. № 73 (10). P. 6167–6179.
14. Zaden L. A. Fuzzy sets // Information and Control. 1965. № 8. P. 338-353.
15. Zadeh L. A. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic // Fuzzy Sets and Systems. 1997. № 90 (2). P. 111–127.

Информация об авторах

Бражник Евгений Александрович, аспирант кафедры "Кормление и разведение с.-х. животных" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), контролер по качеству – ветеринарный врач ООО "БИОТРОФ" (196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д. 8. лит. А пом. 7-Н), e-mail: bea@biotrof.ru, тел.: +7(812) 322-85-50.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2178-9330>.

Биконя Светлана Николаевна, аспирант кафедры "Кормление и разведение с.-х. животных" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), заместитель главного технолога ООО "БИОТРОФ" (196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д. 8. лит. А пом. 7-Н), e-mail: svetlana@biotrof.ru, тел.: +7(812) 322-85-50.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3900-6341>.

Лаптев Георгий Юрьевич, доктор биологических наук, профессор кафедры "Кормление и разведение с.-х. животных" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), директор ООО "БИОТРОФ" (196602, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д. 8. лит. А пом. 7-Н), e-mail: laptev@biotrof.ru, тел.: +7(812) 322-85-50.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8795-6659>.

Кочеткова Ольга Владимировна, зав кафедрой "Информационные системы и технологии" ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26), доктор технических наук, профессор.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4892-1899>. E-mail: ovk555@bk.ru, тел.: +7 (8442) 41-30-94

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/ AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-49

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF POTATO CULTIVATION DURING SPRINKLING USING HYDROGEL

A.E. Novikov, A. N. Tseplyaev, S.Y. Semenenko

All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd

Received 27.03.2023

Submitted 18.05.2023

Abstract

Introduction. When cultivating agricultural crops, a number of interrelated technological operations are provided for. The costs of performing these operations reach significant indicators and sometimes amount to hundreds of thousands of rubles [6, 12]. They depend on the cultivated culture, technology and other factors. Obtaining products in irrigated agriculture is primarily associated with irrigation costs, which range from 27 to 40% of total investments in technology [4, 9]. This indicator is seriously influenced not only by the crops grown, but also by the condition and types of soils, climatic conditions, fertilizers used, etc. Therefore, when cultivating crops under irrigation, and especially by sprinkling, everything is aimed at saving irrigated water [5, 12]. To do this, various techniques are used to change the design of sprinklers, rescheduling irrigation dates during the day, etc. In order to save water, we propose introducing special polymer gels (hydrogels) into the soil that can accumulate moisture from the soil in large volumes, turning into a kind of semi-liquid substance in the form of a shapeless clot, and then, as moisture in the soil decreases, transfer it to plant roots [1, 13, 14]. Such stitched copolymers can accumulate from 20 ml to 1300 ml of distilled water per 1 gram of substance [2, 9]. For soil moisture, this indicator is slightly lower and ranges from 87 to 93% [3, 7, 10, 11]. **Object.** The effectiveness of the effect of the Avaxin copolymer on the yield and commercial yield of Gulliver potatoes was considered as the object of the study. **Materials and methods.** The influence of various doses of hydrogel application during potato planting on the yield and commercial yield of potatoes of the early variety "Gulliver", as well as the possibility of saving irrigation water when watering by sprinkling, was studied. A scheme for conducting experiments based on the methodology of field experience Doslekhov B. A. has been developed. **Results and conclusions.** During the research, the experimental potato plot was irrigated by sprinkling based on the irrigation rate of 300 m³/ha, the pre-irrigation moisture threshold was 80% NV. The dynamics of humidity changes in the soil layer of 0.0 ... 0.4 m was measured by the AQUATERRM device. According to the measurement results, the corresponding graphs and diagrams of the irrigation norm are constructed. In addition, precipitation and soil moisture are taken into account. The conclusions present an assessment of the effectiveness of the use of hydrogel at various doses of its application on the biological yield and marketable yield of potatoes, as well as indicators of irrigation water savings.

Key words. *potato tubers, hydrogel, irrigation rate, pre-irrigation threshold, moisture dynamics, biological yield, commodity yield.*

Citation. Novikov A.E., Tseplyaev A. N., Semenenko S.Y. Resource-saving technologies of potato cultivation during sprinkling using hydrogel. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 416-423 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-49.

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 635.1/.8

**РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ
ПРИ ДОЖДЕВАНИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИДРОГЕЛЯ****А. Е. Новиков**, доктор технических наук, член-корреспондент РАН**А. Н. Цепляев**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор**С. Я. Семененко**, доктор сельскохозяйственных наук, профессорФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт
орошаемого земледелия, г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 18.05.2023

Актуальность. При возделывании с.-х. культур предусмотрено выполнение ряда связанных между собой технологических операций. Затраты на выполнение этих операций достигают существенных показателей и иногда исчисляются сотнями тысяч рублей [6, 12]. Они зависят от возделываемой культуры, техники и других факторов. Получение продукции в орошаемом земледелии связано, в первую очередь, с затратами на орошение, которые колеблются от 27 до 40 % от общих вложений в технологию [4, 8]. На этот показатель серьезное влияние оказывают не только выращиваемые культуры, но и состояние и типы почв, климатические условия, применяемые удобрения и т.д. Поэтому при возделывании культур на орошении, а особенно дождеванием, всё направлено на экономию орошаемой воды [5, 12]. Для этого используют различные приемы по изменению конструкции дождевальных машин, переносов сроков полива в течение суток и т.д. Нами предлагается в целях экономии воды внесение в почву специальных полимерных гелей (гидрогелей), способных накапливать влагу из почвы в больших объемах, превращаясь в некую полужидкую субстанцию в виде бесформенного сгустка, а затем по мере уменьшения влаги в почве, передавать её корням растений [1, 13, 14]. Такие прошитые сополимеры могут накапливать от 20 мл до 1300 мл дистиллированной воды на 1 грамм вещества [2, 9]. Для почвенной влаги этот показатель несколько ниже и находится в пределах от 87 до 93 % [3, 7, 10, 11]. **Объект.** В качестве объекта исследования рассматривалась эффективность воздействия сополимера «Аваксин» на урожайность и товарный выход картофеля сорта «Гулливёр». **Материалы и методы.** Изучалось влияние различных доз внесения гидрогеля при посадке картофеля на урожайность и товарный выход картофеля раннего сорта «Гулливёр», а также возможность экономии оросительной воды при поливе дождеванием. Разработана схема проведения опытов на основе методики полевого опыта Доспехова Б. А. **Результаты и выводы.** При проведении исследований опытный участок картофеля орошался дождеванием из расчета нормы полива 300 м³/га, предполивной порог влажности составил 80 % НВ. Динамика изменения влажности в слое почвы 0,0 ... 0,4 м измерялась прибором AQUATERRM. По результатам измерения построены соответствующие графики, а также диаграммы поливной нормы. Кроме этого, учтены атмосферные осадки и почвенная влага. В выводах представлена оценка эффективности применения гидрогеля при различных дозах его внесения на биологическую урожайность и товарный выход картофеля, а также получены показатели экономии оросительной воды.

Ключевые слова: клубни картофеля, гидрогели, поливные нормы, биологическая урожайность картофеля, товарный выход картофеля.

Цитирование. Новиков А. Е., Цепляев А. Н., Семененко С. Я. Ресурсосберегающие технологии возделывания картофеля при дождевании с применением гидрогеля. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 416-423. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-49.

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. Исследований, касающихся применения гидрогеля в земледелии на богаре, достаточно много. При этом следует отметить, что подобные исследования проводились в Англии, Германии, Канаде, Австралии, России, Казахстане, что отмечается в статьях многих авторов [1, 13, 14]. Полученные результаты успешно внедряются в производство, правда пока в небольших объемах.

Использованию указанного материала наибольшее внимание ученых-аграриев уделяется в последнее десятилетие. Это связано, в первую очередь, с процессом негативного изменения климата, динамикой повышения температуры и со значительным сокращением количества осадков.

В Российской Федерации развернуты опыты с гидрогелем в Краснодарском крае, Волгоградской области, Ставропольском крае, Башкирии и т.д. В качестве площадки для опытов используют богару, но в Казахстане и Ставропольском крае более 3-х лет гидрогель изучают при орошении [7, 9, 12]. Культуры, представленные в опубликованных материалах, самые различные: от озимой пшеницы, ярового ячменя и других зерновых до фруктовых насаждений, овощных культур и лекарственных трав.

С точки зрения практического внедрения результатов исследований нами было принято решение об изучении возможного применения гидрогеля на картофеле. Исследований, касающихся применения гидрогеля при выращивании картофеля с использованием гидрогеля, судя по литературным источникам, недостаточно для подготовки каких-либо рекомендаций. Кроме того, следует учесть, что все они связаны с возделыванием на богаре [8, 9].

Опыт проводился в соответствии с методикой полевого опыта (Доспехова Б. А.). Для исследований использовался участок общей площадью 0,3 га, на котором размещались посадки картофеля «Гулливёр» с густотой растений из расчета 48 800 шт. на 1 га. Почвы светло-каштановые с содержанием гумуса 2,7. Участок был разделен на две равные части (контрольная и экспериментальная) по 0,15 га каждая. На них размечались участки по пять делянок с учетной площадью по 0,05 га. Сбор картофеля с делянок проводился вручную, для подкапывания клубней применялась картофелекопалка. Взвешивание и определение размеров клубней проводили в 3^х кратной повторности. Результаты измерения заносили в журнал наблюдений для их последующей обработки.

Влажность почвы определялась до посадки и после уборки культур и в течение всего вегетационного периода в слое 0,0-0,4 м прибором AQUATERR M – 300 и с использованием биоклиматических коэффициентов испарения и периодическим контролем весовым методом. Отбор почвенных образцов проводился послойно через 0,1 м в трёхкратной повторности. Частота отбора перед поливом и после его проведения через 2 дня, а в межполивной период не реже одного раза в декаду. Отбор образцов для определения влажности почвы и содержания NPK осуществлялся на постоянно закрепленных динамических площадках (5 м²) по вариантам опыта.

На рисунках 1 и 2 представлены диаграммы по изменению динамики влажности в посадках картофеля.

На графике (рисунок 1) представлена динамика изменения влажности, диапазон ее изменения, календарные дни полива, а также диаграммы поливных норм с учетом естественных осадков. Предполивной порог влажности составляет 80 % НВ, норма полива была одинаковой из расчета 300 м³/га, при этом учтены атмосферные осадки в виде отдельных диаграмм по календарным срокам, их количество представлено диаграммами, обозначенными иным цветом. Всего за вегетативный период, от посадки картофеля до уборки урожая, проведено 12 поливов. Оросительная норма составляла 3600 м³/га, при суммарном водопотреблении 4241 м³/га, частота поливов напрямую связана с температурным режимом и поскольку от середины июля (20.07) до середины августа (15.08) наружные температуры доходили до 43...45 °С, частота полива составляла 5...6 дней. При этом с 4.06 по 10.07, как и с 16.08 по 5.09, частота поливов доходила до 10...12 дней.

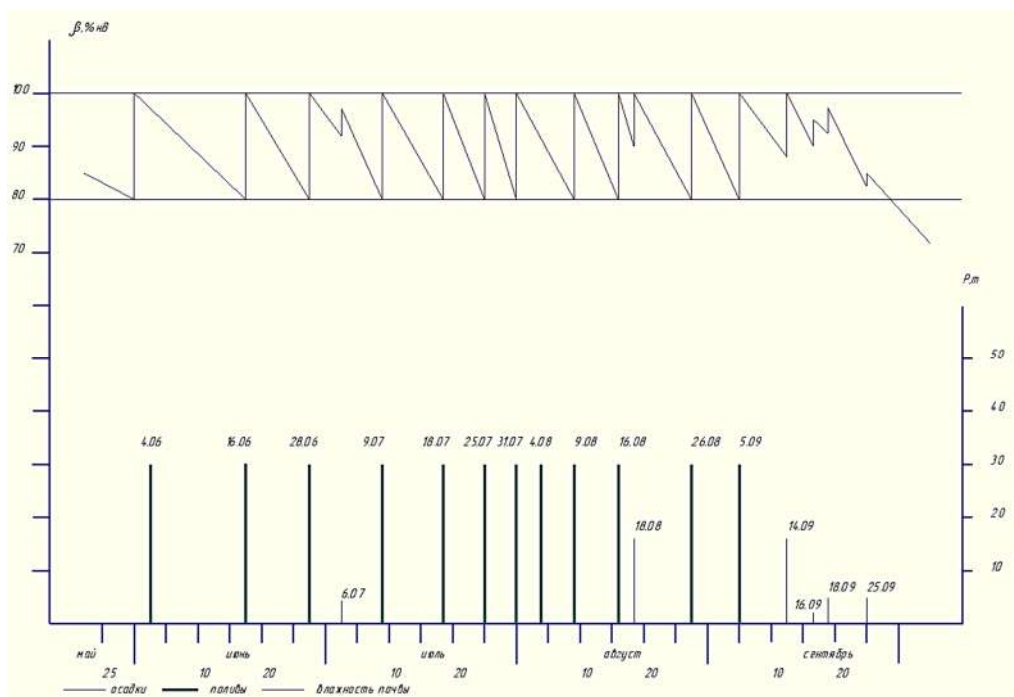


Рисунок 1 – Динамика влажности почвы на варианте без гидрогеля (контроль) в посадке картофеля

Figure 1 – Dynamics of soil moisture in the variant without hydrogel (control) in potato planting

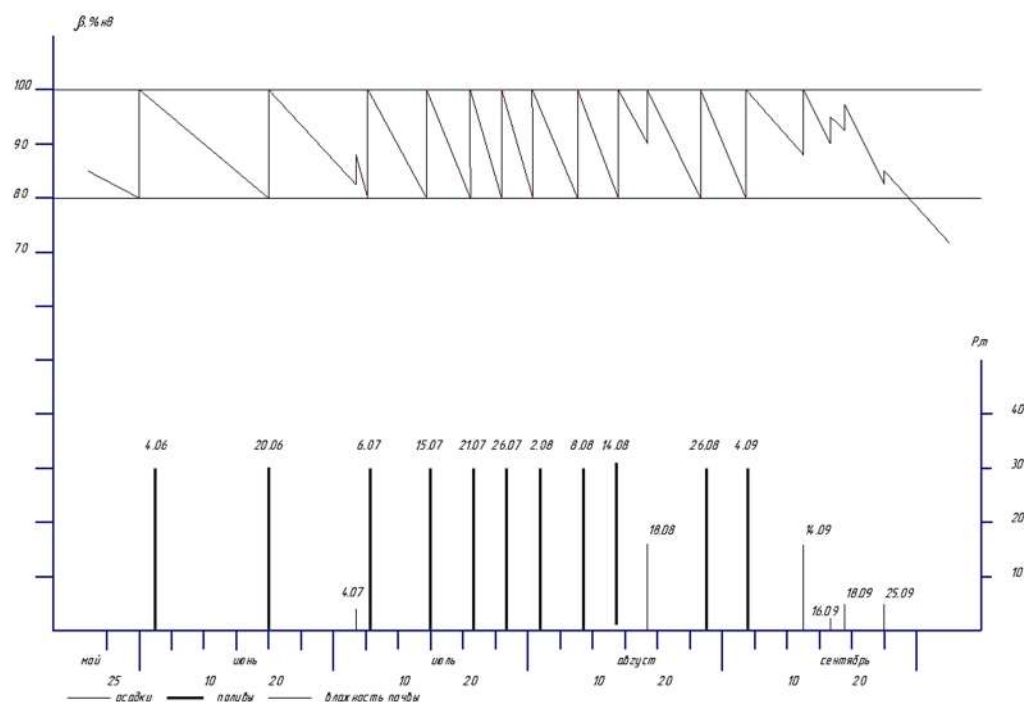


Рисунок 2 – Динамика влажности почвы на варианте с гидрогелем в посадке картофеля

Figure 2 – Dynamics of soil moisture in the variant with hydrogel in potato planting

На рисунке 2 представлена динамика изменения влажности почвы на варианте опыта с гидрогелем. Следует отметить, что предполивной порог влажности составлял 80 % НВ. Поливная норма составляла 300 м³/га, при этом частота поливов снизилась,

поскольку на удержание влаги в почве существенное влияние оказал гидросорбент «Аваксин». Так, с 4.06 по 10.07 межполивной период составлял 16 дней, чему соответствуют и календарные сроки с 14.08 по 4.09, но в жаркий период от 15.07 по 14.08 межполивной период практически совпал с контрольными. При подержании 80 % НВ за вегетативный период при использовании гидрогеля уменьшилось на один. Возможно, гидросорбента «Аваксин» не удалось выяснить полностью из-за его низкой адсорбции (1 : 13 при насыщении дистиллированной водой), а также малой дозы внесения (100 кг/га). Безусловно, некоторое положительное влияние на влажность почвы оказали атмосферные осадки, причем влажность почвы с гидрогелем при осадках соответствовала влажности при поливе. Кроме этого, следует отметить, что межполивной период уменьшается по мере развития растений и особенно интенсивным становится в фазу бутонизации картофеля, образования и формирования урожая.

Результаты исследований в опыте по определению эффективности применения гидрогеля оценивались показателем биологической урожайности картофеля «Гулливвер». Они представлены в таблицах 1, 2, 3, а оценка расхода воды показана в таблице 4 в виде зависимости в сравнении от применения различных доз гидрогеля с контролем.

Таблица 1 – Биологическая урожайность картофеля "Гулливвер", 2022 г.

Table 1 – Biological yield of potato "Gulliver", 2022

NN делянок	Контроль, кг с 10 м ²						Опыт с гидрогелем 60 кг/га-4,5 г. на 1 п.м.					
	Посадка без гидрогеля			Среднее по по- вторно- стям, кг	Уро- жай- ность, ц/га	Товар- ный выход, ц/га	Посадка с гидрогелем			Среднее по по- вторно- стям, кг	Уро- жай- ность, ц/га	Товар- ный выход, ц/га
							Повторность					
	1	2	3				1	2	3			
1	22,8	24,1	21,7	22,9	229,0	211,0	23,1	22,7	25,1	23,6	236,0	223,0
2	25,3	20,7	23,4	23,1	231,0	218,0	24,3	20,9	22,5	22,6	226,0	210,0
3	21,6	23,7	22,1	22,5	225,0	209,0	26,1	23,7	21,0	23,6	236,0	224,0
4	24,1	20,9	23,0	22,7	227,0	215,0	22,8	27,0	23,1	24,3	243,0	227,0
5	22,9	24,4	21,8	23,0	230,0	220,0	23,5	24,1	20,7	22,8	228,0	212,0
Среднее с делянок, Хср	23,3	22,8	22,4	22,8	228,4	215,4	24,0	23,7	22,5	23,4	233,8	219,2
Нср	0,6	0,8	0,3	0,1	1,1	2,1	0,6	1,0	0,8	0,3	3,1	3,4

Таблица 2 - Биологическая урожайность картофеля "Гулливвер", 2022 г.

Table 2 - Biological yield of Gulliver potatoes, 2022

NN делянок	Контроль, кг с 10 м ²						Опыт с гидрогелем 80 кг/га-6,0 г. на 1 п.м.					
	Посадка без гидрогеля			Среднее по повторностям, кг	Урожайность, ц/га	Товарный выход, ц/га	Посадка с гидрогелем			Среднее по повторностям, кг	Урожайность, ц/га	Товарный выход, ц/га
	Повторность						Повторность					
	1	2	3				1	2	3			
1	24,7	21,3	22,8	22,9	229,0	210,0	27,9	25,3	26,1	26,4	264,0	251,0
2	20,4	23,3	26,1	23,3	233,0	221,0	25,3	27,0	26,3	26,2	262,0	249,0
3	23,0	22,2	24,0	23,1	231,0	217,0	29,1	25,7	27,7	27,5	275,0	260,0
4	22,5	21,8	22,8	22,4	224,0	208,0	28,0	26,0	24,9	26,3	263,0	247,0
5	21,4	24,4	25,0	23,6	236,0	221,0	26,7	27,4	26,7	26,9	269,0	250,0
Среднее с делянок, Хср	22,4	22,6	22,4	23,0	230,6	215,4	27,4	26,3	26,3	26,7	266,6	251,4
Нср	0,7	0,6	1,1	0,2	2,0	2,7	0,6	0,4	0,5	0,2	2,4	2,2

Таблица 3 - Биологическая урожайность картофеля "Гулливвер", 2022 г.

Table 3 - Biological yield of Gulliver potatoes, 2022

NN делянок	Контроль, кг с 10 м ²						Опыт с гидрогелем 100 кг/га-7,5 г. на 1 п.м.					
	Посадка без гидрогеля			Среднее по повторностям, кг	Урожайность, ц/га	Товарный выход, ц/га	Посадка с гидрогелем			Среднее по повторностям, кг	Урожайность, ц/га	Товарный выход, ц/га
	Повторность						Повторность					
	1	2	3				1	2	3			
1	21,3	23,4	22,6	22,4	224,0	207,7	26,5	30,5	26,3	27,8	278,0	264,0
2	24,8	20,9	25,4	23,7	237,0	225,3	32,0	29,4	25,9	29,1	291,0	280,0
3	22,6	23,0	21,7	22,4	224,0	216,0	27,4	28,1	28,4	28,0	280,0	267,0
4	26,3	21,2	24,1	23,9	239,0	223,3	28,5	30,8	27,8	29,0	290,0	275,0
5	25,0	20,7	22,4	22,7	227,0	217,4	27,9	25,7	29,4	27,7	277,0	266,0
Среднее с делянок, Хср	24,0	21,8	23,2	23,0	230,2	217,9	28,5	28,9	27,6	28,3	283,2	270,4
Нср	0,9	0,6	0,7	0,3	3,2	3,1	0,9	0,9	0,7	0,3	3,0	3,0

Сравнивая урожайность картофеля на контроле и на делянках с гидрогелем (таблица 1) при его внесении из расчета 60 кг/га (4,5 г. на 1 п.м.), отмечаем, что существенной разницы показателей не отмечается. При средней урожайности на контроле в 228,4 ц/га, на участке с гидрогелем она достигает 233,8 ц/га с Нср=3,1 кг. Разность между контрольным замером и опытным равна 5,4 кг и только чуть выше Нср.

С увеличением дозы гидрогеля до 80 кг/га расчетных (6,0 г на 1 п.м.) (таблица 2) разность между контролем 230,6 ц/га и опытным участком 266,6 ц/га составляет 30 кг/га при значении Нср – 2,4 ц/га, что оценивается в 13 %. Наибольшие показатели в опыте получены при внесении 100 кг/га (7,5 г на 1 п.м.) расчетных. Урожайность на гидрогеле превышает 40 кг/га, что соответствует 17,5 % (таблица 3). Близкие значения получены и по товарному выходу картофеля. В процентном выражении они составляли: 2,2 % – при 60 кг/га гидрогеля; 16,7 % – при 80 кг/га; 24 % – при 100 кг/га соответственно.

Таким образом, следует отметить, что внесение гидрогеля в почву при возделывании картофеля способствует повышению урожайности и товарного выхода картофеля сорта «Гулливвер» и при повышении дозы внесения из расчета 100 кг/га урожайность повышается на 17,5 %, а товарный выход возрастает на 24 %.

Таблица 4 – Зависимость показателей оценки расхода воды при орошении от применяемых доз гидрогеля (картофель «Гулливвер»)

Table 4 – Dependence of indicators for estimating water consumption during irrigation on the applied doses of hydrogel (potato "Gulliver")

№ п/п	Варианты	Поливная норма м ³ /га	Оросительная норма, м ³ /га	Количество вегетационных поливов, шт.	Суммарное водопотребление, м ³ /га	Урожайность, ц/га	Коэффициент водопотребления, м ³ /т	Затраты оросительной воды, м ³ /т
1	Контроль	300	3600	12	4241	229	185,2	157,2
2	Гидрогель	60 кг/га 4,5 г.п.м.	300	3300	11	3941	234	168,4
3		80 кг/га 6,0 г.п.м.	300	3300	11	3941	267	147,6
4		100 кг/га 7,5 г.п.м.	300	3300	11	3941	284	138,8

Судя по показателям оценки расхода воды при использовании гидрогеля (таблица 4) в различных дозах – коэффициент водопотребления снижается от 185,2 м³/т на контроле до 138,8 м³/т из расчета 100 кг/га гидрогеля. Это составляет 25 % экономии воды, а затраты оросительной воды составляют от 157,2 м³/т на контроле до 116,2 м³/т при 100 кг/га внесения гидрогеля, что соответствует снижению затрат воды на 41 м³/т или 26 % от затрат воды на контроле.

Выводы. По результатам, полученным при исследовании эффективности применения гидрогеля марки «Аваксин» с влагопоглощающей способностью 1 : 113 почвенной влаги в посадках картофеля сорта «Гулливёр», следует отметить:

- при поддержании предполивного порога влажности 80 % НВ при поливной норме 300 м³/т число поливов за сезон удалось сократить на один, по сравнению с контролем;
- биологическая урожайность картофеля при его посадке модернизированной картофелесажалкой одновременно с гидрогелем с нормой из расчета 100 кг/га (7,5 г на 1 п.м.) увеличилась на 17,5 %, а товарный выход – на 24 % соответственно;
- коэффициент водопотребления при той же дозе гидрогеля сократился на 25 %, а затраты оросительной воды на 26 %.

Следовательно, применение гидрогеля выявило положительную динамику на показатели затрат по себестоимости выращивания картофеля сорта «Гулливёр» на орошении дождеванием.

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. Воскобойникова Т. Г., Околелова А. А., Манов Р. О. Увеличение всхожести редиса с помощью гидрогеля на различных типах почв // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2015. № 9 (206). С. 37-42.
3. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н. Гидрогель и структурный состав обыкновенных черноземов зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Плодородие. 2018. № 3 (102). С. 31-33.
4. Годунова Е. И., Гундырин В. Н. Роль гидрогеля в улучшении влагообеспеченности озимой пшеницы по полупару в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 5. С. 57-59.
5. Непокрытый Р. А., Цепляев А. Н. Теоретический анализ работы ножа для подачи гидрогеля модернизированной картофелесажалки при внесении гидрогеля на орошаемых участках // Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 580-587.
6. Сравнительная оценка способов повышения влагообеспеченности почв / Р. Н. Зайцев, В. Ю. Ревенко, О. М. Агафонов, В. А. Волобуев // Наука, техника и образование. 2016. № 10 (28). С. 54-58.
7. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием водосберегающих полимеров // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ им. В. П. Горячкина». 2015. № 1 (65). С. 15-19.
8. Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием водных абсорбентов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2016. № 2 (72). С. 28-34.
9. Технология возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, Ю. П. Бойко, Е. А. Молчанова, А. А. Манохина. М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2014. 27 с.
10. Тибирьков А. П., Филин В. И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4. С. 84-89.

11. Тибирьков А. П., Филин В. И. Оптимизация плотности пахотного горизонта при использовании полимерного гидрогеля на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья // Topical areas of fundamental and applied research II: materials of the conference. 2013. Vol. 3. P. 88-91.

12. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование технологии применения обогащенных гидросорбентов при посеве семян высокорентабельных культур в орошении // Известия НВАУК. 2022. № 4 (68). С. 450-458.

13. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent using on light chestnut soils of the Lower Volga region // International Journal Of Applied And Fundamental Research. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.

14. Wang L., Schjoerring K. J. Seasonal variation in nitrogen pools and ¹⁵N/¹³C natural abundances in different tissues of grassland plant's // Biogeosciences. 2012. Vol. 9. P. 1583-1595.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, д-р техн. наук, член-корреспондент РАН, директор, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Россия, г. Волгоград, уд. им. Тимирязева, 9); заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28) E-mail: ae_novikov@mail.ru ORCID: 0000-0002-8051-4786

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.

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/0000-00015992-8127](https://orcid.org/0000-00015992-8127)

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-50

ANALYSIS OF TEMPERATURE DISTRIBUTION IN THE ENGINE CRANKCASE WHEN USING A PREHEATER USING THE FINITE ELEMENT METHOD

P. P. Gamayunov¹, R. V. Balberov¹, S. D. Fomin²

¹Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

²Volgograd State Agrarian University

Received 28.02.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

This paper presents the simulation result of one of several test prototypes. The theoretical basis of the finite element method is described, the main formulas for solving the simplest mathematical modeling problems are presented. A drawing of a visual distribution of temperature flows inside the engine oil pan is presented.

Abstract

Introduction. The need to preheat an internal combustion engine (ICE) before starting is more than ever an urgent problem in the automotive industry. Preheaters of various types are designed to solve this problem and avoid premature failure of the internal combustion engine. In the electric preheater of the internal combustion engine, a heating element (heater, heater plug, plate, plug) is used, which heats the oil in the engine crankcase pan or coolant. The degree of heating of the heating element and the electrical power consumed have a certain functional dependence with changes in the temperature field. When heating engine oil in the crankcase, it is necessary to take into account the direction of movement of heat flows distributed from the heating element [1]. For the most optimal location of the heating element in the engine oil pan, it is necessary to understand how heat flows are distributed. This paper partially highlights the experience of working with the ELCUT 6.6 program in order to deter-

mine the propagation of heat fluxes by the finite element method. **Materials and methods.** Modeling of thermal processes occurring in the crankcase of the internal combustion engine was carried out using the ELCUT 6.6 program. The data for modeling were obtained from previous experiments according to the methods for testing the engine preheater and from reference sources. **Results and conclusions.** This paper presents the simulation result of one of several test prototypes. The theoretical basis of the finite element method is described, the main formulas for solving the simplest mathematical modeling problems are presented. A drawing of a visual distribution of temperature flows inside the engine oil pan is presented.

Key words: *internal combustion engine, engine preheater, computer programs, road transport, modeling.*

Citation. Gamayunov P. P., Balberov R. V., Fomin S. D. Analysis of the temperature distribution in the engine crankcase when using a starting preheater by the finite element method. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 423-429 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-50.

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

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

УДК 656.02

АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ПОДДОНЕ КАРТЕРА ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРЕДПУСКОВОГО ПОДОГРЕВАТЕЛЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П. П. Гамаюнов¹, доктор технических наук, профессор

Р. В. Балберов¹, аспирант

С. Д. Фомин², доктор технических наук, профессор

¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет
имени Ю. А. Гагарина», г. Саратов

²ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 28.02.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Проблема подогрева двигателя внутреннего сгорания (ДВС) перед пуском в условиях низких температур является актуальной в автотракторной отрасли и АПК. Предпусковые подогреватели различных типов призваны решить эту проблему и избежать преждевременного выхода из строя ДВС. В электрическом предпусковом подогревателе ДВС используется нагревательный элемент (ТЭН, пробка-подогреватель, пластина, заглушка), который осуществляет подогрев масла в поддоне картера двигателя или охлаждающую жидкость. Степень нагрева нагревательного элемента и потребляемая электрическая мощность имеют определенную функциональную зависимость с переменными температурного поля. При подогреве моторного масла в картере двигателя необходимо учитывать направление движения тепловых потоков, распространяемые от нагревательного элемента. Для оптимального расположения нагревательного элемента в поддоне картера ДВС необходимо установить, каким образом распространяются тепловые потоки. В данной работе освещен опыт работы с программой ELCUT 6.6 с целью определения распространения тепловых потоков с использованием метода конечных элементов. **Материалы и методы.** Моделирование тепловых процессов, происходящих в поддоне картера ДВС, проводилось с помощью программы ELCUT 6.6. Данные для моделирования были получены из проведенных ранее опытов согласно методикам испытания предпускового подогревателя ДВС и из справочных источников. **Результаты и выводы.** В данной работе представлен результат моделирования одного из нескольких опытных образцов, получены основные зависимости для решения математических задач моделирования. Наглядно представлена картина распространения температурных потоков внутри поддона картера ДВС.

Ключевые слова: *двигатели внутреннего сгорания, предпусковой подогреватель двигателя, компьютерные программы, автомобильный транспорт.*

Цитирование. Гамаюнов П. П., Балберов Р. В., Фомин С. Д. Анализ распределения температур в поддоне картера двигателя при использовании предпускового подогревателя методом конечных элементов. Известия НВ АУК. 2023. 2(70). 423-429. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-50.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В большинстве научных работ, которые посвящены изучению процесса запуска ДВС при низких температурах [7-12], температурные показатели снимались с наружной части двигателя [1-4, 6]. Для получения более полной картины распределения температур в отдельных узлах ДВС необходимо выяснить: каким образом происходит распределение температур на поверхностях внутри двигателя, которые контактируют с разогретым моторным маслом в поддоне картера ДВС. Данное исследование возможно выполнить с помощью адекватных компьютерных программ, которые позволяют, зная определенные параметры, свойства материалов и основные характеристики, смоделировать необходимые тепловые процессы и получить результаты с минимальной погрешностью.

Моделирование тепловых процессов в большинстве своем сводится к решению математических задач, представленных в виде дифференциальных уравнений. Существует множество методов решений дифференциальных уравнений, которые заложены в компьютерной программе:

- метод конечных разностей;
- проекционный метод;
- метод коллокации;
- вариационный метод;
- проекционно-сеточный и т.д.

Для решения дифференциальных уравнений, которые направлены на моделирование тепловых процессов, используют проекционно-сеточный метод, или, как более точно его называют, «метод конечных элементов».

Метод конечных элементов – это один из основных и самых эффективных численных методов решения дифференциальных уравнений с частными производными. В данной работе был выбран именно этот метод, так как он более универсальный и точный и представляет собой симбиоз метода конечных разностей и вариационного метода [15].

Появление данного метода обусловлено необходимостью решения инженерных задач, а именно расчета балочных и стержневых конструкций. Первые научные публикации, где упомянут метод конечных элементов, принадлежат М. Тернеру, Р. Клафу и Г. Мартину в далеком 1956 году. С того времени у данного метода открылись новые функции и области применения.

Целью наших исследований является анализ распределения температур в поддоне картера двигателя при использовании предпускового подогревателя методом конечных элементов. Данные исследования в дальнейшем должны сыграть важную роль при выборе места установки нагревательного элемента.

Материалы и методы. Объектом исследований являются тепловые потоки моторного масла, исходящие от нагревательного устройства, расположенного в поддоне картера ДВС. Моделирование происходило на основании ранее опубликованного нами материала «Development of a method and tools for studying the efficiency of the engine pre-start heater» [13], с помощью компьютерной программы ELCUT 6.6.

Принцип работы данной программы основывается на методе конечных элементов. Главная цель метода конечных элементов заключается в следующем: всякую непрерывную величину, например, температуру, перемещение или давление можно заменить либо другой, но более простой, либо дискретной моделью, которая строится на множестве частично-непрерывных функций, определяемых на конечном числе элементов. Частично-непрерывные функции могут быть определены благодаря значениям непрерываемой величины в заключительном количестве узлов необходимой области [5].

По умолчанию непрерывная величина всегда неизвестна, и необходимо узнать значения данной величины в конкретных точках заданной области. При построении дискретной модели необходимо принять за условие, что числовые значения заданной величины известны для некоторых точек рассматриваемой области, данное условие позволяет облегчить построение дискретной модели.

После принятия данного условия необходимо двигаться поэтапно. Ниже приведены 4 этапа построения конкретной модели непрерывной величины:

1. В необходимой нам области фиксируется количество так называемых «узлов». Узлом или узловыми точками называют точки, лежащие в пределах матрицы жесткости.

2. В матрице жесткости содержится множество узловых точек, значение которых в непрерывной величине необходимо определить.

3. Далее следует разделение области непрерывной величины на подобласти, такие подобласти называют конечными элементами. Данные конечные элементы имеют совместные узлы и в совокупности заменяют форму области.

4. Непрерывная величина аппроксимируется на каждом элементе функцией, которая определяется с помощью узловых значений этой величины. Для каждого элемента определяется своя функция, но функции подбираются таким образом, чтобы сохранялась непрерывность величины вдоль границ элемента.

Результаты и обсуждение. Для получения более полной картины распределения температур в отдельных узлах ДВС при осуществлении нагрева моторного масла путем моделирования необходимо выяснить: каким образом происходит распределение температур на поверхностях внутри двигателя, которые контактируют с разогретым моторным маслом в поддоне картера ДВС.

На рисунке 1 представлен конечный элемент, координаты узлов которого равны $X_1, Y_1, X_2, Y_2, X_3, Y_3$.

В границах каждого элемента задается функция, для примера возьмем функцию в виде линейного полинома. Ее определение задается значениями $u(x_i, y_i)$ и $v(x_i, y_i)$ в узлах 1, 2, 3 в конечных точках элемента.

Если искомая функция является непрерывной, то значения ее в конкретном узле для смежных элементов совпадают. В итоге мы получаем блок частично-непрерывных линейных функций, которые отображаются в виде ломаных линий и определяются конечным числом параметров – своими узловыми значениями. Элементы могут быть как плоскими, применяемыми для плоских задач, так и объемными, применяемыми для осесимметричных и для объемных задач [14].

Если рассматривать случай, в котором необходимо исследовать несколько переменных, то этапы и схема составления метода конечных элементов изменяться не будет. Обобщая, делаем вывод, что метод конечных элементов заключается в замене поиска функции на поиск конечного числа приближенных значений в отдельных точках-узлах функции.

Задача метода конечных элементов относительно ее значений в узлах может принимать форму системы алгебраических уравнений. Это происходит, если первоначальная задача касательно функции состоит из дифференциального уравнения с соответствующими граничными условиями.

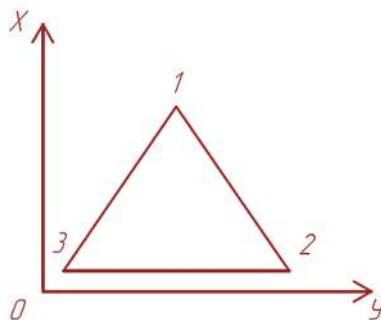


Рисунок 1 – Конечный элемент / Figure 1 – Finite element

При уменьшении размеров элементов увеличивается количество узлов и узловых параметров, которые необходимо найти. Это влечет за собой повышение возможности более точного удовлетворения уравнениям задачи, что позволяет более оперативно найти решение. В данный момент есть много научных исследований, которые посвящены вопросу сводимости полученного решения методом конечных элементов к точному решению.

Наиболее полно метод конечных элементов раскрыл себя и получил полное математическое обоснование для линейных задач, при условии, что неизвестные функции и операции над ними входят во все соотношения задачи только в первой степени.

Моделирование процессов теплообмена проведем для поддона картера двигателя внутреннего сгорания. Целью исследования является проверка сходимости полученного решения плоской нестационарной задачи теплообмена, решенной с использованием метода конечных элементов поддона картера двигателя внутреннего сгорания с полученными экспериментальными данными. Для решения используется уравнение теплопроводности в следующем виде [4, 7]:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = -q - \rho c \frac{\partial T}{\partial t} \quad (1)$$

где T – температура; c – удельная теплоемкость; ρ – плотность; t – время; q – удельная мощность тепловыделения (константа); $\mu_{x,y}$ – компоненты тензора теплопроводности.

Моделирование произведем для участка распределения температуры в поддоне картера. Область расчета для начального этапа была задана условно в виде схематично изображенного поддона картера ДВС, заполненного маслом, в котором распространяются тепловые потоки:

$$q = \frac{N}{S} = \frac{200}{0,072} = 2778 \text{ Вт/м}^2 \quad (2)$$

где N – мощность нагревателя; S – площадь поверхности контакта нагревателя с жидкой средой [3, 7].

Расчет проводился для отрезка по времени, равного шести минутам. Был выбран шаг интегрирования, равный 60 секундам. В использованной версии программы имеются ограничения на максимальное число элементов, и данный параметр не может превышать 200. Создание рабочей сетки происходит в автоматическом режиме. Свойства материалов также учитываются уже на этапе задавания значений для расчетной схемы задачи нестационарной теплопроводности.

Результат расчета участка температурного поля в поддоне картере ДВС показан на рисунке 2.

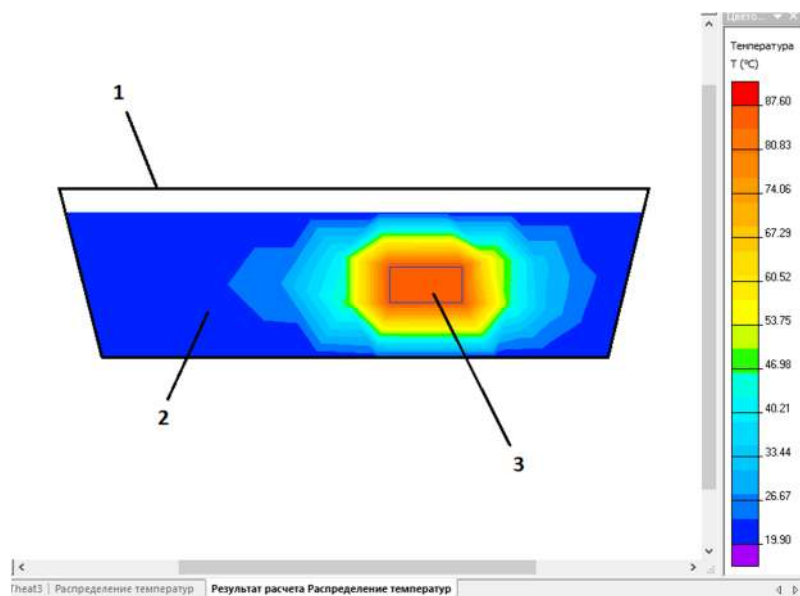


Рисунок 2 – Распределение температурного потока:

1 – поддон картера ДВС, 2 – синтетическое моторное масло 5W-40, 3 – нагревательный элемент

Figure 2 – Distribution of temperature flow:

1 – engine oil pan, 2 – 5W-40 synthetic engine oil, 3 – heating element

Выводы. Данное исследование следует считать вводной частью с освещением элементов моделирования тепловых потоков в области предпусковой температурной подготовки ДВС. В данной работе была представлена теоретическая база и обосновано использование метода конечных элементов, в результате получены зависимости для проведения основных расчетов. Получена диаграмма распространения температурного поля. Результаты исследования могут быть использованы специалистами, занимающимися изучением и разработкой предпусковых подогревателей двигателей внутреннего сгорания.

Библиографический список

1. Бондарь В. Н. Оценка влияния различных методов предпусковой подготовки тракторного дизеля на его пусковые характеристики // Тракторы и сельхозмашины. 2017. № 2. С. 42-46.
2. Вагайцев П. С., Вагайцев С. Г., Журба А. А. Эффективность предпускового подогрева топлива в дизельном двигателе // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2013. № 2. С. 19-20.
3. Габдрафиков Ф. З., Аббаров М. А., Аббаров И. А. Исследование влияния мест подключения предпускового подогревателя на эффективность подогрева двигателей // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2015. № 4 (36). С. 73-76.
4. Габдрафиков Ф. З., Галиакберов У. С., Гиндуллин В. М. Энергоэффективная система предпусковой тепловой подготовки дизеля машинно-тракторного агрегата // Вестник НГИЭИ. 2017. № 11 (78). С. 82-91.
5. Гамаюнов П. П., Балберов Р. В. Предпусковой подогрев двигателя с помощью современных технических средств // Актуальные вопросы организации автомобильных перевозок, безопасности движения и эксплуатации транспортных средств: Международная научно-практическая конференция. 2019. С. 7.
6. Егоров В. Я., Орлов А. В. Способы повышения эффективности автономных подогревателей и систем предпускового подогрева автомобильных двигателей // Грузовик. 2022. № 4. С. 18-25.
7. Козлов А. А., Ахтулов А. Л., Прокопенко Н. И. Математическая модель процессов предпусковой подготовки и пуска дизельного двигателя с учетом индукционного подогрева впускного воздуха // Вестник транспорта Поволжья. 2019. № 3 (75). С. 81-85.
8. Комплексный предпусковой подогрев дизельного двигателя / Д. А. Вахрамеев, Е. А. Потапов, А. А. Мартюшев, А. А. Кавыев, А. В. Афонин // Сельский механизатор. 2020. № 10. С. 12-13.

9. Корчуганова М. А., Сырбаков А. П. Средства обеспечения пуска тракторных двигателей в условиях отрицательных температур // Вестник ИРГСХА. 2017. № 80. С. 134-142.
10. Шуруев А. В. Предпусковой подогрев - как средство для экономичной и безопасной эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в холодный период года // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 5. С. 78-80.
11. Щепелев А. Ю., Лиховидов Д. В., Скребова Е. Г. Альтернативный способ предпускового подогрева двигателя внутреннего сгорания в условиях низких температур // Наука и военная безопасность. 2023. № 1 (32). С. 78-81.
12. Яблочкин А. Б., Гранкин М. Г., Тетенькин А. С. Расчетно-теоретическое моделирование работы системы предпусковой подготовки и облегчения пуска в составе двигателя // Стратегическая стабильность. 2021. № 4 (97). С. 25-29.
13. Development of a method and tools for studying the efficiency of the engine pre-start heater / P. Gamaunov, A. Gamaunov, R. Balberov, S. Fomin // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2022. No 17 (13). P. 1370-1374.
14. Heat transfer properties of engine oils / S. Wrenick, P. Sutor, H. Pangilinan, E. E. Schwarz // Proceedings of WTC2005 World Tribology Congress III. Washington, D.C., 2005. P. 595-596.
15. Zienkevich O. C., Morgan K. Finite Elements and Approximation. New York: Wiley, 1983. 196 p.

Информация об авторах

Гамаюнов Павел Петрович, профессор ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», г. Саратов (410054, Россия, Саратовская область, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), доктор технических наук, профессор, e-mail: gamaunovv@yandex.ru

Балберов Роман Владимирович, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», г. Саратов (410054, Россия, Саратовская область, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), аспирант, e-mail: balberovroman@mail.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: 10.32786/2071-9485-2023-02-51

IMPROVING THE EFFICIENCY OF ON-FARM TRANSPORTATION OF FRUIT AND VEGETABLE PRODUCTS

A.A. Golikov¹, O.V. Filyushin¹, N.V. Limarenko¹, I.A. Uspensky¹,
I.A. Yukhin¹, A.V. Parshkov²

¹Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev, Ryazan

²Autonomous Non-Profit Organization of Higher Education
«Modern Technical University», Ryazan

Received 10.02.2023

Submitted 14.04.2023

The research was carried out within the framework of the project "Improvement of technologies, means of mechanization, electrification and technical service in agricultural production. Prospects for the development of rural areas", section 1.1. "Improving the efficiency of mobile equipment operation through the development of new designs and improving methods of maintaining its technical condition" (subsection 1.1.5. "Improving the operational performance of transport and technological machines during on-farm transportation of agricultural products in the agro-industrial complex") of the R&D plan of the Federal State Educational Institution of Higher Education for 2021-2025.

Summary

This scientific article is devoted to the problem of obtaining mechanical damage by potato tubers during its transportation in bulk from the field. The design of the dump truck body of the vehicle based on the trailer 2 PTS-4.5 has been developed, which ensures careful unloading of potatoes from it. Theoretical and laboratory tests were carried out to determine the optimal design parameters of the improved body of the dump tractor trailer 2 PTS-4.5.

Abstract

Introduction. The production of agricultural crops, especially potatoes, is a complex technical task for the country's agro-industrial complex. At the same time, it is important not only to grow a fresh crop, but also to bring it to the end consumer in the proper form. At various stages of production, potato tubers receive mechanical damage: during harvesting, transportation, sorting and storage. All this is not reflected in the best side of its safety. The most significant contribution to the process of damage to tubers is made by transport operations (especially the loading of tubers into the body of a vehicle and their unloading). Based on this, an expedient solution is the modernization of existing equipment for the transportation of fruits and vegetables. **Object.** Laboratory facility for determining the rate of fall of tubers from a tipper body of a vehicle. Dump tractor trailer 2PTS-4.5. **Materials and methods.** To determine the speed of falling tubers, video recording tools were used (a video camera with a maximum frame rate of 120 fps). The obtained data were processed by methods of mathematical statistics. **Results and conclusions.** In the course of the theoretical studies and laboratory tests, it was found that when upgrading the dump tractor trailer 2PTS-4.5 (installing adjustable transverse partitions in the vehicle body), the optimal value of the gap between the side transverse partition and the bottom of the body can be considered 0.285 m, and for central and rear transverse partitions - 0.228 m.

Key words: damage, trailer, yield, vehicle, dump truck body, transverse partition.

Citation. Golikov A.A., Filyushin O.V., Limarenko N.V., Uspensky I.A., Yukhin I.A., Parshkov A.V. Improving the efficiency of on-farm transportation of fruit and vegetable products. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 429-439 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-51.

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

Conflict of interest. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 629.35

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПЕРЕВОЗОК ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОДУКЦИИ

А. А. Голиков¹, доктор технических наук, доцент
О. В. Филюшин, кандидат технических наук, ассистент
Н. В. Лимаренко, кандидат технических наук, доцент
И. А. Успенский¹, доктор технических наук, профессор
И. А. Юхин¹, доктор технических наук, профессор
А. В. Паршков², кандидат технических наук

¹ФГБОУ ВО «Рязанский агротехнологический университет имени П. А. Костычева»,
г. Рязань

²АНО ВО «Современный технический университет», г. Рязань

Дата поступления в редакцию 10.02.2023

Дата принятия к печати 14.04.2023

Исследования проведены в рамках выполнения проекта «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий», раздел 1.1. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния» (подраздел 1.1.5. «Повышение эксплуатационных показателей транспортных и технологических машин при внутрихозяйственных перевозках сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе») плана НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 гг.

Актуальность. Производство сельскохозяйственных культур, особенно картофеля, является сложной технической задачей для агропромышленного комплекса страны. При этом важно не только вырастить свежий урожай, но и в надлежащем виде донести его до конечного потребителя.

На различных этапах производства клубни картофеля получают механические повреждения: при уборке, транспортировке, сортировке и закладке на хранение. Все это не с лучшей стороны отражается на его сохранности. Наиболее значительный вклад в процесс повреждения клубней вносят транспортные работы (особенно загрузка клубней в кузов транспортного средства и их выгрузка). Исходя из этого целесообразным решением является модернизация существующей техники для перевозки плодоовощной продукции. **Объект.** Лабораторная установка для определения скорости падения клубней из самосвального кузова транспортного средства. Самосвальный тракторный прицеп 2ПТС-4,5. **Материалы и методы.** Для определения скорости падения клубней применяли средства для видеосъемки (видеокамера с максимальной частотой кадров – 120 к/с). Полученные данные были обработаны методами математической статистики. **Результаты и выводы.** В ходе проведенных теоретических исследований и лабораторных испытаний было установлено, что при модернизации самосвального тракторного прицепа 2ПТС-4,5 (установке в кузове транспортного средства регулируемых поперечных перегородок) оптимальным значением величины зазора между боковой поперечной перегородкой и дном кузова можно считать 0,285 м, а для центральной и задней поперечных перегородок – 0,228 м.

Ключевые слова: повреждения корнеплодов, перевозка плодоовощной продукции, урожайность картофеля, транспортные средства, самосвальные кузова, конструкции прицепов.

Цитирование. Голиков А. А., Филюшин О. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Паршков А. В. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 429-439. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-51.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Картофель не одно десятилетие играет существенную роль в рационе человека нашей страны. Так, в среднем 1 житель РФ в год потребляет более 110 кг данного продукта. В настоящее время агропромышленный комплекс страны в полной мере способен удовлетворить потребность граждан в картофеле. При этом эффективность его производства не всегда является поводом для гордости, что обусловлено не только низкими показателями урожайности (по данным 2021 г. в РФ – 158 ц/га, в Бельгии – 382 ц/га, Германии – 444 ц/га, Нидерландах – 420 ц/га и т.д.), но и высокими потерями (как при уборке урожая, так и при хранении) [1, 7, 9, 11].

Доподлинно известно [3], что клубни картофеля, имеющие механические повреждения, не способны храниться продолжительное время. Срок лежкости при хранении (от даты уборки) согласно ГОСТ 28372-93 составляет не менее 5 мес. для раннеспелых сортов, для поздних – не менее 7 мес. Следовательно, полученный продукт ненадлежащего качества требует оперативной реализации и последующей его переработки.

Согласно результатам исследований ученых ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А. Г. Лорха» [3], в зависимости от технологии проведения уборочных работ показатель «общие повреждения клубней» может варьироваться от 20 % (прямоточная технология) до 66 % и более (поточная технология) [4, 10]. При этом непосредственно на процесс уборки приходится до 10 % от общего числа повреждений (регламентируется агротехническими требованиями на данный вид работ) [8]. Остальное – клубни, получившие механические повреждения при различных перевалочных операциях (загрузка в транспортное средство и выгрузка из него, загрузка во временное хранилище и перегрузка в картофелехранилище и прочее) [2, 6, 12].

Если рассматривать этап внутрихозяйственных перевозок свежесобранного картофеля, то можно выделить следующие причины повреждения клубней [6]:

- перегрузка картофельного вороха из картофелеуборочной машины в кузов транспортного средства (без использования специальных устройств-гасителей);

- нарушение рекомендуемых скоростных режимов при движении груженных транспортных средств по дорогам с различным покрытием (или без него);
- разгрузка самосвального кузова транспортного средства без использования приемных бункеров пункта послеуборочной доработки (исключением являются саморазгружающиеся ТС, например, картофелевозы БАЛТ, так как в этом случае повреждения клубней минимальны).

Комплексное или частичное решение выявленных проблем позволит существенно снизить издержки производства картофеля и обеспечить получение конкурентоспособного продукта на мировом рынке.

Объект исследования. При осуществлении внутрихозяйственных перевозок применяются преимущественно тракторные прицепы (с опрокидываемым кузовом, например 2ПТС-4) и автомобили-самосвалы. В редких случаях в картофелеводческих хозяйствах можно встретить специализированную технику – картофелевозы БАЛТ или Тонар-9591. Осуществление бережной разгрузки продукции (при помощи перегрузочных устройств, например «РОМ-Over» фирмы Fliegl) в совокупности с устройствами для снижения повреждений клубней при их загрузке в кузов ТС (гасители энергии падения клубней различных типов) существенно повышает эффективность транспортных работ (по данным испытаний снижение повреждений клубней может составить 3-6 % от общей массы перевозимого груза).

Повсеместное распространение специализированной транспортной техники ограничивается лишь одним существенным фактором – финансовыми возможностями агропромышленного предприятия. Для небольших крестьянско-фермерских хозяйств или частных подворий альтернативным решением вопроса снижения производственных издержек является совершенствование имеющихся в наличии универсальных транспортных средств.

С целью снижения повреждений клубней при разгрузке самосвального кузова транспортного средства (без использования перегрузочных устройств) было разработано следующее конструктивное решение (рисунки 1-2).

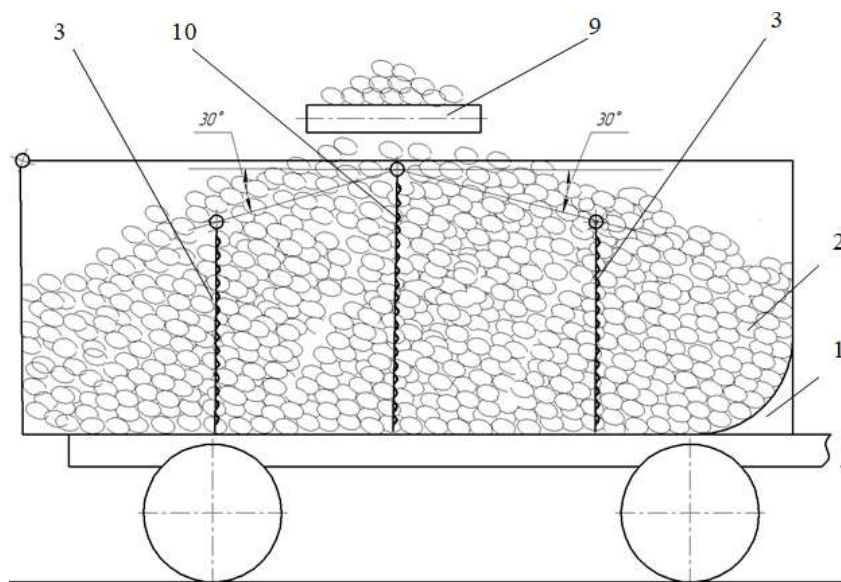


Рисунок 1 – Заполнение кузова модернизированного транспортного средства:
1 – кузов; 2 – картофель; 3 – поперечные перегородки (боковые); 9 – подающий транспортер картофелеуборочной машины; 10 – поперечная перегородка (центральная)

Figure 1 – Filling the body of an upgraded vehicle:
1 – body; 2 – potatoes; 3 – transverse partitions (side); 9 – feeding conveyor of potato harvester;
10 – transverse partition (central)

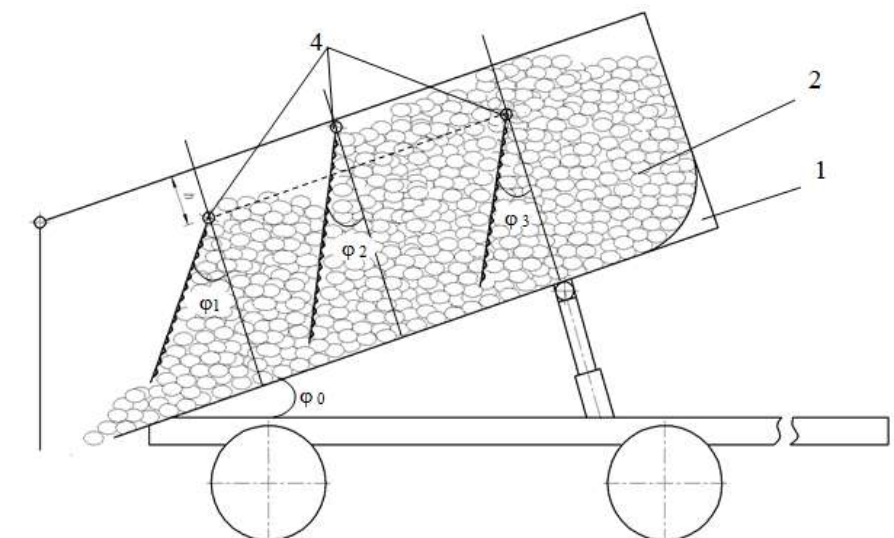


Рисунок 2 – Разгрузка модернизированного кузова транспортного средства:
1 – кузов ТС; 2 – груз; 4 – ось поворота перегородок; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – углы отклонения поперечных перегородок; φ_0 – угол опрокидывания самосвального кузова; h – расстояние от верхней точки кузова до осей поворота боковых поперечных перегородок

Figure 2 – Unloading of the upgraded vehicle body:
1 – vehicle body; 2 – cargo; 4 – axis of rotation of partitions; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – deflection angles of transverse partitions; φ_0 – tipping angle of the dump truck body; h – the distance from the top point of the body to the axes of rotation of the lateral transverse partitions

Сущность данного решения заключается в том, что внутреннее пространство самосвального кузова разделено тремя поперечными перегородками, открытие которых осуществляется при помощи гидропривода индивидуально.

Рассмотренная выше конструкция позволяет управлять процессом разгрузки самосвального кузова ТС за счет регулировки момента открытия поперечных перегородок, а также углов, на которые они отклоняются (индивидуальная регулировка пропускных отверстий для картофельного вороха, образованных дном кузова ТС и нижними кромками поперечных перегородок).

В зависимости от модели самосвального кузова, выбранной для модернизации, будут меняться характеристики поперечных перегородок и, следовательно, параметры их работы (рисунок 3).

Зная геометрические характеристики кузова, можем без труда установить значения $l_{ц}$, $l_{п}$ и $h_{п}$. Для 2ПТС-4,5 они составят: $l_{ц} = 2,04$ м, $l_{п} = 1,02$ м, $h_{п} = 0,58$.

Более сложная задача состоит в определении углов отклонения каждой поперечной перегородки от исходного положения для установления высоты образовавшихся зазоров (пропускных отверстий).

В дальнейших расчетах мы руководствовались правилом, что скорость клубня в момент падения (при ударе о поверхность, на которую производится разгрузка или уже лежащие клубни) не должна превышать допустимые значения (таблица 1) [12].

Таблица 1 – Допустимые значения скорости падения

Table 1 – Acceptable values of the rate of fall

Поверхность / Surface	Скорость падения ϑ_d , м/с / The rate of fall ϑ_d , м/с
Сталь, дерево / Steel, wood	1,9-2,5
Резина / Rubber	5,6-7,5
Клубни / Tubers	2,7-3,6

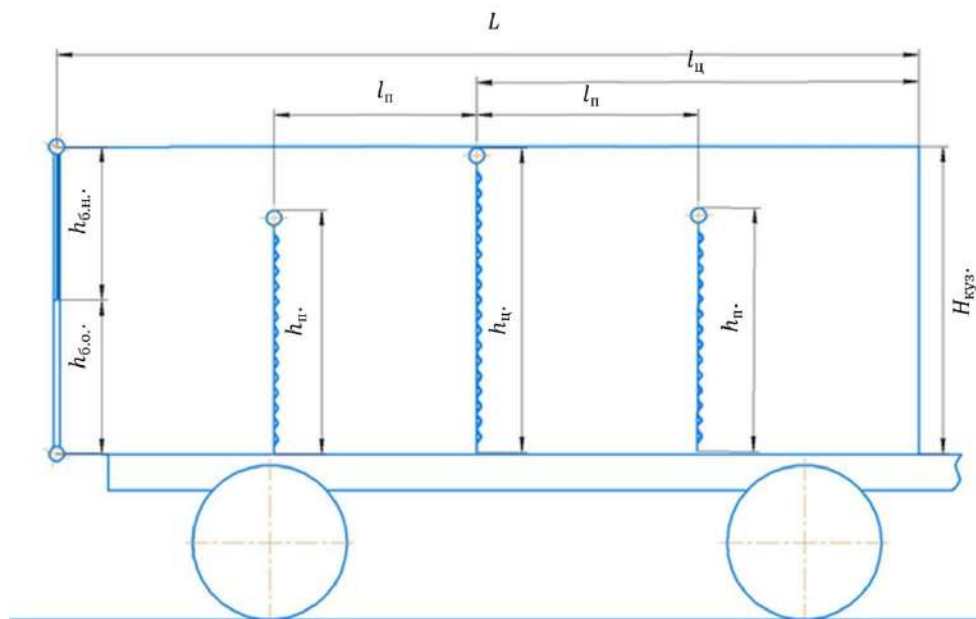


Рисунок 3 – Параметры модернизированного самосвального кузова ТС:

$h_{б.о.}$ – высота основного борта; $h_{б.н.}$ – высота надставного борта; $h_{п.}$ – высота боковых поперечных перегородок; $h_{ц.}$ – высота центральной поперечной перегородки; $H_{куз.}$ – высота кузова; L – длина кузова; $l_{ц.}$ – удаленность центральной поперечной перегородки; $l_{п.}$ – удаленность боковых поперечных перегородок

Figure 3 - Parameters of the upgraded dump truck body of the vehicle:

$h_{б.о.}$ – height of the main side; $h_{б.н.}$ – height of the superstructure board; $h_{п.}$ – height of lateral transverse partitions; $h_{ц.}$ – height of the central transverse partition; $H_{куз.}$ – body height; L – body length; $l_{ц.}$ – remoteness of the central transverse partition; $l_{п.}$ – distance of lateral transverse partitions

Скорость клубня в момент удара о поверхность (лежащие клубни) рассчитывается как [2, 15]:

$$\vartheta_k = \sqrt{\vartheta_n^2 + 2g \cdot h}, \quad (1)$$

где ϑ_n – начальная скорость клубня, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с²; h – высота с которой клубень падает, м.

Клубни, расположенные у заднего откидного борта ТС, находятся в покое, следовательно, $\vartheta_n = 0$. В противном случае, начальную скорость клубня находим как [2, 15]:

$$\vartheta_n = \sqrt{2 \cdot g \cdot l \left[\sin \beta - f_1 \cdot \cos \beta \cdot \left(1 + \frac{n \cdot h_б}{b} \right) \right] + \vartheta_0^2}, \quad (2)$$

где l – внутренняя длина платформы, м; β – угол опрокидывания платформы кузова ТС, град; f_1 – коэффициент трения груза о борта и платформу; ϑ_0 – начальная скорость груза, м/с; n – коэффициент бокового давления; b – ширина платформы кузова ТС, м; $h_б$ – высота заднего (основного) откидного борта, м.

В качестве примера скорость, с которой клубень ударяется о поверхность пола хранилища при разгрузке 2ПТС-4, может доходить до $\vartheta_k = 7,09$ м/с [14].

Основываясь на данных таблицы 1, можем сделать вывод о том, что клубни с большой вероятностью будут получать механические повреждения в процессе разгрузки универсального транспортного средства (без применения дополнительных перегрузочных устройств).

Исходя из вышеописанного следует, что дальнейшее определение параметров модернизированного самосвального кузова ТС необходимо выполнять исходя из поставленной задачи – снижения скорости падения клубней до их допустимых значений (таблица 1).

Материалы и методы. Для проведения эксперимента была построена установка, представленная на рисунке 4. Ее характеристики соответствовали габаритным размерам 2ПТС-4,5 (в масштабе 1 : 4) за исключением высоты бункера относительно пола (1,32 м), что соответствует реальному значению (от дна кузова самосвального прицепа до поверхности пола бункера).

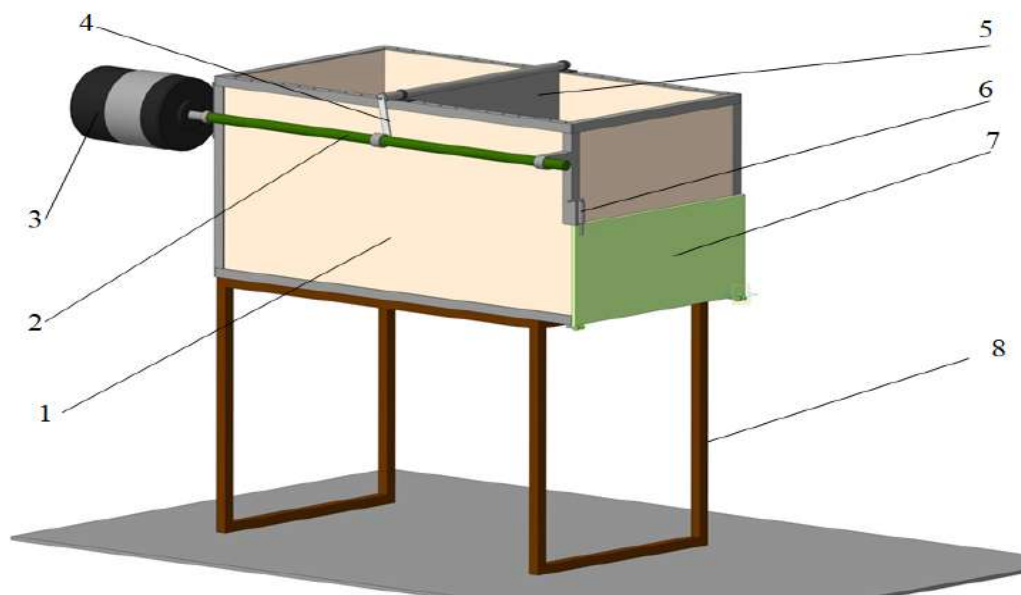


Рисунок 4 – Модель лабораторной установки:

- 1 – бункер; 2 – шток гидропривода; 3 – гидропривод; 4 – кулачковый механизм гидропривода;
5 – поперечная перегородка; 6 – запорное устройство; 7 – откидной борт;
8 – опора лабораторной установки

Figure 4 – Laboratory installation model:

- 1 – hopper; 2 – hydraulic drive rod; 3 – hydraulic drive; 4 – hydraulic drive cam mechanism;
5 – transverse partition; 6 – locking device; 7 – folding board; 8 – laboratory installation support

Эксперимент проводили в 2 этапа:

-первый – определение скорости падения клубней, расположенных у заднего откидного борта (рисунок 5 а);

-второй – определение скорости падения клубней, отделенных от заднего откидного борта поперечной перегородкой (рисунок 5 б).

При этом удаленность поперечной перегородки от заднего откидного борта изменяли в ходе эксперимента.

Значение скорости клубней в момент удара о поверхность пола получали расчетным путем (рисунок 6).

Для этого производили скоростную видеосъемку, а сам показатель получали по формуле представленной ниже:

$$v_{\text{экс}} = \frac{x_2 - x_1}{t} \quad (3)$$

где x_1 – начальное положение клубня; x_2 – конечное положение клубня; t – время, за которое клубень перемещается из точки x_1 в x_2 .

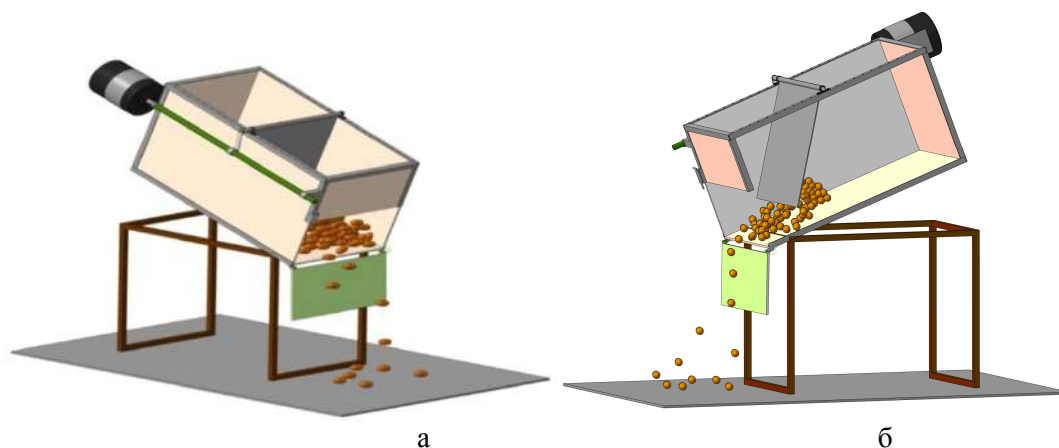


Рисунок 5 – Реализация эксперимента:

а – выгрузка клубней, расположенных у откидного борта бункера;
б – выгрузка клубней, расположенных у поперечной перегородки

Figure 5 - Implementation of the experiment:

a – unloading of tubers located at the folding side of the hopper;
b – unloading of tubers located at the transverse partition

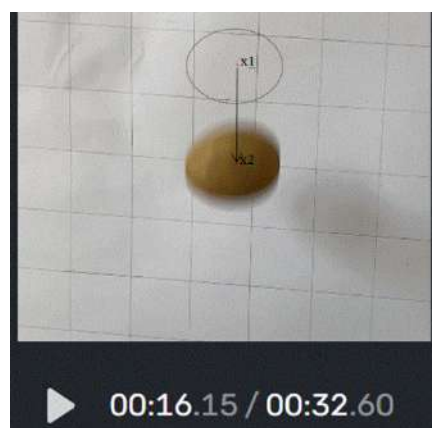


Рисунок 6 – Пример расчета скорости падения клубня

Figure 6 – An example of calculating the speed of falling of a tuber

Результаты и обсуждение. Полученные в ходе первого этапа эксперимента результаты ($\vartheta_{\text{экс}} = 5,08 - 5,11$ м/с) подтверждают данные теоретических расчетов ($\vartheta_{\text{к}} = 5,2$ м/с при перепаде высот в 1,32 м).

На втором этапе эксперимента определяли влияние параметров самосвального кузова с поперечными подвижными перегородками на скорость падения клубней. В качестве независимых факторов были выбраны:

x_1 – удаленность поперечной перегородки от откидного борта, м;

x_2 – угол опрокидывания бункера, град;

x_3 – высота зазора между поперечной перегородкой и дном бункера, м.

Основываясь на данных, полученных в ходе эксперимента, было построено следующее уравнение регрессии:

$$y = 4,6819 + 0,1093x_1 + 0,00718x_2 + 1,9407x_3 \quad (4)$$

Качественные характеристики уравнения регрессии следующие: $r_{yx_1} = 0,92$, $r_{yx_2} = 0,954$ и $r_{yx_3} = 0,972$, $R^2 = 0,9525$, $A = 0,72$ %.

Используя выражение (4), возможно рассчитать необходимые параметры модернизированного самосвального кузова ТС – зазоры между поперечными перегородками и дном кузова ТС [13, 16].

В качестве примера были произведены расчеты параметров модернизированного самосвального кузова 2ПТС-4,5. Подставив исходные данные ($l_{\text{ц}} = 2,04$ м, $l_{\text{п}} = 1,02$ м, $\varphi_0 = 50^\circ$) в выражение (4), получили следующие зависимости:

-для боковой поперечной перегородки:

$$y = 5,046 + 1,96x_3, \quad (5)$$

-для центральной поперечной перегородки:

$$y = 5,157 + 1,94x_3. \quad (6)$$

Построив графики (рисунки 7-8) и проанализировав их, было установлено, что оптимальная высота зазора между боковой поперечной перегородкой и дном кузова 2ПТС-4,5 составляет 0,285 м.

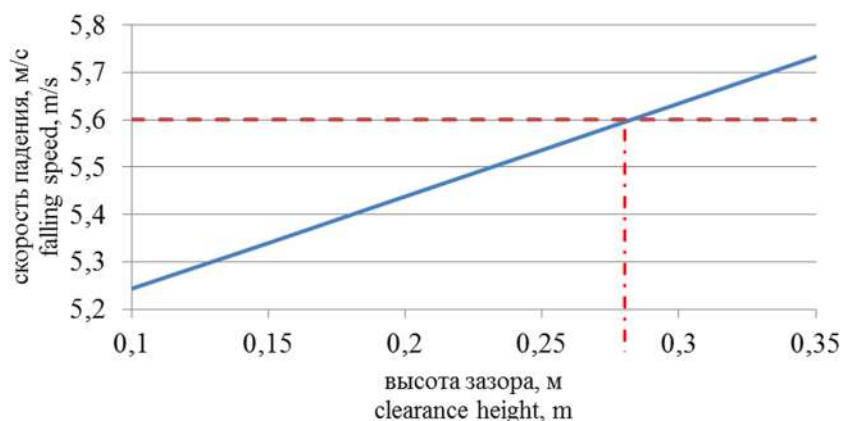


Рисунок 7 – График определения величины зазора между боковой поперечной перегородкой и дном кузова 2ПТС-4,5

Figure 7 – Graph for determining the size of the gap between the lateral transverse partition and the bottom of the body 2 PTS-4,5

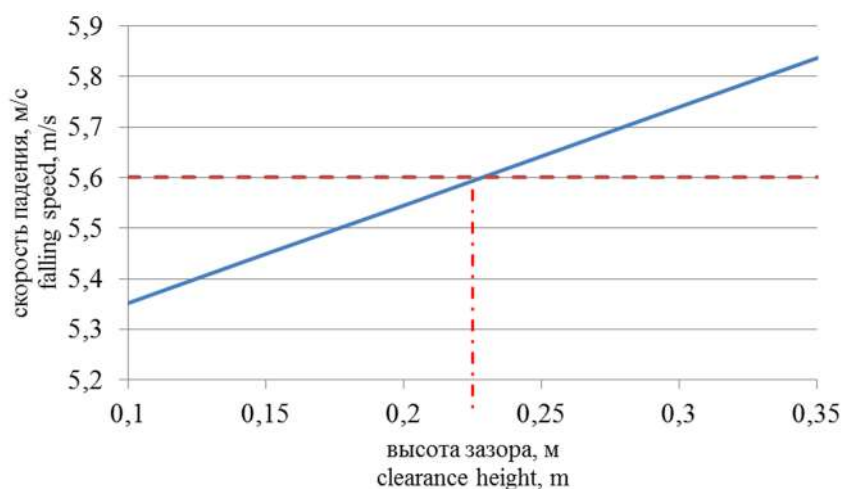


Рисунок 8 – График определения величины зазора между центральной и задней поперечной перегородкой и дном кузова 2ПТС-4,5

Figure 8 – Graph for determining the size of the gap between the central and rear transverse partition and the bottom of the body 2 PTS-4,5

Для центральной и задней поперечной перегородки самосвального кузова 2ПТС-4,5 данный показатель составляет 0,228 м.

Выводы. Проведенные исследования показали, что модернизация конструкции серийного кузова ТС позволяет снизить повреждения клубней в процессе их выгрузки.

С учетом целесообразности данного решения делаем вывод о том, что изменению могут быть подвержены любые серийно выпускаемые модели самосвальных тракторных прицепов или полуприцепов. При этом для каждой модификации самосвального кузова ТС характеристики поперечных перегородок будут подбираться индивидуально. Рассмотренная методика позволила установить, что для 2ПТС-4,5 оптимальным значением величины зазора между боковой поперечной перегородкой и дном кузова можно считать 0,285 м, а для центральной и задней поперечных перегородок – 0,228 м. В результате этого выгрузка клубней из кузова ТС будет происходить в более благоприятном режиме (скорость падения отдельных клубней не будет превышать 5,6 м/с), что отразится в уменьшении количества поврежденного продукта.

Библиографический список

1. Белоус И. В. Современные технологии хранения картофеля и овощей // Орошаемое земледелие. 2016. № 1. С. 19-20.
2. Большаков Н. А., Дидманидзе О. Н. Повышение эффективности сельскохозяйственных перевозок // Международный технико-экономический журнал. 2021. № 3. С. 104-111.
3. Машинные технологии и техника для производства картофеля / С. С. Туболев [и др.]. Москва : Агрспас, 2010. 311 с.
4. Мелюхин Д. Ю., Абросимов А. Г. Технология производства картофеля // Наука и Образование. 2020. Т. 3. № 2. С. 13.
5. Определение оптимальной транспортной скорости груженого тракторного прицепа 2ПТС-4 / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. В. Мачнев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 396-404.
6. Охотников Б. Л., Строганов Ю. Н., Егоров В. Н. Обоснование маршрутов движения урожая картофеля после уборки // Известия Международной академии аграрного образования. 2018. № 39. С. 28-31.
7. Протасова Л. Г., Набоков В. И. Состояние производства и качества плодоовощной продукции // Аграрный вестник Урала. 2022. № S13. С. 70-79.
8. Романюк Н. Н., Еднач В. Н., Основин в. Н. Средства механизации для уборки послеуборочной доработки картофеля // Наука и Образование. 2021. Т. 4. № 4.
9. Санникова Т. А., Мачулкина В. А. Изменение качества клубней картофеля в зависимости от размерной фракции при хранении // Орошаемое земледелие. 2016. № 2. С. 19-20.
10. Технологии и машины для производства картофеля / И. Н. Гаспарян, А. Г. Левшин, И. Г. Голубев [и др.] // Картофель и овощи. 2021. № 9. С. 3-8.
11. Уварова М. Н., Польшакова Н. В., Жилина Л. Н. Региональная политика повышения эффективности функционирования агропромышленного комплекса // Вестник аграрной науки. 2022. № 6 (99). С. 136-142.
12. Успенский И. А., Юхин И. А., Голиков А. А. Исследование причин возникновения повреждений клубней картофеля при их загрузке в транспортное средство / // Техника и оборудование для села. 2019. № 10 (268). С. 26-29.
13. Успенский И. А., Юхин И. А., Голиков А. А. Снижение травмирования корнеклубнеплодов при их перевозке самосвальным транспортным средством // Техника и оборудование для села. 2020. № 6 (276). С. 22-25.
14. Improving the performance parameters of vehicles for intrafarm transport in the agro-industrial complex / N. V. Byshov, S. N. Borychev, I. A. Uspensky [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science : The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. Vol. 341. P. 012145.

15. Increasing the safety of agricultural products during its transportation and unloading / N. V. Byshov, S. N. Borychev, A. A. Simdyankin [et al.] // Proceedings of the 4th International Conference on Frontiers of Educational Technologies. Moscow: ACM New York, NY, USA, 2018. P. 176-179.

16. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S. N. Borychev, I. Uspensky, I. Yukhin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012048.

Информация об авторах:

Голиков Алексей Анатольевич, доцент кафедры технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, SPIN-код: 8540-7098, AuthorID: 633541, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9955-1544>, e-mail: golikov.rgatu@yandex.ru.

Филлюшин Олег Владимирович, ассистент кафедры Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), кандидат технических наук. SPIN-код: 9798-0460, AuthorID: 964482 E-mail: olegfil93@mail.ru.

Лимаренко Николай Владимирович, заведующий кафедрой Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения Рязанский государственный агротехнологический университет им. П. А. Костычева (390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), кандидат технических наук, доцент. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9925-5166>. E-mail: eeia.rgatu@mail.ru

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация транспорта» Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор, SPIN-код: 1831-7116, AuthorID: 458428, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, e-mail: ivan.uspenckij@yandex.ru.

Юхин Иван Александрович, заведующий кафедрой «Автотракторная техника и теплоэнергетика» Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор, SPIN-код: 9075-1341, AuthorID: 649335, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3822-0928>, e-mail: yuival@rambler.ru.

Паршков Андрей Викторович – доцент кафедры энергетики технологии и сервиса Современного технического университета (РФ, 390048, г. Рязань, ул. Новоселов, д.35а), кандидат технических наук, профессор, SPIN-код: 5788-1822, AuthorID: 679323, e-mail: parshkov83@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-52

STRUCTURAL AND CIRCUIT SOLUTIONS OF SOLAR AUTONOMOUS INVERTERS

O. V. Grigorash, E. V. Vorobyev, E. V. Denisenko, P. M. Baryshev

FSBEI HE "Kuban State Agrarian University", Russia, 350044, Krasnodar

Received 14.02.2023

Submitted 10.05.2023

*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 design and operation features of autonomous solar inverters. A functional scheme of a three-phase solar inverter is proposed, based on a single-phase-three-phase transformer with a rotating magnetic field with improved operational and technical characteristics. The features of its work on voltage conversion and stabilization are revealed.

Abstract

Introduction. One of the ways to improve the energy efficiency of power supply to autonomous consumers of electricity, remote from external energy systems, is the use of solar photovoltaic installations. The solar inverters used in these installations have an impact on the operational and technical characteristics of the power source. Therefore, by improving reliability, efficiency and increasing the service life of solar inverters in the complex, it will improve the characteristics of solar photovoltaic installations. **The purpose of the study** is to analyze the design and operation features of modern solar inverters and develop a struc-

tural and schematic solution of a three-phase inverter with improved operational and technical characteristics. **An object.** structural and circuit solutions of single-phase and three-phase solar inverters. **Materials and methods.** When conducting research and calculations, methods of statistical processing, the basics of the theory of power converter technology and electrical engineering were used. Results and conclusions. The proposed functional scheme of a three-phase solar inverter based on a single-phase-three-phase transformer with a rotating magnetic field has a reduced number of power electronic devices, which makes it possible to increase the efficiency of the converter in comparison with prototypes made on a three-phase bridge circuit and a three-phase rod transformer by 5-7%, increase the voltage stabilization range and increase the service life by 1.3-1.4 times.

Key words: solar photovoltaic installation, solar inverter.

Citation. Grigorash O. V., Vorobyev E. V., Denisenko E. V., Baryshev P. M. Structural and circuit solutions of solar inverters. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 439-450 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-52.

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 have read and approved the final version presented.

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

УДК 621.314

СТРУКТУРНО-СХЕМНЫЕ РЕШЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ АВТОНОМНЫХ ИНВЕРТОРОВ

О. В. Григораш, доктор технических наук

Е. В. Воробьев, кандидат технических наук

Е. В. Денисенко, кандидат технических наук

П. М. Барышев, студент

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
им. И. Т. Трубилина», г. Краснодар

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда
в рамках научного проекта № МФИ-20.1/27*

Дата поступления в редакцию 14.02.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. Одним из направлений повышения энергоэффективности электро-снабжения автономных потребителей электроэнергии, удаленных от внешних энергетических систем, является применение солнечных фотоэнергетических установок. Применяемые в составе этих установок солнечные инверторы оказывают влияние на эксплуатационно-технические характеристики источника электроэнергии. Следовательно, улучшение показателей надёжности, КПД и повышение ресурса работы солнечных инверторов в комплексе позволит улучшить характеристики солнечных фотоэнергетических установок. **Цель исследования** – провести анализ конструкции и особенностей работы современных солнечных инверторов и разработать структурно-схемное решение трёхфазного инвертора с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками. **Объект исследования** – структурно-схемные решения однофазных и трёхфазных солнечных инверторов. **Материалы и методы.** При проведении исследований и расчётов использовались методы статистической обработки, основ теории силовой преобразовательной техники и электротехники. **Результаты и выводы.** Предложенная функциональная схема трёхфазного солнечного инвертора на базе однофазно-трёхфазного трансформатора с вращающимся магнитным полем имеет уменьшенное количество силовых электронных приборов, что позволяет повысить КПД преобразователя в сравнении с прототипами, выполненными на трёхфазной мостовой схеме и трёхфазном стержневом трансформаторе, на 5-7 %, а также увеличить диапазон стабилизации напряжения и увеличить ресурс работы в 1,3-1,4 раза.

Ключевые слова: солнечные фотоэнергетические установки, солнечные инверторы.

Цитирование. Григораш О. В., Воробьев Е. В., Денисенко Е. В., Барышев П. М. Структурно-схемные решения солнечных инверторов. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 439-450. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-52.

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 основных функциональных элементов солнечных фото-энергетических установок (СФЭУ) является инвертор – устройство, осуществляющее преобразование напряжения постоянного тока, генерируемого солнечными батареями, в напряжение переменного тока. Солнечные инверторы (СИ) – это инверторы напряжения, на входе силовой схемы которых включается конденсатор большой ёмкости, выполняющий функцию входного фильтра, предназначенного для подавления коммутационных перенапряжений, возникающих во время коммутации силовых электронных приборов преобразователя [3, 5].

Солнечные инверторы оказывают влияние на эксплуатационно-технические характеристики СФЭУ. Следовательно, для улучшения показателей надёжности, качества электроэнергии и КПД солнечных инверторов целесообразно провести анализ известных структурно-схемных решений преобразователей, раскрыть их достоинства и недостатки и на основе этого анализа с учётом известных технических решений новой элементной базы разработать энергоэффективную схему инвертора для СФЭУ [10, 11].

Цель исследования – провести анализ конструкции и особенностей работы современных солнечных инверторов и разработать структурно-схемное решение трёхфазного инвертора с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками.

Объект исследования – структурно-схемные решения однофазных и трёхфазных солнечных инверторов.

Материалы и методы. При проведении исследований и расчётов использовались методы статистической обработки, основ теории силовой преобразовательной техники и электротехники.

Результаты и обсуждение. На рисунке 1 приведена типовая структурная схема инвертора. В состав схемы входят: $\Phi_{ВХ}$ и $\Phi_{ВЫХ}$ – входной и выходной фильтры; ЭСП – электронная схема преобразования; Т – трансформатор; СУ – система управления. Принцип работы схемы: входное напряжение постоянного тока $U_{ВХ}$ через входной фильтр $\Phi_{ВХ}$ прикладывается к силовой электронной схеме преобразования ЭСП, которая может быть однофазной или трёхфазной, где преобразуется в напряжение переменного тока. Трансформатор Т повышает напряжение до уровня, необходимого для потребителей электроэнергии, а выходной фильтр $\Phi_{ВЫХ}$ уменьшает амплитуду высших гармоник, обеспечивая требуемое качество выходного напряжения $U_{ВЫХ}$. Как правило, входным фильтром инвертора является блок конденсаторов соответствующей ёмкости, а выходным – Г-образный LC-фильтр.

Система управления СУ вырабатывает импульсы управления силовыми электронными приборами ЭСП как правило посредством широтно-импульсной модуляции (ШИМ) осуществляется преобразование напряжения постоянного тока в напряжение переменного тока, а при дестабилизирующих факторах (изменение величины и характера нагрузки), обеспечивает стабилизацию выходного напряжения $U_{ВЫХ}$. Кроме того, система управления СУ может выполнять функцию защиты преобразователя в аварийных ситуациях. ШИМ выходного напряжения позволяет значительно ослабить высшие гармоники, улучшить спектральный состав выходного напряжения, параметры выходных фильтров и инвертора в комплексе [1, 6].

Структура и алгоритм работы системы управления СУ инвертора зависит от типа силовых электронных приборов, применяемых в составе ЭСП. Когда схема выполнена на тиристорах (симисторах), то СУ формирует импульсы только на открытие приборов, а когда применяются транзисторы, то СУ обеспечивает длительность управляющих импульсов, равную длительности открытого состояния электронного прибора.

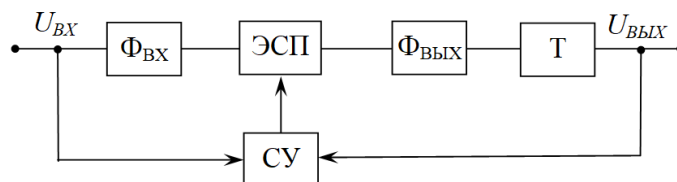


Рисунок 1 – Структурная схема автономного инвертора

Figure 1 – Block diagram of an autonomous inverter

КПД современных однофазных и трёхфазных солнечных инверторов в зависимости от мощности находится в пределах от 70–90 %. Практически от инверторов зависят показатели надёжности и качества электроэнергии СФЭУ [1, 4].

Для улучшения показателей надёжности, качества электроэнергии и КПД солнечных инверторов целесообразно провести анализ известных структурно-схемных решений преобразователей, раскрыть их достоинства и недостатки и на основе этого анализа с учётом известных технических решений новой элементной базы разработать энергоэффективную схему инвертора для СФЭУ.

С учётом функций СИ, заключающихся не только в преобразовании напряжения, но и его стабилизации, а также большого разнообразия технических решений функциональных элементов (рисунок 1), в том числе применения разных типов силовых электронных приборов в составе ЭСП, схемы инверторов можно классифицировать по принципу работы и построению силовых схем, по способам запираания силовых электронных приборов и их управлению, которое зависит от выбранного метода синтеза формы выходного напряжения.

Синтезирование кривой выходного напряжения СИ может быть непрерывным, дискретным и комбинированным. В настоящее время характер работы силовых электронных приборов СИ предполагает применение дискретных методов синтеза, реализуемых посредством ШИМ, из-за высоких технико-экономических показателей и качества выходного напряжения статических преобразователей постоянного тока в переменный.

Одним из способов улучшения массогабаритных показателей СИ небольшой мощности (до 5 кВт) является применение в их структуре промежуточного высокочастотного звена с частотой тока преобразования несколько кГц. Высокая частота тока позволяет уменьшить массу трансформатора СИ в несколько десятков раз, что важно для мобильных солнечных энергосистем [1]. На рисунке 2 приведена структурная схема СИ с тремя вариантами реализации устройств, понижающих промежуточную повышенную частоту тока:

- на реверсивном выпрямителе РВ;
- на неуправляемом выпрямителе В и электронной схеме преобразования ЭСП2;
- на непосредственном преобразователе частоты НПЧ.

Из трёх вариантов понижения высокочастотного тока f_1 до уровня промышленной частоты f_2 лучшие технико-экономические показатели имеет схема СИ, выполненная на базе реверсивного выпрямителя РВ. Однако применение в структуре СИ допол-

нительных функциональных элементов и связей с системой управления СУ несколько понижает КПД и показатели надёжности преобразователя напряжения постоянного тока в переменный.

В большинстве случаев наличие трансформатора в составе инверторов обусловлено необходимостью согласования напряжения источника питания и нагрузки. Однако они, кроме того, выполняют функцию гальванической развязки между источником и нагрузкой, что важно для защиты их и функциональных элементов СИ в аварийных ситуациях (при токах КЗ и перегрузки).

В настоящее время известны технические решения бестрансформаторных инверторов напряжения. Однако они имеют следующие недостатки: небольшая мощность, из-за больших габаритов реактивных элементов, в том числе фильтров, обеспечивающих требуемое качество выходного напряжения; низкий КПД; отсутствие гальванической развязки, что требует установки дополнительной быстродействующей защиты [4, 13].

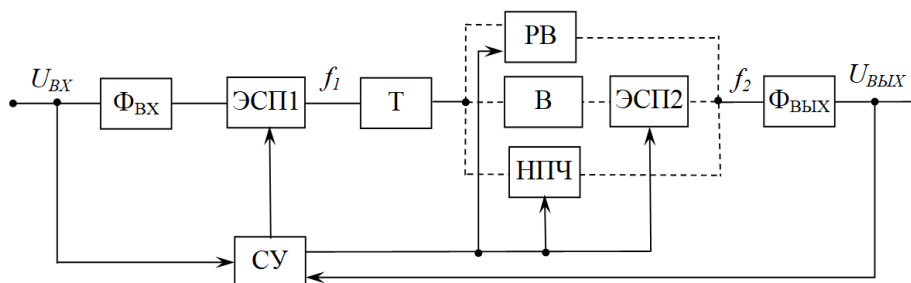


Рисунок 2 – Структурная схема автономного инвертора с промежуточным высокочастотным звеном

Figure 2 – Block diagram of an autonomous inverter with an intermediate high-frequency link

Известно, что ШИМ выходного напряжения СИ, как правило, реализуется двумя видами модуляции однополярной и двухполярной (рисунок 3) [2, 7]. При однополярной модуляции улучшение качества (гармонического состава) выходного напряжения инверторов достигается формированием в течение каждого полупериода выходного напряжения импульсов одной полярности (рисунок 3, а). В случае с двухполярной модуляцией улучшение качества выходного напряжения инвертора достигается знакопеременным подключением источника напряжения постоянного тока к нагрузке (рисунок 3, б). При однополярной модуляции выходного напряжения его стабилизация осуществляется за счёт изменения длительности импульсов и, соответственно, паузы между ними, а при двухполярной модуляции стабилизация напряжения осуществляется за счёт изменения количества импульсов или их длительности.

Сегодня широко применяются три основные структурные решения ЭСП однофазных инверторов, схемы которых приведены на рисунке 4. Схемы инверторов выполнены на транзисторах, встречно-параллельно эмиттер-коллекторным переходам которых подключены обратные диоды, предназначенные для рекуперации реактивной мощности нагрузки в источник. Полумостовой и инвертор со средней точкой (рисунок 4, б, в) формируют нулевое напряжение только при активной нагрузке. В случае активно-индуктивного или активно-емкостного характера нагрузки формирование нулевых напряжений при ШИМ зависит от действующего значения напряжения и параметров нагрузки.

Таким образом, при изменении величины и характера нагрузки Z_H наиболее универсальной является мостовая схема инвертора (рисунок 4, а), которая может быть использована для реализации однополярной и двухполярной ШИМ. Согласно алгоритму работы транзисторов мостовой схемы, при однополярной ШИМ они переключаются только по одному из сопряжённых плеч моста, т.е. при формировании, к примеру, положительной полуволны выходного напряжения переменного тока, работают транзисторы VT1 и VT4, а при формировании отрицательной полуволны выходного напряжения работают транзисторы VT2 и VT3. При формировании нулевого уровня выходного напряжения включены транзисторы VT1 и VT3 или VT2 и VT4. Это необходимо для закорачивания нагрузки Z_H для достижения независимости формы кривой выходного напряжения от параметров нагрузки, улучшения качества напряжения и значения коэффициента мощности.

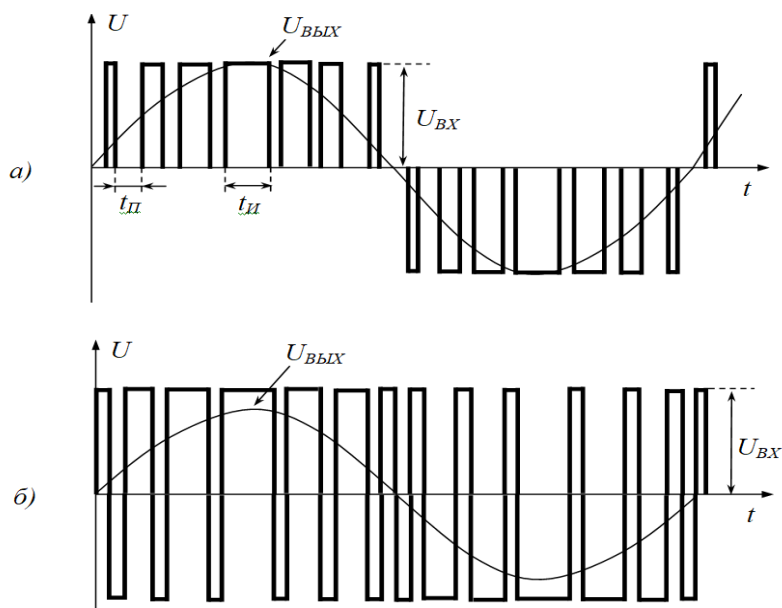


Рисунок 3 – ШИМ выходного напряжения инвертора:
однополярная (а) и двухполярная (б)

Figure 3 – PWM output voltage of the inverter: unipolar (a) and bipolar (b)

Преимущества однофазных инверторов, выполненных на двух транзисторах (рисунок 4, б, в), связаны с их повышенным значением КПД и надёжности работы за счёт упрощенной конструкции системы управления.

Как известно, в качестве опорного сигнала в системе управления инвертором с ШИМ выходного напряжения могут применяться сигналы трапецеидальной и треугольной формы. При этом расчёт напряжений и токов осуществляется по достаточно простым выражениям. К примеру, среднее и действующее значение напряжения при однополярной ШИМ:

по трапецеидальному закону:

$$U_{CP} = \frac{2}{3} U_{BX}, \quad U_D = \sqrt{\frac{2}{3}} U_{BX}, \quad (1)$$

по треугольному закону:

$$U_{CP} = \frac{1}{2} U_{BX}, \quad U_D = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{BX}, \quad (2)$$

где U_{BX} – действующее значение входного напряжения (рисунок 3).

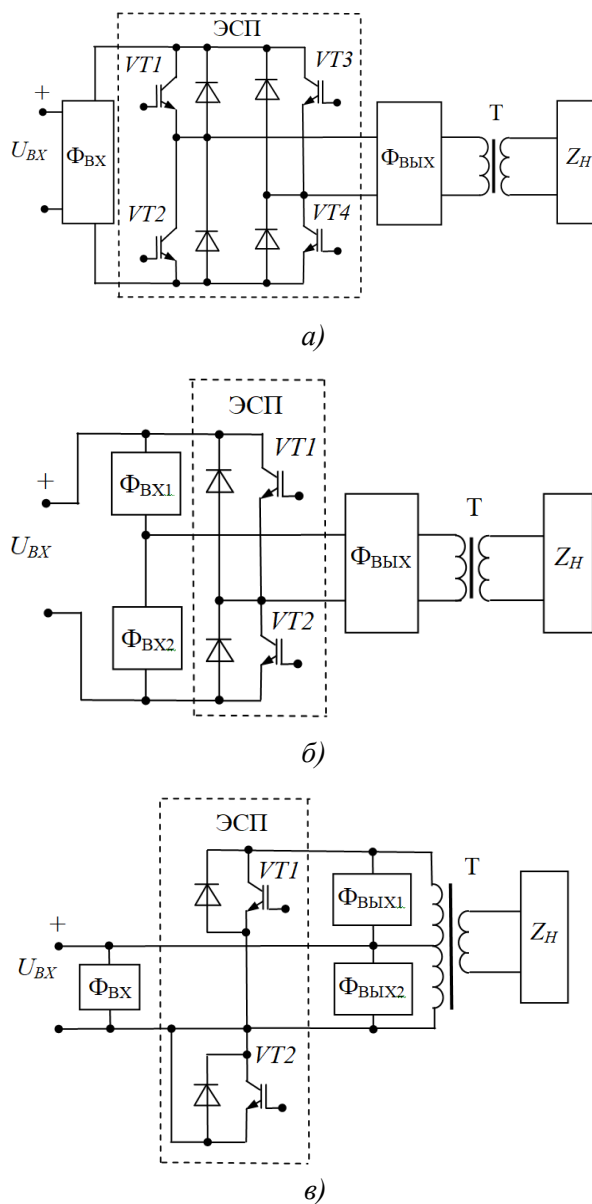


Рисунок 4 – Функциональные схемы однофазных инверторов:
мостовая схема (а); полумостовая схема (б); схема со средней точкой (в)

Figure 4 – Functional circuits of single-phase inverters: bridge circuit (a); half-bridge circuit (b); midpoint circuit (c)

Выражения (1) и (2) позволяют определить и другие необходимые для расчёта величины. При этом действующее значение тока нагрузки можно определить из выражения:

$$I_d = U_d \sqrt{\sum_{n=1}^m \left[\frac{1}{R \sqrt{1 + n^2 \operatorname{tg}^2 \varphi}} \right]^2}, \quad (3)$$

где R – активное сопротивление нагрузки; n – номер гармоники; φ – угол сдвига фаз между током и напряжением на нагрузке.

Трёхфазные схемы инверторов могут выполняться с использованием трёх однофазных инверторов, однако в этом случае усложняется система управления за счёт необходимости синхронизации работы однофазных инверторов, а также трёхфазный инвертор может быть выполнен при минимальном количестве силовых электронных приборов по мостовой схеме, содержащей 6 транзисторов и 6 обратных диодов [6, 12].

Значения фазного U_ϕ и линейного напряжения U_L трёхфазных инверторов определяются по формулам:

$$U_\phi = \frac{\sqrt{2}}{3} U_{BX} = 0,47 U_{BX}, \quad U_L = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} U_{BX} = 0,82 U_{BX}. \quad (4)$$

Основным недостатком трёхфазных мостовых схем инверторов является небольшой диапазон регулирования напряжения, в том числе при несимметричной нагрузке.

Особенностью работы трансформаторов в инверторах с ШИМ является отличие формы кривых напряжения и тока на его обмотках от синусоидальной формы. В связи с этим для расчёта трансформатора, если в схеме инвертора не применяются выходные фильтры (рисунок 4), необходимо определять действующие и средние значения напряжений и токов, используя, рассмотренные выше формулы. Для расчёта выходного фильтра инвертора одним из основных показателей является коэффициент формы K_ϕ выходного напряжения, для однополярной ШИМ его величина не зависит от числа переключений при формировании выходного напряжения и равна 1,23 и 1,41, соответственно, при использовании трапецеидального и треугольного опорного сигнала [2, 7].

Если параметры силовой части солнечных инверторов в основном оказывают влияние на КПД и надёжность работы преобразователя, то качество выходного напряжения зависит от реализуемого закона управления. Известно, что треугольный и трапецеидальный законы управления позволяют получать улучшенный спектральный состав выходного напряжения, однако системы управления, реализуемые треугольный закон строятся с минимальными аппаратными затратами, поэтому они имеют выше показатели надёжности, помехоустойчивости и потребляют меньше мощности.

При реализации различных видов ШИМ, при которых формируется синусоидальное выходное напряжение, система управления инвертором содержит следующие обязательные элементы: генератор опорного сигнала, как правило пилообразной (при равной длине импульсов управления) или треугольной формы (при разной длине импульсов управления); генератор (источник) ведущего сигнала, величина которого пропорциональна величине выходного напряжения и частоте тока нагрузке; формирователь, распределитель и усилитель импульсов.

При использовании достижений современной электроники (микропроцессорной техники) можно создавать высокоэффективные системы управления инверторами, которые способны реализовать любой алгоритм управления, обладая при этом высокой надёжностью, быстродействием и точностью.

Улучшить показатели надёжности, а также ремонтпригодности СИ и СФЭУ в комплексе можно за счёт модульного агрегатирования силовых функциональных элементов. Значительно улучшить показатели надёжности и КПД трёхфазных СИ, а также увеличить диапазон регулирования напряжения можно, если в их структуре применить однофазно-трёхфазный трансформатор с вращающимся магнитным полем (ТВМП). Однофазно-трёхфазный ТВМП может быть выполнен на базе асинхронного двигателя с фазным ротором или на базе тороидального трансформатора [9].

На рисунке 5 приведена функциональная силовая схема трёхфазного СИ, выполненная на однофазно-трёхфазном ТВМП. При этом инвертор содержит две электронные однофазные схемы преобразования ЭСП1 и ЭСП2.

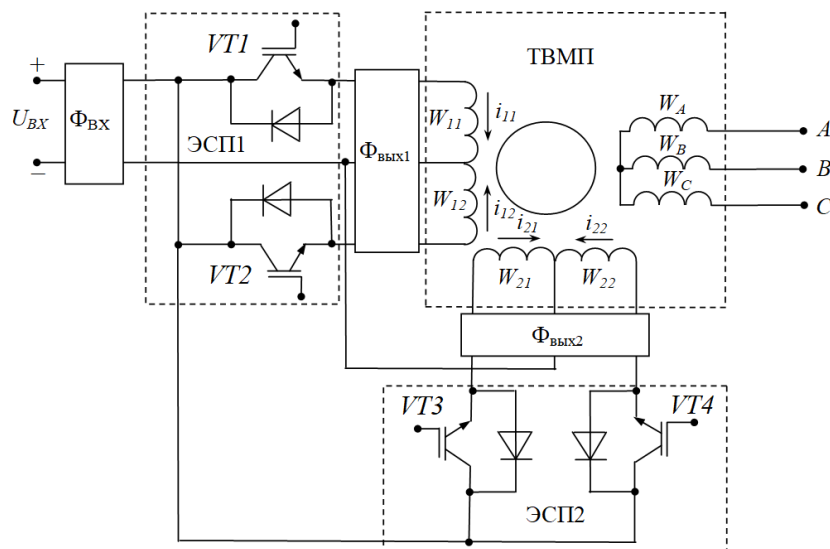


Рисунок 5 – Функциональная силовая схема трёхфазного инвертора на однофазно-трёхфазном трансформаторе с вращающимся магнитным полем

Figure 5 – Functional power circuit of a three-phase inverter on a single-phase-three-phase transformer with a rotating magnetic field

Принцип работы схемы: входное напряжение U_{BX} постоянного тока прикладывается к входам электронных схем преобразования ЭСП1 и ЭСП2. Система управления инвертором (рисунок 6) формирует импульсы управления транзисторами электронных схем таким образом, что транзисторы $VT1$ и $VT3$ включаются при формировании положительных импульсов ШИМ, а транзисторы $VT2$ и $VT4$ – отрицательных импульсов. В результате в первичных обмотках W_{11} и W_{12} , а также W_{21} и W_{22} будут протекать токи в разных направлениях. К примеру, при включении транзистора $VT1$ по первичной обмотке W_{11} будет протекать ток i_{11} , а при включении транзистора $VT2$ по первичной обмотке W_{12} будет протекать ток i_{12} , который имеет противоположное направление току i_{11} . В результате протекания токов по первичным обмоткам в магнитопроводе ТВМП возникают переменные магнитные потоки Φ_1 и Φ_2 соответственно. Эти потоки складываются, и формируется суммарный магнитный поток Φ_Σ (рисунок 7, д), который образует круговое вращающееся магнитное поле, вызывающее действие трёхфазной системы ЭДС во вторичных обмотках трансформатора W_A , W_B и W_C (рисунок 5).

Алгоритм работы системы управления (рисунок 6) по формированию управляющих импульсов транзисторов инвертора (рисунок 5):

- 1) генератор треугольного напряжения ГТН формирует опорный сигнал $u_{ГТН}$ (рисунок 7, а);
- 2) трансформаторно-выпрямительный блок ТВБ формирует ведущий сигнал u_B , пропорциональный величине выходного напряжения инвертора (рисунок 7, а);
- 3) сигналы от ГТН и ТВБ поступают на формирователь импульсов ФИ1 через фазосдвигающее устройство ФЗУ (рисунок 6) и формирователь импульсов ФИ2, что обеспечивает сдвиг управляющих импульсов $u_{ФИ1}$ относительно управляющих импульсов $u_{ФИ2}$ на угол φ_1 (рисунок 7, з);

4) когда $u_{ГТН} < u_B$ на выходах формирователей импульсов формируются управляющие импульсы $u_{ФИ1}$ и $u_{ФИ2}$ (рисунок 7, а, б);

5) при положительной полярности выходного напряжения $u_{ВЫХ}$ срабатывает датчик ДПН1, а при отрицательной ДПН2;

6) импульсы управления через логические элементы И1 и И2 усилители импульсов УИ1 и УИ2 поступают на управляющие входы транзисторов VT1 и VT2, а через логические элементы И3 и И4, усилители импульсов УИ3 и УИ4 – на управляющие входы транзисторов VT3 и VT4;

7) транзистор VT1 электронной схемы преобразования ЭСП1 и транзистор VT3 электронной схемы преобразования ЭСП2 включаются при формировании положительной полуволны выходного напряжения, а транзисторы VT2 и VT4, включаются при формировании отрицательной полуволны выходного напряжения (рисунок 7, б, в).

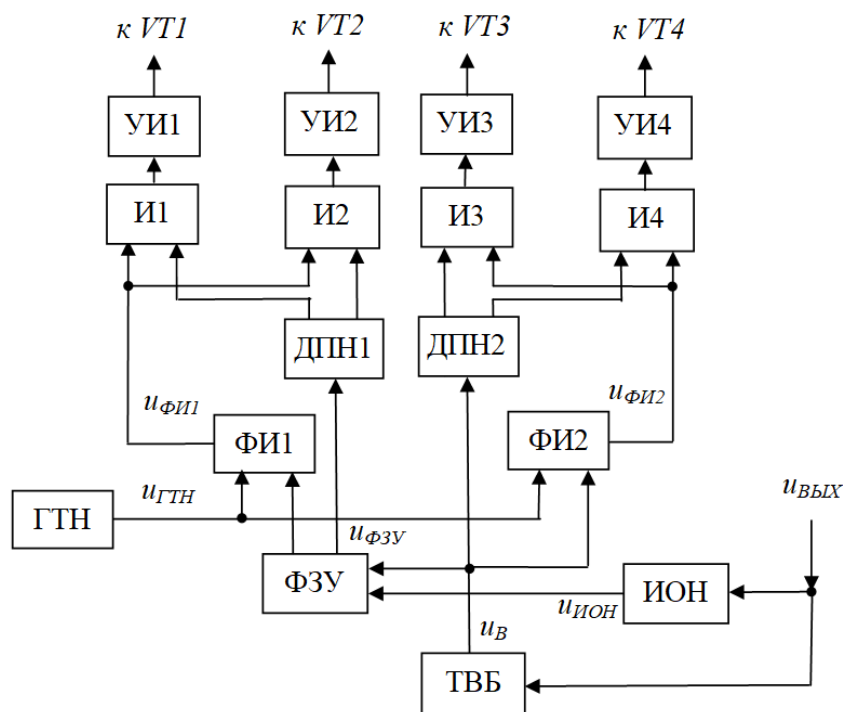


Рисунок 6 – Структурная схема системы управления трёхфазным инвертором

Figure 6 – Block diagram of the three-phase inverter control system

Стабилизация напряжения на выходе инвертора происходит следующим образом. Отклонение напряжения фиксируется измерителем отклонения напряжения ИОН (рисунок 6). К примеру, если выходное напряжение инвертора $u_{ВЫХ}$ увеличится, то сигнал отклонения $u_{ИОН}$ от блока ИОН поступает в фазосдвигающее устройство ФЗУ, в результате увеличивается угол сдвига фаз от значения φ_1 до значения φ_2 , что приведёт к уменьшению величины суммарного магнитного потока, т.е. $\Phi_{\Sigma 22} < \Phi_{\Sigma 11}$ (рисунок 7, д, е). Это приведёт к стабилизации выходного напряжения инвертора.

Рассмотренная трёхфазная схема СИ, кроме стабилизации напряжения, может работать в режиме источника переменного тока повышенной частоты 200 и 400 Гц и выше. В этом случае изменяется частота опорного сигнала системы управления преобразователем.

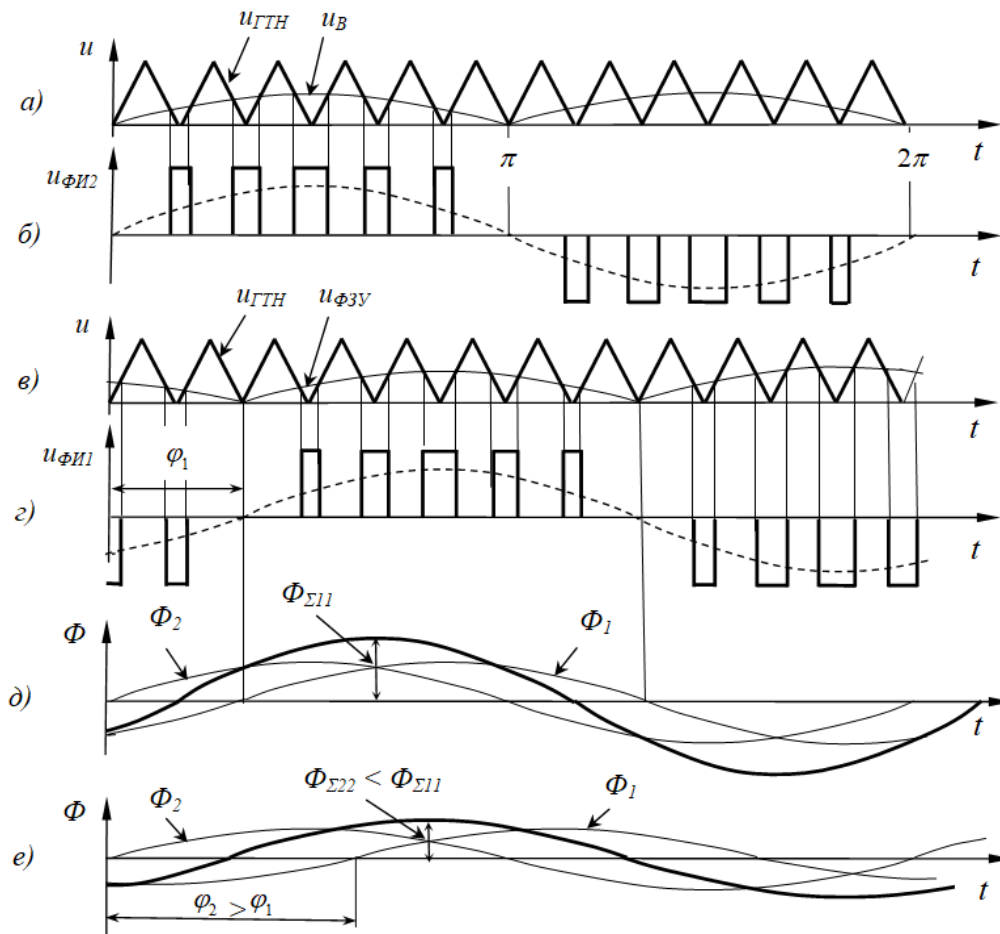


Рисунок 7 – Диаграммы напряжений, поясняющие принцип работы трёхфазного инвертора (рисунок 5)

Figure 7 – Voltage diagrams explaining the principle of operation of a three-phase inverter (Figure 5)

Выводы:

1. Рассмотренные структурно-схемные решения СИ, а также особенности их работы повысят эффективность предпроектных работ по разработке преобразователей с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками.
2. Улучшить массогабаритные показатели СИ небольшой мощности (до 5 кВт) можно за счёт применения в их структуре промежуточного высокочастотного звена с частотой тока преобразования несколько кГц, такие преобразователи должны разрабатываться с использованием реверсивных выпрямителей.
3. Улучшить эксплуатационно-технические характеристики СИ можно за счёт применения новой элементной базы, в том числе ТВМП и микропроцессорной техники в составе системы управления и защиты, а также за счёт модульного агрегатирования основных функциональных элементов.
4. Предложенное структурно-схемное решение СИ на однофазно-трёхфазном ТВМП, содержащее уменьшенное количество силовых электронных приборов, позволит повысить энергоэффективность преобразователя напряжения постоянного тока в трёхфазное напряжение переменного тока.

5. Дальнейшие исследования должны быть направлены на изучение электромагнитной совместимости основных силовых функциональных элементов СИ и СФЭУ, оптимизацию структурно-схемных решений энергетических установок с учётом требований потребителей к качеству электроэнергии и надёжности электроснабжения [8, 9].

Библиографический список

1. Ветро-солнечный генератор и его характеристики / Я. М. Кашин, Л. Е. Копелевич, И. Б. Самородов, В. А. Ким, К. З. Артеян // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». 2019. № 6. С. 201–214.
2. Капустин И. В., Лукашенко А. А. Анализ и исследование систем управления автономным инвертором напряжения // Известия ТулГУ. Технические науки. 2013. Вып.1. С. 118–125.
3. Никитенко Г. В., Коноплев Е. В., Лысаков А. А. Ветро-солнечная система электроснабжения // Сельский механизатор. 2018. № 4. С. 28–29.
4. Оценка эффективности автономных систем электроснабжения на возобновляемых источниках энергии / О. В. Григораш, А. Ю. Попов, А. Э. Коломейцев, С. Джибо // Энергосбережение и водоподготовка. 2019. № 6 (122). С. 30–34.
5. Солнечные фотоэлектрические станции: монография / Р. А. Амерханов, О. В. Григораш, И. Б. Самородов, Б. К. Цыганков, Е. В. Воробьев. Краснодар: КубГАУ, 2017. 206 с.
6. Усков А. Е. Выбор оптимального резервного источника электроснабжения // Сельский механизатор. 2022. № 1. С. 36–38.
7. Усков А. Е. Особенности обеспечения параллельной работы автономных инверторов // Университет. Наука, идеи и решения. Краснодар: КубГАУ, 2010. № 2. С. 181–183.
8. Юдаев И. В., Даус Ю. В. Солнечная электроэнергетика Юга России: имеющийся потенциал, эксплуатируемые объекты, перспективы развития // Альтернативная энергетика в регионах России «АЭР-2018». 2018. С. 45–49.
9. Юдинцев А. Г., Рулевский В. М. Система управления трёхфазным автономным инвертором с векторной широтно-импульсной модуляцией // Фундаментальные исследования. 2015. № 5 (1). С. 168–173.
10. Fault Characteristics of Distributed Solar Generation / Gefei Kou, Le Chen, Philip Van-Sant, Francisco Velez-Cedeno, Yilu Liu // IEEE Transactions on Power Delivery. 2020. V. 35. Is. 2.
11. Modeling of Photovoltaic Inverter Losses for Reactive Power Provision / R. Grab, F. Hans, M. I. Rojas Flores, H. Schmidt, S. Rogalla, B. Engel // IEEE Access. 2022. V. 10.
12. Modulation Effects on Power-Loss and Leakage Current in Three-Phase Solar Inverters / Emanuel Serban, Cosmin Pondiche, Martin Ordonez // IEEE Transactions on Energy Conversion. 2019. V. 34. Is. 1.
13. Transformer-Less Grid Feeding Current Source Inverter for Solar Photovoltaic System / Sandeep Anand, Saikrishna Kashyap Gundlapalli, B. G. Fernandes // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2014. V. 61. Is. 10.

Информация об авторах

Григораш Олег Владимирович, заведующий кафедрой электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, 13), доктор технических наук, профессор, тел. +7-918-455-48-22, e-mail: grigorasch61@mail.ru.

Воробьев Евгений Васильевич, преподаватель Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков (РФ, 350090, Краснодарский край, город Краснодар, ул. им. Дзержинского 135) кандидат технических наук, тел. +7-960-437-76-92, e-mail: voron-777@mail.ru.

Денисенко Евгений Александрович, доцент кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, 13), кандидат технических наук, тел. +7-918-454-08-76, e-mail: denisenko_88@mail.ru.

Барышев Петр Михайлович, студент факультета энергетики ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, 13), магистр, тел. +7-918-374-78-40, e-mail: petiabaryshev@mail.ru.

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF SOIL WATER REGIME ON SOYBEAN PRODUCTIVITY FOR INTERSOIL IRRIGATION

E. V. Kuznetsov¹, A. Almatar^{1,2}, A. E. Novikov^{3,4}

¹Kuban State Agrarian University, Krasnodar

²Aleppo and Euphrates University, Aleppo and Al-Hasakah, Syria

³Federal State Budget Scientific Institution the All-Russian research institute
of irrigated agriculture, Volgograd

⁴Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 10.04.2023

Submitted 29.05.2023

Summary

The article considers a new system of subsoil irrigation, including both standard tubular water distribution pipelines and original L-shaped droppers. Geometrical parameters of moisture contours were studied during soybean cultivation on soil water monomodes of 70, 80 and 90% HB. The advantage in terms of crop yield and the reduced cost of irrigation water for the production of a ton of grain of a pre-irrigation soil moisture threshold of 80% HB has been proven relative to other options for soil moisture in subsurface irrigation.

Abstract

Introduction. In the conditions of arid climate and shortage of water resources, the implementation of innovative resource-saving methods of irrigation and irrigation systems is required to obtain projected crop yields. Subsoil irrigation, despite high capital investments in construction, is characterized by rather low operating costs and economical use of irrigation water, local moistening of a given soil layer. The use of subsoil irrigation systems is justified in the cultivation of highly profitable and responsive crops. Among them, soybean occupies a special place as a raw waste-free source of food proteins, succulent and roughage, including premixes, meals, protein concentrates and isolates, and other products. A subsoil irrigation system has been developed, including both standard tubular water distribution pipelines and original L-shaped droppers. **Object.** The object of the study is the contours of soil moisture and the productivity of soybeans (variety Arleta) when cultivated on variants of the soil water regime of 70, 80 and 90% HB in a layer of 0.5 m. **Materials and methods.** The subsoil irrigation system was recreated in lysimeters. Soybeans were sown in two rows with an interval of 0.5 m at a rate of 100 pcs·lysimeter⁻¹. L-shaped droppers with a flow rate of 4 l·h⁻¹ were placed at a distance of 0.2 m from each other and at a depth of 0.1 m from the soil surface. Soil moisture was measured with a VIMS-1U instrument after watering, as well as after 12 hours, 1, 3, and 5 days. **Results and conclusion.** Availability of vegetation periods in 2021 and 2022 natural precipitation in the conditions of the city of Krasnodar can be characterized as arid and insufficient moisture with averaged hydrothermal coefficients according to G.T. Selyaninov 0.70 and 0.89, respectively. According to the results of the study of irrigation regimes, it was found that the values of the geometric parameters of the humidification circuit after the end of irrigation and within 24 hours increase, and then decrease. During the growing season of soybean plants, 28 irrigations were carried out at a rate of 110 m³·ha⁻¹ at a pre-irrigation soil moisture threshold of 90% HB, 14 irrigations at a rate of 180 m³·ha⁻¹ – at 80% HB, 10 irrigations at a rate of 220 m³·ha⁻¹ – at 70% HB. Irrigation rate for these soil water regimes was 3080, 2520 and 2200 m³·ha⁻¹. The selected optimal irrigation regime ensured the yield of grain at the level of 2.82 t·ha⁻¹, which is 1.78 and 1.38 times higher than the yield in the variants of the soil water regime at 70 and 90% HB, respectively. The reduced costs of irrigation water for the production of a ton of grain in the best option amounted to 893.6 m³, which is 498,8 and 616,2 m³ less than water consumption in the options with pre-irrigation soil moisture thresholds of 70 and 90% HB. The results achieved are explained by the biological features of the development of soybean plants and the need for water in certain phases of growth and development.

Key words: subsoil irrigation system, dripper, soil water regime, soybeans, water consumption, productivity, arid climate.

Citation. Kuznetsov Y. V., Almatar A., Novikov A. E. Evaluation of the influence of soil water regime on soybean productivity under subsoil irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 451-458 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-53.

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

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

УДК 631.674.6

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВОДНОГО РЕЖИМА ПОЧВЫ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ СОИ ПРИ ВНУТРИПОЧВЕННОМ ОРОШЕНИИ

Е. В. Кузнецов¹, доктор технических наук, профессор

А. Алматар^{1,2}, аспирант

А. Е. Новиков^{3,4}, доктор технических наук, член-корреспондент РАН

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет
им. И. Т. Трубилина», г. Краснодар

²Алеппо и Евфратский университеты, г. Алеппо, г. Эль-Хасака, Сирия

³ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия»,
г. Волгоград

⁴Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 05.04.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Актуальность. В условиях засушливого климата и дефицита водных ресурсов для получения проектных урожаев сельскохозяйственных культур требуется внедрение инновационных ресурсосберегающих способов орошения и ирригационных систем. Внутрипочвенное орошение, несмотря на высокие капиталовложения при строительстве, отличается довольно низкими эксплуатационными затратами и экономным расходом оросительных вод, локальным увлажнением заданного слоя почвы. Использование систем внутрипочвенного полива оправдано при возделывании высокорентабельных и отзывчивых на орошение культур. Среди них особое место занимает соя как сырьевой безотходный источник получения пищевых белков, сочных и грубых кормов, в том числе премиксов, шротов, белковых концентратов и изолятов, других продуктов. Разработана система внутрипочвенного орошения, включающая как типовые трубчатые водораспределительные трубопроводы, так и оригинальные капельницы Г-образной формы. Объект. Объектом исследования являются контуры увлажнения почвы и продуктивность сои (сорт Арлета) при возделывании на вариантах водного режима почвы 70, 80 и 90 % НВ в слое 0,5 м. Материалы и методы. Система внутрипочвенного орошения была воссоздана в лизиметрах. Сою высевали двумя рядами с интервалом 0,5 м нормой 100 шт./лизиметр. Капельницы Г-образной формы с расходом 4 л/час располагали на расстоянии 0,2 м друг от друга и на глубине 0,1 м от поверхности почвы. Влажность почвы измеряли прибором ВИМС-1У после полива, а также через 12 часов, 1, 3 и 5 суток. Результаты и выводы. Вегетационные периоды 2021 и 2022 гг. по обеспеченности естественными осадками в условиях г. Краснодара можно охарактеризовать как засушливый и недостаточного увлажнения с усреднёнными гидротермическими коэффициентами по Г. Т. Селянинову 0,70 и 0,89 соответственно. По результатам изучения режимов орошения установлено, что значения геометрических параметров контура увлажнения после окончания полива и в течение 24 часов увеличиваются, а далее уменьшаются. За вегетацию растений сои было проведено 28 поливов нормой 110 м³/га при предположимом пороге влажности почвы 90 % НВ, 14 поливов нормой 180 м³/га – при 80 % НВ, 10 поливов нормой 220 м³/га – при 70 % НВ. Оросительная норма для этих водных режимов почвы составила 3080, 2520 и 2200 м³/га. Подобранный оптимальный режим орошения обеспечил выход зерна на уровне 2,82 т/га, что в 1,78 и 1,38 раза превысило урожайность на вариантах водного режима почвы при 70 и 90 % НВ соответственно. Приведённые затраты оросительной воды на производство тонны зерна на наилучшем варианте составили 893,6 м³, что на 498,8 и

616,2 м³ меньше расходов воды на вариантах с предполивными порогами влажности почвы 70 и 90 % НВ. Достигнутые результаты объясняются биологической особенностью развития растений сои и потребностью в воде в определенные фазы роста и развития.

Ключевые слова: системы внутripочвенного орошения, капельницы, водный режим почвы, водопотребление сои, урожайность сои, засушливый климат.

Цитирование. Кузнецов Е. В., Алматар А., Новиков А. Е. Оценка влияния водного режима почвы на продуктивность сои при внутripочвенном орошении *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 451-458. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-53.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Соя – одна из наиболее важных белковых сельскохозяйственных культур, используемая для персонализированного питания, производства фармацевтических продуктов, комбикормов, её посевы широко распространены в США, Аргентине, Бразилии. В России посевы сои, преимущественно при поливах дождеванием и капельным способом, в основном сосредоточены в восточных и южных регионах, занимают более 3,0 млн га [4, 5, 9, 11, 14]. В последние годы в условиях сильно флуктуирующего климата и дефицита водных ресурсов особую актуальность для получения стабильно высоких урожаев сои приобрели системы внутripочвенного орошения (ВПО) [4, 12, 15].

ВПО как способ полива обеспечивает подачу оросительной воды и питательных веществ непосредственно к корням растений, а также поддержание оптимального аэрационного режима [2, 3, 7, 8]. [2, 5, 10]. Другим неоспоримым преимуществом рассматриваемой системы орошения являются экономия оросительной воды, что обусловлено отсутствием потерь на испарение, низкие эксплуатационные затраты, а также сохранение структуры почвы за счет исключения эрозионно-ирригационных процессов [2, 3].

В настоящее время существует большой интерес к совершенствованию элементов внутripочвенной оросительной сети.

В частности, одним из наиболее эффективных технических решений является применение перфорированных полиэтиленовых, снабжённых рядами капельниц, или керамических с зазором, через который поступает поливная вода, оросительных труб для очагово-сплошного увлажнения почвы [1, 5, 6]. При этом вопросы проектирования системы ВПО трубчатой конструкции с очаговыми увлажнителями с учётом их высокой капиталоемкости при строительстве требуют дополнительных исследований [11, 14].

В связи с этим цель исследования заключалась в установлении влияния очагового увлажнения почвы Г-образными капельницами системы ВПО на урожайность сои.

Материалы и методы. Система ВПО была воссоздана в специальных лотках (лизиметрах) длиной 2,7 м, шириной 1,25 м и глубиной 0,7 м. Для изоляции почвы от внешних воздействий боковые стенки и основание лизиметров выполняли из бетона. Подачу воды в систему ВПО осуществляли под постоянным давлением из бака 1. К нему через кран регулирования расхода воды 2 подключали магистральный 3 и распределительный 4 водопроводы диаметром 16 мм. Последний подаёт воду в трубы 5, уложенные на поверхности почвы, и далее через шланги 6 диаметром 5 мм в капельницы Г-образной конструкции (рисунок 1).

Лизиметры наполняли почвой, отобранной с рисовых чеков. Перед посевом сои почву рыхлили на глубину 0,1 м. Содержание гумуса в слое 0-0,5 м – 3,92 %, азота, фосфора и калия в слое 0-0,2 и 0,2-0,5 м – 0,81 и 0,72, 4,07 и 4,23, 34,7 и 28,4 мг/100 граммов, соответственно. Плотность почвы в слое 0-0,2 и 0,2-0,5 м – 1,20 и 1,34 т/м³.

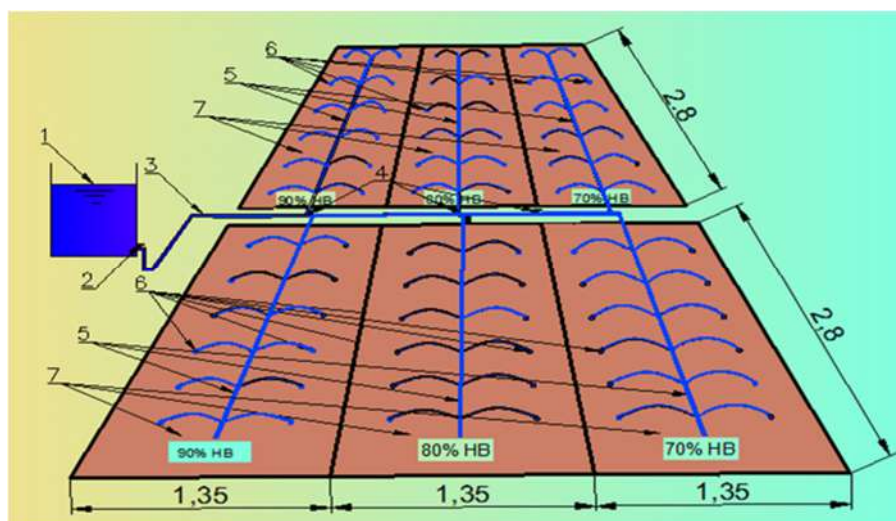


Рисунок 1 – Схема опыта в лизиметрах: 1 – бак для орошения;
2 – шаровый кран; 3 – магистральная труба; 4 – распределительная труба; 5 – поливная труба;
6 – Г-образные капельницы; 7 – грунт

Figure 1 – Scheme of experience in lysimeters: 1 – irrigation tank; 2 – ball valve; 3 – main pipe;
4 – distribution pipe; 5 – irrigation pipe; 6 – L-shaped droppers; 7 – priming

В опытах поддерживали три варианта водного режима почвы 70, 80 и 90 % НВ в слое почвы 0-0,5 м с расчетными нормами полива 110, 180 и 220 м³/га соответственно. Удобрения по всем вариантам опыта вносили по фазам роста и развития растений в дозах на заданную продуктивность.

Влажность почвы измеряли прибором ВИМС-1У после полива, а также через 12 часов, 1, 3 и 5 суток.

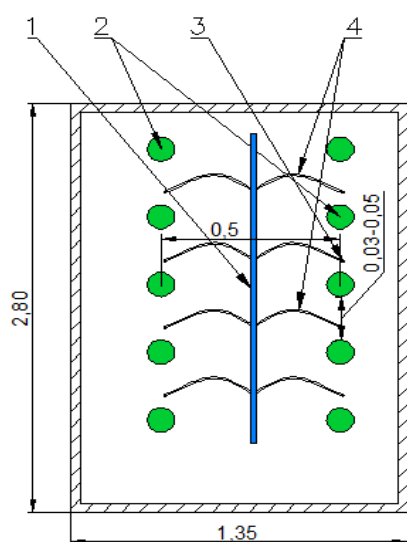


Рисунок 2 – Вид сверху лизиметра:
1 – труба орошения; 2 – соя; 3 – капельницы; 4 – шланг

Figure 2 – Top view of the lysimeter:
1 – irrigation pipe; 2 – soy; 3 – droppers;
4 – hose

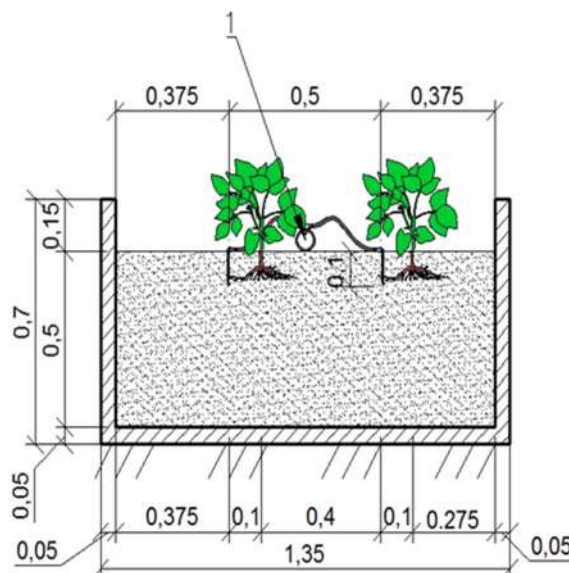


Рисунок 3 – Поперечное сечение лизиметра:
1 – поливная труба

Figure 3 – Cross section of the lysimeter:
1 – irrigation pipe

Сою (сорт Арлета) высевали двумя рядами с интервалом 0,5 м нормой 100 шт./лизиметр. Капельницы Г-образной формы расходом 4 л/час располагали на расстоянии 0,2 м друг от друга и на глубине 0,1 м от поверхности почвы (рисунки 2, 3).

Обеспеченность района исследования естественными осадками за рассматриваемый период (2021-2022 гг.) с температурой более 10 °С оценивали по гидротермическому коэффициенту K_{gt} :

$$K_{gt} = \frac{10 \sum P}{\sum T},$$

где $\sum P$ – сумма осадков, мм; $\sum T$ – сумма температур, °С.

Результаты и обсуждение. Анализ агрометеорологических данных вегетационных периодов (таблица 1) показывает неравномерное распределение осадков с июля по сентябрь. К примеру, июль 2021 года был крайне засушливым и характеризовался $K_{gt} = 0,33$, а август и сентябрь – с недостаточным увлажнением $K_{gt} = 0,84-0,93$. В 2022 году распределение осадков с июля по сентябрь было более равномерным, $K_{gt} = 0,70-1,11$. В целом вегетационные периоды наблюдений 2021 и 2022 годов можно охарактеризовать как засушливые и с усреднёнными K_{gt} 0,70 и 0,89 соответственно. По сумме положительных температур ($\approx 2123-2261$ °С) посевы сои были достаточно обеспечены теплом для полного вызревания.

Таблица 1 – Агрометеорологические данные г. Краснодар

Table 1 – Agrometeorological data for Krasnodar

Показатель / Index	2021			2022		
Месяцы / Months	июль / July	август / August	сентябрь / September	июль / July	август / August	сентябрь / September
$\sum P$, мм / mm	27	74	55	63	90	40
Среднесуточная температура воздуха / Average daily air temperature, °C	26,2	25,6	20,4	23,7	26,3	19,1
$\sum T$, °C	811,7	794	655,4	735,4	814,1	573,2
K_{gt}	0,33	0,93	0,84	0,86	1,11	0,70

По результатам наблюдений за динамикой влажности почвы при ВПО получены контуры увлажнения (рисунок 4). Установлено, что отношение площади контура увлажнения к поперечному сечению площади лизиметра для водного режима почвы 90 % НВ, после полива, через 12 часов, 1, 3 и 5 суток составляет 72,56, 87,17, 96,03, 40,5 и 12,11 % соответственно.

Для водного режима почвы 80 и 70 % НВ отношение площадей для тех же временных периодов составили 82,02, 94,87, 98,43, 46,76, 14,66 % и 89,35, 97,41, 99,92, 51,66, 23,69 % соответственно. Таким образом, доказано, что геометрический контур увлажнения после окончания полива и в течение 24 часов увеличивается, а далее уменьшается.

Водный режим почвы является одним из основных урожаеобразующих факторов для сои в засушливых условиях (таблица 2).

За вегетационные периоды с учётом расчётных поливных норм было проведено (усреднённые данные) 28 поливов при предполивном пороге влажности почвы 90 % НВ, 14 поливов – при 80 % НВ, 10 поливов – при 70 % НВ. Оросительная норма для этих водных режимов почвы составила 3080, 2520 и 2200 м³/га. Наилучшая всхожесть семян на уровне 94 % была отмечена при предполивном пороге влажности почвы 80 % НВ против 80 и 89 % на вариантах водного режима почвы 70 и 90 % НВ соответственно. Подобранный оптимальный режим внутрипочвенного увлажнения почвы обеспечил

формирование урожая зерна на уровне 2,82 т/га, что в 1,78 и 1,38 раза превысило урожайность на вариантах водного режима почвы при 70 и 90 % НВ соответственно. Таким образом, приведённые затраты оросительной воды на производство тонны зерна на наилучшем варианте составили 893,6 м³, что на 498,8 и 616,2 м³ меньше расходов воды на вариантах с предполивными порогами влажности почвы 70 и 90% НВ.

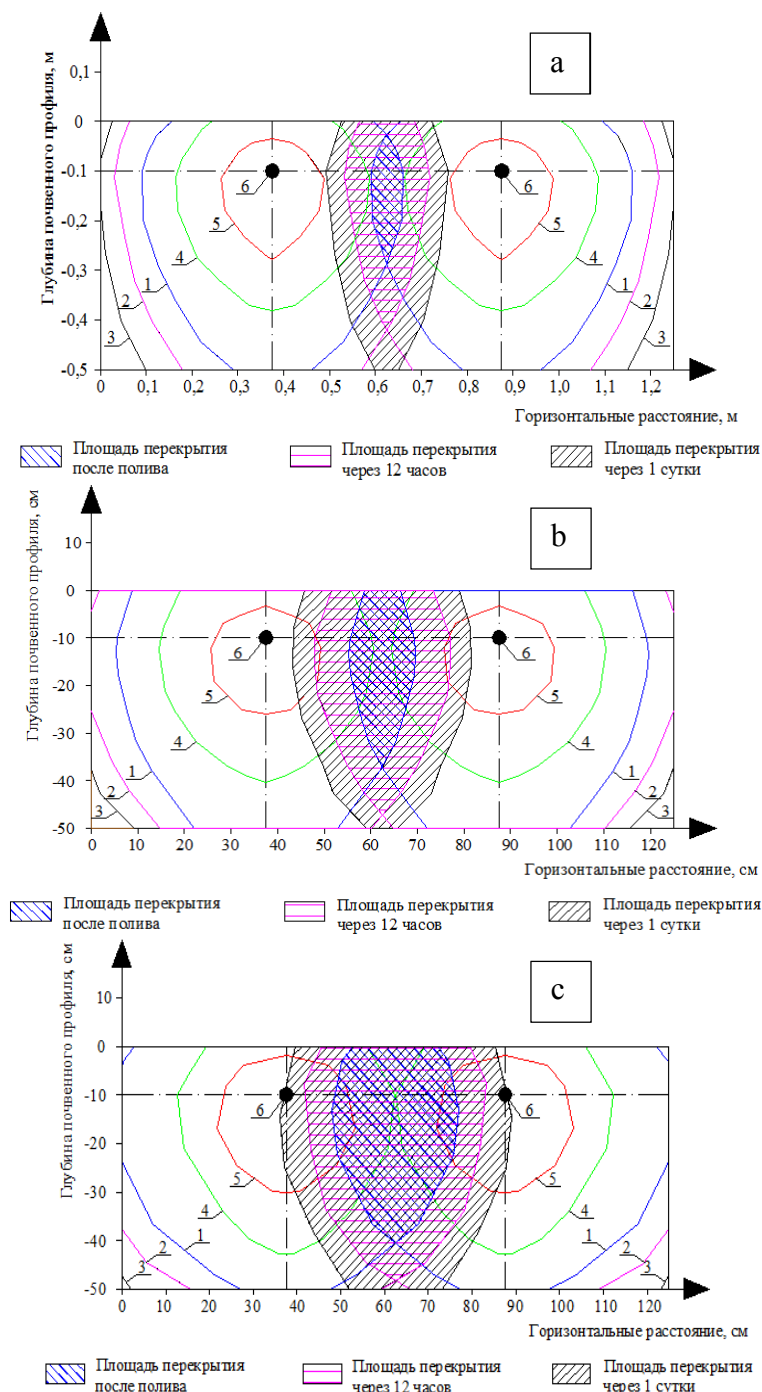


Рисунок 4 – Контуры увлажнения почвы при ВПО: а – 90% НВ; б – 80% НВ; в – 70% НВ; 1, 2, 3, 4, 5 – после полива, через 12 часов, 1, 3 и 5 суток соответственно; 6 – Г-образные капельницы
Figure 4 – Contours of soil moistening during HPO: а – 90% НВ; б – 80% НВ; в – 70% НВ; 1, 2, 3, 4, 5 – after watering, after 12 hours, 1, 3 and 5 days, respectively; 6 – L-shaped droppers

Таблица 2 – Оценка эффективности режима орошения

Table 2 – Evaluation of the effectiveness of the irrigation regime

Водный режим почвы / Water regime soil	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate m ³ ·ga ⁻¹	Всхожесть семян / Seed germination, %	Урожайность, т/га / yield, t·ga ⁻¹	Приведённые затраты оросительной воды, м ³ /т / Reduced costs of irrigation water, m ³ ·t ⁻¹
90 % НВ	3080	89	2,04	1509,8
80 % НВ	2520	94	2,82	893,6
70 % НВ	2200	80	1,58	1392,4

Выводы. Система внутripочвенного орошения с капельницами Г-образной формы, установленными на глубине 0,1 м от поверхности почвы, обеспечивает эффективное формирование контуров увлажнения заданного слоя и, соответственно, оптимальный водный режим почвы в прикорневой зоне растений для получения стабильно высоких урожаев даже в засушливых условиях климата.

Библиографический список

1. Абдуллоев М., Абдуллоев М. М. Экспериментально-демонстрационный полигон «подпленочно-внутripочвенное капельное орошение» // Вестник Технологического университета Таджикистана. 2015. № 1 (24). С. 5-14.
2. Ахмедов А. Д. Расчет допустимых длин увлажнителей при строительстве систем внутripочвенного орошения в зависимости от уклона местности // Известия НВ ВУК. 2017. № 4 (48). С. 221-228.
3. Ахмедов А. Д. Метод определения основных параметров системы внутripочвенного орошения // Известия НВ АУК. 2018. № 3 (51). С. 275-283.
4. Балакай Г. Т., Селицкий С. А. Урожайность сортов сои при поливе дождеванием и системами капельного орошения в условиях Ростовской области // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2019. № 3 (35). С. 80-97.
5. Головин В. Л., Носовский В. С., Вишневская В. Д. Особенности технических и технологических решений развития мелиорации земель Дальнего востока // Природообустройство. 2019. № 5. С. 6-20.
6. Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е., Куртнезирев А. Н. Повышение эффективности орошения в составе инвестиционного проекта адаптированной земельно-охранной системы // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2015. № 52. С. 206-211.
7. Мембранная технология подготовки животноводческих стоков для их утилизации в орошаемом земледелии / М. И. Филимонов, А. Е. Новиков, А. Б. Голованчиков [и др.] // Орошаемое земледелие. 2019. № 1. С. 52-55.
8. Новиков А. Е., Шевченко В. А., Филимонов М. И. Моделирование процессов центрифугирования и ультрафильтрации стоков животноводческих // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина». 2019. № 3 (91). С. 27-35.
9. Оптимизация основных параметров трубчатых оросительных систем / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, С. В. Тронеv [и др.] // Известия НВ АУК. 2018. № 2 (50). С. 303-309.
10. Терпигорев А. А., Грушин А. В., Гжибовский С. А. Технологии и техника микроорошения локальных систем // Техника и оборудование для села. 2017. № 11. С. 22-26.
11. Технологические схемы обеспечения эффективности систем капельного и внутripочвенного орошения / А. С. Овчинников, В. С. Бочарников, М. П. Мещеряков [и др.] // Известия НВ АУК. 2017. № 1 (45). С. 170-175.
12. Тильба В. А., Тишков Н. М. Биология сои: возможности оптимизации отдельных производственных процессов // Масличные культуры: научно-технический бюллетень ВНИИМК. 2016. Вып. 3 (167). С. 78-87.

13. Урожайность сортов сои различных групп спелости при естественном плодородии почвы в условиях орошения / О. Г. Шабалдас, К. И. Пимонов, Л. В. Трубачева [и др.] // Земледелие. 2020. № 3. С. 41-44.

14. Ходяков Е. А., Милованов С. Г. Совершенствование конструкции системы внутрипочвенного орошения // Известия НВ АУК. 2018. № 1 (49). С. 269-275.

15. Development of the Water Management Complex by Increasing Water Availability of Small Watercourses of the Krasnodar Territory / A. Khadzhide, I. Boukhanef, L. Motornaya [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. V. 575. P. 282-289.

Информация об авторах

Кузнецов Евгений Владимирович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой гидравлики и сельскохозяйственного водоснабжения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13)
E-mail: dtn-kuz@rambler.ru ORCID: 0000-0003-0524-8390

Алматар Анас, аспирант, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13)
E-mail: anas.engineer1988@gmail.com ORCID: 0000-0001-5946-5230

Новиков Андрей Евгеньевич, д-р техн. наук, член-корреспондент РАН, директор, федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, Россия, г. Волгоград, уд. им. Тимирязева, 9); заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (400005, Россия, г. Волгоград, пр. им. В.И. Ленина, 28). E-mail: ae_novikov@mail.ru ORCID: 0000-0002-8051-4786

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-54

CREATING A DIGITAL PROCESS MODEL PACKAGES AND ASSEMBLY FOR REPAIR PRODUCTION

O. A. Leonov, N. Zh. Shkaruba, L. A. Grinchenko, D. A. Pupkova

Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow

Received 02.04.2023

Submitted 29.05.2023

Summary

The article has devoted to solving the urgent task of introducing digital technologies and increasing the level of digitalization of repair production. A digital model of the assembly process has been developed by the method of complete interchangeability in IDEF0 and BPMN notations. Further ways of using simulation modeling with the use of built models in repair production have determined.

Abstract

Introduction. Digital transformation is one of the most important directions in the development of a modern enterprise. The introduction of digital technologies allows the enterprise to achieve a higher level of labor productivity, cooperation, quality control, support and predictability of production results. Thanks to this, there is an opportunity for a radical increase in profits, competitiveness and the overall market value of the enterprise. Digitalization of production implies a transition to new process models and production tools based on information technology. At present, digital modeling of business processes is becoming an integral stage in the harmonious development and growth of a modern enterprise. Modeling business processes using modern IT approaches is the most important reserve for improving the efficiency and reliability of manufacturing enterprises and organizations. Thus, studies aimed at creating digital models of real production processes, including the processes of a repair enterprise, are relevant and allow solving the problem of introducing digital technologies and increasing the level of digitalization of production. The purpose of the research is to form a digital model of the process based on the synthesis of the process of completing and assembling the internal combustion

engine of a repair enterprise. **Object.** The object of research is the process of assembly by the method of complete interchangeability. The subject of the study is the sequence and interaction of actions and events, inputs, outputs, resources and control mechanisms within the framework of the process under study. **Materials and methods.** A theoretical study of the process of assembly of internal combustion engines had carried out using the methods of analyzation and synthesis. The design of the context diagram and decomposition of the assembly process for the repair of internal combustion engines had carried out in the notations IDEF0 (Function Modeling) and BPMN (Business Process Model and Notation). **Results and Conclusions.** A digital BPMN model of the process of completing and assembling internal combustion engines by the method of complete interchangeability has been developed. The possibilities and necessary conditions for improving the configuration and assembly by the simulation method are determined.

Key words: *picking and assembly, interchangeability, digital model, BPMN, IDEF0, repair shop processes.*

Citation. Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Grinchenko L. A., Pupkova D. A. Creating a digital process model packages and assembly for repair production. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 458-466 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-54.

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 629.083

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА КОМПЛЕКТАЦИИ И СБОРКИ ДЛЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

О. А. Леонов, доктор технических наук, профессор

Н. Ж. Шкаруба, доктор технических наук, доцент

Л. А. Гринченко, ассистент

Д. А. Пупкова, ассистент

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва

Дата поступления в редакцию 02.04.2023

Дата принятия к печати 29.05.2023

Актуальность. Цифровая трансформация – одно из важнейших направлений развития современного предприятия. Внедрение цифровых технологий позволяет достичь предприятию более высокого уровня производительности труда, кооперации, контроля качества, поддержки и прогнозируемости результатов производства. Благодаря этому появляется возможность кардинального повышения прибыли, конкурентоспособности и общей рыночной стоимости предприятия. Цифровизация производства подразумевает переход на новые модели процессов и инструменты производства, основанные на информационных технологиях. В настоящее время неотъемлемым этапом гармоничного развития и роста современного предприятия становится цифровое моделирование бизнес-процессов. Моделирование бизнес-процессов с помощью современных ИТ-подходов является важнейшим резервом для повышения эффективности и надежности производственных предприятий и организаций. Таким образом, исследования, направленные на создания цифровых моделей реальных производственных процессов, в том числе и процессов ремонтного предприятия, являются актуальными и позволяют решить задачу внедрения цифровых технологий и повышения уровня цифровизации производства. Цель исследований – на основании синтеза процесса комплектации и сборки ДВС ремонтного предприятия сформировать цифровую модель процесса. **Объектом исследования** является процесс комплектации и сборки методом полной взаимозаменяемости. Предмет исследования – последовательность и взаимодействие действий и событий, входы, выходы, ресурсы и механизмы управления в рамках исследуемого процесса. **Материалы и методы.** Теоретическое исследо-

вание процесса комплектации и сборки ДВС проводилось с использованием методов анализа и синтеза. Проектирование контекстной диаграммы и декомпозиций процесса комплектации и сборки при ремонте двигателей внутреннего сгорания проводилось в нотациях IDEF0 (Function Modeling) и BPMN (Business Process Model and Notation). **Результаты и обсуждение.** Разработана цифровая модель BPMN процесса комплектации и сборки ДВС методом полной взаимозаменяемости. Определены возможности и необходимые условия совершенствования комплектации и сборки методом имитационного моделирования.

Ключевые слова: цифровые модели производства, BPMN, IDEF0, процессы ремонтно-монтажного предприятия, ремонтное производство.

Цитирование. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Гринченко Л. А., Пупкова Д. А. Создание цифровой модели процесса комплектации и сборки для ремонтного производства. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 458-466. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-54.

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. Цифровизация является актуальным трендом в различных сферах жизни и производства. Без внедрения современных цифровых технологий ни одна отрасль, ни одно производство не сможет развиваться и конкурировать как внутри страны, так и на мировом рынке. Цифровизация производства подразумевает переход на новые модели процессов и инструменты производства, основанные на информационных технологиях [17].

В настоящее время неотъемлемым этапом гармоничного развития и роста современного предприятия становится цифровое моделирование бизнес-процессов. Моделирование бизнес-процессов с помощью современных ИТ-подходов является важнейшим резервом для повышения эффективности и надежности производственных предприятий и организаций [13, 16].

При моделировании производственных процессов широко применяются такие нотации, как IDEF0 [4, 5] и BPMN [18]. В зависимости от вида процесса можно сделать вывод о применимости к его модели различных способов анализа и информатизации [1].

Нотация IDEF0 простая и понятная, но имеет ограниченное применение как с точки зрения описания сложных процессов, так и дальнейшей цифровизации процесса. Поэтому целесообразно использовать эту нотацию для описания процессов верхнего уровня, где нет необходимости в детальной регламентации отдельных видов деятельности в рамках данного процесса.

Использование BPMN в качестве нотации для моделирования бизнес-процессов является мощным и современным инструментом. Нотация BPMN широко применяется для проектирования сложных технологических процессов [3, 8], так как имеет ряд преимуществ, позволяющих использовать визуальную модель не только в качестве пояснения к инструкциям и регламентам, но и осуществлять на их основе имитационное моделирование.

Таким образом, исследования, направленные на создание цифровых моделей реальных производственных процессов, в том числе и процессов ремонтного предприятия, являются актуальными и позволяют решить задачу внедрения цифровых технологий и повышения уровня цифровизации производства.

Цель исследований – сформировать цифровую модель процесса комплектации и сборки ДВС для ремонтного предприятия.

Объектом исследования является процесс комплектации и сборки методом полной взаимозаменяемости.

Предмет исследования – последовательность и взаимодействие действий и событий, входы, выходы, ресурсы и механизмы управления в рамках исследуемого процесса.

Материалы и методы. Для проектирования процесса комплектации и сборки при ремонте ДВС использовались нотации IDEF0 (Function Modeling – метод функционального моделирования), нотация BPMN (Business Process Model and Notation – система условных обозначений (нотация) и их описания в XML для моделирования бизнес-процессов), с помощью которых построены контекстная диаграмма и ее декомпозиции.

Результаты и обсуждение. Капитальный ремонт двигателя – это сложный технологический процесс, включающий несколько этапов: разборка двигателя, очистка деталей, дефектация деталей, ремонтно-восстановительные работы, комплектация и сборка, обкатка и испытания отремонтированного двигателя. Также целесообразно выделить такие этапы, как входной контроль и хранение запасных частей, утилизация деталей и материалов. Для наглядного представления капитального ремонта ДВС с позиций процессного подхода составим его модель в нотации IDEF0 (рисунок 1), определим основные атрибуты процесса: входы, выходы, регуляторы и ресурсы. Входами процесса являются: двигатель, требующий капитального ремонта (неисправный), запчасти и комплектующие, поступающие от поставщика. Выход процесса – отремонтированный (восстановленный) двигатель, сопроводительная документация (протоколы испытаний, гарантийные документы и т.п.), а также детали и материалы для утилизации. Регуляторы процесса – технические требования на капитальный ремонт, внутренняя и внешняя нормативная документация предприятия (ГОСТы, методические указания, инструкции, приказы и распоряжения).

Как видно из диаграммы (рисунок 1), комплектация и сборка находятся практически на завершающей стадии капитального ремонта двигателя, поэтому ошибки, допущенные при проведении комплектации и сборки, могут не только негативно сказаться на эксплуатационных характеристиках двигателя, но и обесценить работы, проведенные на предыдущих этапах.

Входом для процесса комплектации и сборки являются новые детали, детали с допустимым износом и восстановленные детали. Выход процесса комплектации и сборки агрегатов – собранный двигатель и детали, отбракованные в данном процессе. Те из отбракованных деталей, которые подлежат восстановлению, отправляют в ремонт, а неисправимый брак отправляют на склад металлолома для утилизации. Запрос на новые детали формируется в случае, когда при определении номенклатуры необходимых деталей восстановленных деталей и деталей с допустимым износом недостаточно.

Далее проведем декомпозицию процесса комплектации и сборки (рисунок 1) и составим цифровую модель процесса в нотации BPMN. При организации процессов комплектации и сборки главным фактором является метод сборки, так как именно он определяет порядок проводимых сборочных операций. Для обеспечения точности сборки ремонтными предприятиями используется множество различных методов, одними из них являются методы взаимозаменяемости, разделяемые на методы полной взаимозаменяемости, неполной и групповой. Все они обеспечивают четкость и простоту организации сборки. Отличительной чертой полной взаимозаменяемости являются суженные поля допусков и необходимость в высокоточной обработке деталей, что позволяет соединять любые детали без дополнительных работ. При неполной или частичной взаимозаменяемости для определенного процента комплектующих деталей, назначаемого заранее, допускаются работы по подгонке и подбору. Групповая же взаимозаменяемость характеризуется расширением полей допусков собираемых деталей за счет сортировки их на заданные размерные группы при комплектации. В рамках проводимых исследований будет разработана модель для комплектации и сборки методом полной взаимозаменяемости.

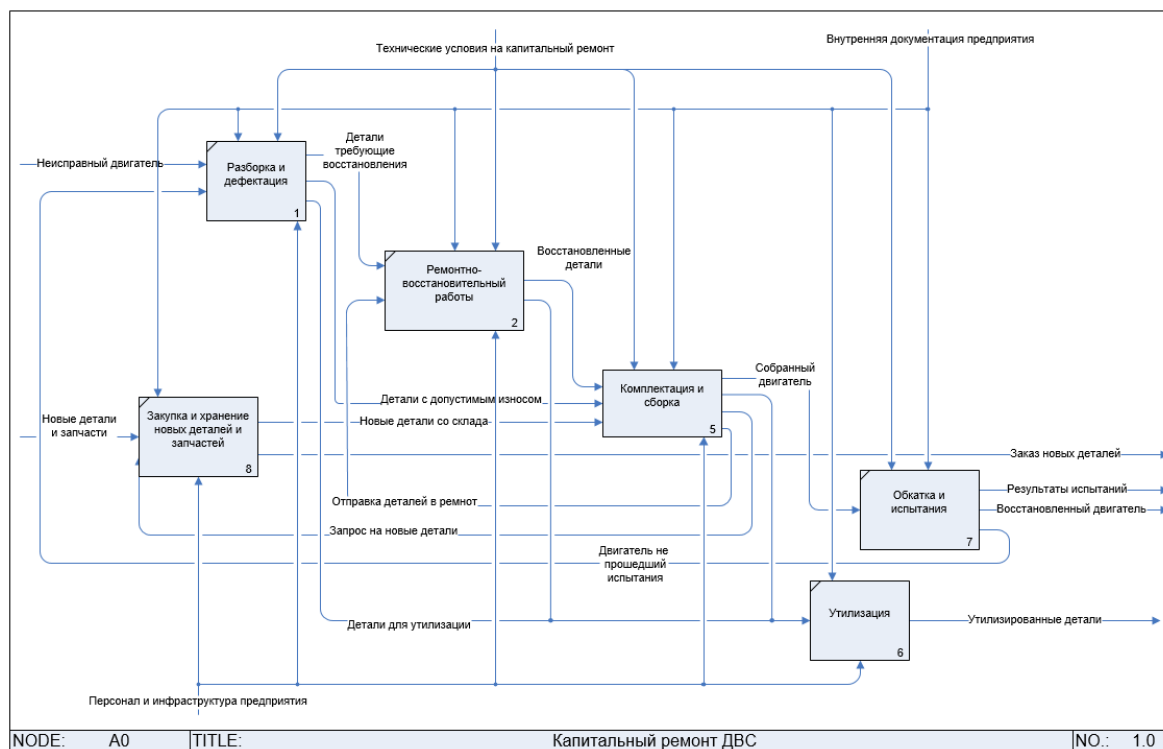


Рисунок 1 – Модель процесса капитального ремонта ДВС в нотации IDEF0

Figure 1 – ICE overhaul process model in notation IDEF0

Для создания модели процесс сборки методом полной взаимозаменяемости определены: входы, выходы, ресурсы и механизмы процесса, а также взаимодействие по входам и выходам с производственной системой. Процесс был разбит на отдельные действия и определены события по процессу (стартовое, промежуточные и конечное).

Стартовым событием для проектируемого процесса является поступление деталей в сборочный цех (комплектовочный участок). Новые детали заказываются предприятием у поставщиков в случаях, когда часть деталей восстанавливаемого двигателя являются неремонтопригодными и нуждаются в замене. На ремонтных предприятиях регулярно возникают ситуации, когда на комплектацию и сборку поступают запчасти и комплектующие из разных и независимых друг от друга источников. Такая ситуация оказывает значительное влияние на качество комплектации и сборки и, как следствие, в целом на качество ремонтного процесса. Поэтому важным является создание на ремонтном предприятии эффективной системы верификации запасных частей и комплектующих [6]. Кроме этого, отличительной особенностью ремонтного процесса является наличие на сборочной операции изношенных и восстановленных деталей, которые поступают от «выхода» процессов дефектации и ремонтно-восстановительных работ. Из этого следует, что необходимо особое внимание уделять качеству процесса дефектации изношенных деталей [12, 14] и его метрологическому обеспечению [7, 15]. Совокупность мероприятий по повышению качества дефектации, верификации запасных частей, комплектации и сборки оказывает положительное влияние на уровень качества ремонта в целом, что в конечном итоге снижает потери от внутреннего и внешнего брака на ремонтном предприятии [9, 10].

Модель комплектации и сборки в нотации BPMN представлена на рисунке 3. В модели отражены:

- стартовое, конечные и промежуточные события процесса;

- шлюзы, определяющие слияние и разделение потоков операций в рамках процесса;
- движение материальных объектов, использующихся и создающихся в процессе.

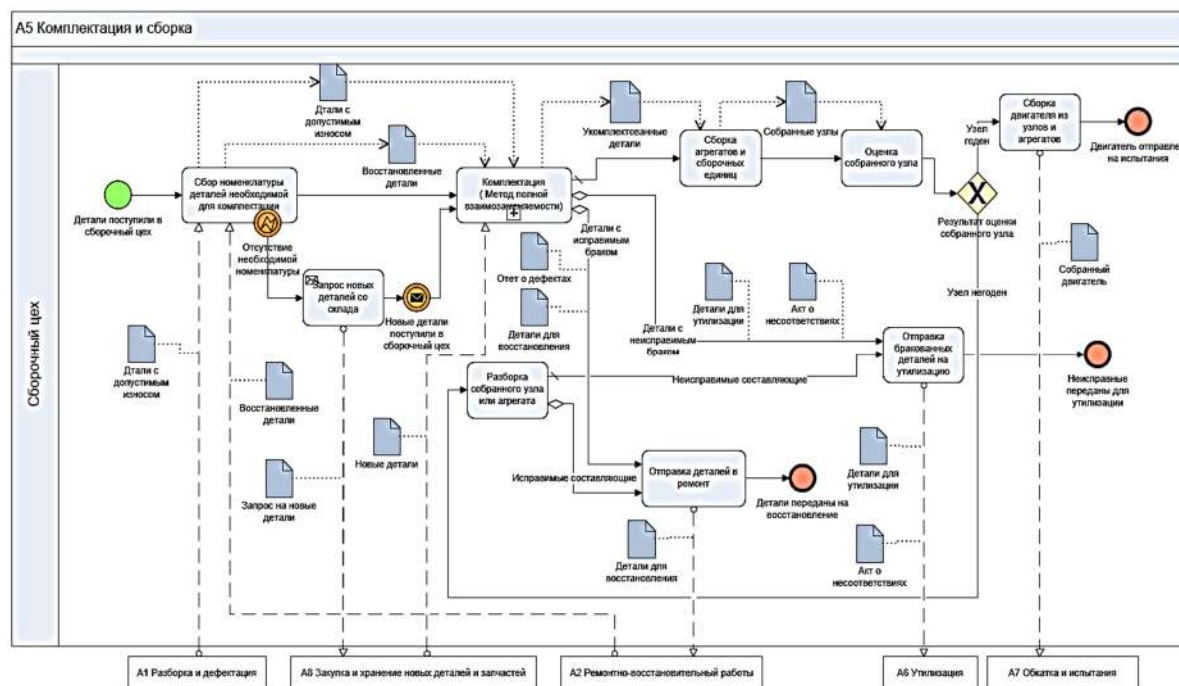


Рисунок 2 – Модель процесса комплектации и сборки в нотации BPMN

Figure 2 – Model of the picking and assembly process in notation BPMN

В процессе комплектования детали сортируют по типам: на «Вал» и «Отверстие», для последующей оценки их характеристик. Детали с характеристиками, соответствующими техническим требованиям, называют годными, и из них впоследствии формируют сборочные комплекты. Поскольку в рассматриваемом случае применяется метод полной взаимозаменяемости, подобранные комплекты сразу направляются на сборку, что обеспечивается испытаниями, проведенными на предшествующих этапах, отсеивающих детали, с допусками недостаточной точности, из-за чего необходимость в дополнительной обработке деталей отпадает.

У деталей с несоответствиями оценивается степень брака, и в случае когда выявлен исправимый брак, такие детали отправляют в ремонт для исправления – восстановления с составлением отчета об обнаруженных дефектах, после чего они могут допускаться для сборки в следующем цикле. Те детали, брак которых оценен как неисправимый, отправляются на склад металлолома для утилизации с составлением акта о несоответствиях, в котором подробно описаны дефекты и возможные причины.

После завершения комплектации укомплектованные детали и пары передаются для сборки. Собранные узлы оценивают с позиции годности их применения для последующей сборки двигателя, куда их непосредственно передают в случае, если результаты оценки успешны. При обнаружении неисправностей узлы разбираются, а составляющие их детали в зависимости от степени брака отправляют в ремонт или на склад металлолома для утилизации. Из годных узлов и агрегатов собирается двигатель, который далее отправляется на обкатку и испытания.

Модель процесса комплектования методом полной взаимозаменяемости также построена в нотации BPMN и представлена на рисунке 3.

Вывод. Таким образом, определены основные характеристики процесса комплектации и сборки при ремонте двигателей, разработана цифровая модель процесса в нотациях IDEF0 и BPMN. Определены дальнейшие пути применения имитационного моделирования с применением построенных моделей в ремонтном производстве.

Библиографический список

1. Артамонов И. В. Особенности применения алгоритмического подхода к моделированию бизнес-процессов // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2018. № 2. С. 5-11.
2. Верификация требований к имитационной модели производственного предприятия / Т. К. Кравченко, Н. И. Голов, А. В. Фомин, А. Ю. Липатников // Бизнес-информатика. 2018. № 2 (44). С. 65-78.
3. Гуреев А. А. Совершенствование управления процессами при реконструкции объектов на основе прорывной технологии моделирования бизнес-процессов // Качество. Инновации. Образование. 2020. № 2 (166). С. 96-100.
4. Зарубин С. Г., Деев К. А. Разработка процессной модели цифрового машиностроительного производства // СТИН. 2017. № 3. С. 2-7.
5. Коваленко Н. В., Финогеева В. Е. Современные аспекты моделирования бизнес-процессов предприятий металлургической отрасли с использованием стандарта IDEF0 // Экономический вестник Донбасского государственного технического университета. 2019. № 1. С. 18-24.
6. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Вергазова Ю. Г. Дефектация валов и шестерен с позиции обеспечения качества соединений при ремонте редукторов сельхозмашин // Агроинженерия. 2022. Т. 24. № 4. С. 48-52.
7. Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж. Нормирование погрешности косвенных измерений при приёмо-сдаточных испытаниях двигателей // Измерительная техника. 2022. № 8. С. 23-27.
8. Маторин С. И., Михелев М. В. Применение алгебраического аппарата для эффективного моделирования бизнес-процессов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016. № 2 (223). С. 108-113.
9. Нормирование допускаемой погрешности измерения массы при контроле деталей шатунно-поршневой группы / М. Н. Ерохин, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, П. В. Голицинский, У. Ю. Антонова // Вестник машиностроения. 2021. № 9. С. 40-44.
10. Оценка внешнего брака на предприятиях машиностроения / Г. И. Бондарева, Г. Н. Темасова, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Вестник машиностроения. 2021. № 11. С. 93-96.
11. Применение табличного алгоритма для верификации моделей бизнес-процессов / А. Г. Ивашко, А. В. Григорьев, А. А. Кропотин, О. Е. Овсянникова // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2013. № 7. С. 202-213.
12. Разработка алгоритма верификации запасных частей при ремонте машин / Г. И. Бондарева, О. А. Леонов, Н. Ж. Шкаруба, Ю. Г. Вергазова // Сельский механизатор. 2022. № 10. С. 27-29.
13. Шендрикова О. О., Елфимова И. Ф. Исследование процессов цифровизации промышленных предприятий. Организатор производства. 2019. Т. 27. № 1. С. 16-24.
14. Шкаруба Н. Ж. Влияние погрешностей измерения на результаты разбраковки при дефектации деталей машин // Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 2. С. 41-43.
15. Шкаруба Н. Ж., Леонов О. А. Обоснование допускаемой погрешности измерений при контроле отклонений формы и расположения поверхностей деталей // Вестник машиностроения. 2020. № 12. С. 42-45.
16. Applying the theory of business processes re-engineering within the creation of the Uniform information space of the enterprise / G. G. Kulikov, T. K. Gindullina, V. N. Kapustin, M. S. Demchenko // Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics. 2022. Vol. 22. No 4. P. 109-118.
17. Kheifetz M. L. Design of mechatronic engineering systems in digitalized traditional and additive manufacturing // Journal of Advanced Materials and Technologies. 2021. Vol. 6. No 1. P. 18-29.
18. Lopes T., Guerreiro S. Assessing business process models: a literature review on techniques for BPMN testing and formal verification // Business Process Management Journal. 2023. No 29. P. 133-162.

Информация об авторах

Леонов Олег Альбертович, д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой «Метрология, стандартизация и управление качеством», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), e-mail: oaleonov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8469-8052>; Scopus Autor ID: 57209748174; Researcher ID: ABC-5873-2020, tel.: +79166825656

Шкаруба Нина Жоровна, докт. техн. наук, доцент, профессор кафедры «Метрология, стандартизация и управление качеством», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), e-mail: shkaruba@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2770-8442>; Scopus Autor ID: 57210255441; ResearcherID: AAF-6340-2019, tel.: +79166062359.

Гринченко Лаврентий Александрович, аспирант, ассистент кафедры «Метрология, стандартизация и управление качеством», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), e-mail: agrinchenko@rgau-msha.ru, tel.: +79055335537.

Пупкова Дарья Александровна, аспирант, ассистент кафедры «Метрология, стандартизация и управление качеством», Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), e-mail: bogolyubova@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0273-2796>; ResearcherID: AAD-6559-2022, tel.: +79261022290.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-55

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF THE DEHYDRATOR FOR THE IMPLEMENTATION OF CONVECTIVE DRYING OF MOISTURE-CONTAINING FOODS

E. N. Neverov, I. A. Korotkiy, A. K. Gorelkina, A. E. Zadesenets

Kemerovo State University, Kemerovo, Russia

Received 28.03.2023

Submitted 15.05.2023

The research was conducted on the equipment of the Research Equipment Sharing Center of Kemerovo State University, agreement No. 075-15-2021-694 dated August 5, 2021, between the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka) and Kemerovo State University (KemSU) (contract identifier RF----2296.61321X0032)

Summary

This article is devoted to a comprehensive study of the parameters of the dehydrator for the implementation of convective drying of moisture-containing food products. It is noted that for the implementation of convective drying it is necessary to maintain two main processes - uniform temperature distribution in the drying volume and the constancy of the distribution rate of the drying agent. The characteristic features of the drying cabinet are singled out and described, as well as the process of air distribution inside the dehydrator chamber and the measurement of temperature fields throughout the entire working volume. As a result of a technical study, the dependences of the flow rate of the drying agent were established. On the basis of research, the dependences of temperatures on the time of drying both with and without the product and their influence on a uniform temperature field are revealed.

Abstract

Introduction. The study of dehydration processes is one of the important directions of the development of technologies of the agro-industrial complex. At the same time, special attention should be paid to the latest developments in the field of equipment for drying agricultural products, as well as energy-saving processes used in this area. The expansion and improvement of qualitative drying processes is essential in the production of plant raw materials, which leads to an increase in production and an increase in the quality of the resulting product. **An object.** The object of research is a RAWMID oven and samples of extra class bananas. **Materials and methods.** The research was carried out in the «Scientific and Educational Center of the Department of Heat and Cooling Engineering» of Kemerovo State University using the equipment of the KemSU Collective Use Center. **Results and conclusion.** The obtained thermograms of the temperature distribution in the working volume of the drying chamber indicate a fairly uniform temperature distribution in the working volume of the chamber, but there are deviations of the order of 10 ° C at 40, 50 and 60 ° C, and

at 70 ° C the temperature value does not reach the set value. There is a fairly uniform increase in temperature, both in the chamber and inside the product during the drying process, which is controlled by chromel-copel thermocouples. An uneven distribution of the drying agent inside the chamber was revealed due to the presence of stagnant zones in which the air velocity does not exceed 0.1 m/s and well-blown zones in the working volume of the chamber, the air velocity in them exceeds 1.0 m/s, which significantly reduces the efficiency of the drying process due to uneven heating of the product by heated drying agent and leads to complication of the design of the device in the maintenance of the mechanism for moving trays with the product. Based on visual inspection, it should be noted that the finished product is in no way inferior to the product produced using mass production. The residual humidity in the finished product is no more than 30%, which has a positive effect on the quality characteristics and significantly increases the shelf life of the finished product. These studies have a complex of technological research in the field of drying plant products and can be recommended for use as technological solutions in the agro-industrial complex.

Key words: *convective drying, uniform temperature distribution, constancy of the temperature field, technological parameters of the dehydrator, uniform drying.*

Citation. Neverov E. N., Korotkiy I. A., Gorelkina A. K., Zadesenets A. E. Investigation of the parameters of the dehydrator for the implementation of convective drying of moisture-containing foods. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 466-479 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-55.

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

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

УДК 664.854

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ДЕГИДРАТОРА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ ВЛАГОСОДЕРЖАЩИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

Е. Н. Неверов, доктор технических наук, профессор
И. А. Короткий, доктор технических наук, профессор
А. К. Горелкина, доктор технических наук, профессор
А. Е. Задесенец, магистрант

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово

Исследования проведены с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием КемГУ в рамках соглашения № 075-15-2021-694 от 05.08.2021, заключенного между Министерством науки и высшего образования Российской Федерации и федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кемеровский государственный университет» (уникальный идентификатор контракта RF----2296.61321X0032)

Дата поступления в редакцию 28.03.2023

Дата принятия к печати 15.05.2023

Актуальность. Изучение процессов дегидратации является одним из важных направлений развития технологий агропромышленного комплекса. При этом особое внимание стоит уделять новейшим разработкам в сфере оборудования для сушки продуктов АПК, также как и энергосберегающим процессам, применяемым в данной области. Расширение и улучшение качественных процессов сушки является неотъемлемым при производстве растительного сырья, что ведет к увеличению производства и повышению качества получаемого продукта. **Объект.** Объектом исследований является сушильный шкаф фирмы RAWMID и образцы бананов класса экстра. **Материалы и методы.** Исследования проводились в «Научно-образовательном центре кафедры «Теплохладотехника» Кемеровского государственного университета с использованием оборудования Центра коллективного пользования КемГУ. **Результаты и выводы.** Полу-

ченные термограммы распределения температур в рабочем объеме сушильной камеры свидетельствуют о достаточно равномерном распределении температур в рабочем объеме, но присутствуют отклонения порядка 10 °С при 40, 50 и 60 °С, а при 70 °С значение температуры не достигает заданного. Наблюдается достаточно равномерный рост температуры как в камере, так и внутри продукта в процессе сушки, контроль которой произведен хромель-копелевыми термопарами. Выявлено неравномерное распределение сушильного агента внутри камеры, связанное с наличием застойных зон, скорость воздуха в которых не превышает 0,1 м/с, и хорошо обдуваемых зон в рабочем объеме камеры, скорость воздуха в них превышает 1,0 м/с, что значительно снижает эффективность процесса сушки из-за неравномерного прогрева продукта нагретым сушильным агентом и приводит к усложнению конструкции аппарата введением механизма перемещения лотков с продуктом. На основании визуального контроля следует отметить, что готовый продукт ничем не уступает продукту, произведенному при помощи серийного производства. Остаточная влажность в готовом продукте составляет не более 30 %, что положительно сказывается на качественных характеристиках и значительно увеличивает срок хранения готового продукта. Приведенные исследования обладают комплексом технологических исследований в области сушки растительной продукции и могут быть рекомендованы для использования в качестве технологических решений в агропромышленном комплексе.

Ключевые слова: конвективная сушка, равномерное распределение температур, постоянство температурного поля, технологические параметры дегидрататора, равномерная сушка, дегидрататоры.

Цитирование. Неверов Е. Н., Короткий И. А., Горелкина А. К., Задесенец А. Е. Исследование параметров работы дегидрататора для реализации конвективной сушки влагосодержащих пищевых продуктов. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 466-479. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-55.

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. Сушка является энергетическим процессом удаления из сырья влаги. Сырые фрукты и овощи, высушенные до более низкой влажности, имеют более длительный срок хранения, но должны быть упакованы во влагозащищенную тару. Процесс сушки в пищевой промышленности можно разделить на две стадии. Первой стадией является нагрев продукта, затем происходит испарение свободной влаги из межклеточных пространств между его поверхностью и свободной зоной [3, 4, 6, 12] По мере испарения влаги с поверхности она перемещается от центра к периферии. В это время важно, чтобы температура сушки была равна скорости испарения воды с поверхности и скорости переноса влаги из внутренних слоев. В противном случае на поверхности объекта сушки может образоваться корка, препятствующая процессу сушки, а влага из более глубоких слоев может вызвать изменение сенсорных свойств и разрушение биологически активных веществ.

Во втором периоде связанная влага испаряется. Температура сушки должна быть увеличена, так как скорость испарения воды с поверхности уменьшается, а температура внутри продукта во время этой фазы увеличивается [10, 13-15].

Конвективная сушка широко используется в технологии переработки сельскохозяйственной продукции. Сушка является достаточно трудоемкой и энергоёмкой операцией. В настоящее время существует большое количество способов сушки пищевого сырья и их главное отличие между собой заключается в способе удаления влаги из продукта. Сушильные камеры имеют различные режимы работы, поэтому важным требованием к ним является равномерное распределение температуры в

объеме. Это необходимо для стабилизации пространственных и временных характеристик сушильной камеры и обеспечения синхронной сушки продуктов или материалов, распределенных в рабочем объеме. Геометрические характеристики сушильной камеры могут сделать невозможным равномерное распределение сушильного агента в рабочем объеме [2, 4]. Это особенно верно в случае конвективной сушки, когда воздух принудительно перемещается внутри объема. Пространственная формализация температурного поля в рабочем объеме сушильной камеры позволяет спроектировать технологический процесс таким образом, чтобы обеспечить равномерность сушки продуктов, распределенных внутри рабочего объема, при отсутствии равномерного распределения температуры в сушильном агрегате.

Конвективная сушка является самым распространенным способом сушки и используется как в промышленных целях, так и в бытовых. Главным отличием от других типов сушилок является простота конструкции и передача тепла высушиваемому объекту за счет энергии нагретого сушильного агента: воздуха или парогазовой смеси [5, 7-9, 11, 16, 17].

Цель работы. Цель настоящего исследования заключалась в определении технологических особенностей работы дегидрататора RAWMID Modern RMD-10 и изучение процесса сушки с изменением температуры в объекте.

Задачи. Для исследования параметров работы сушильного шкафа и процесса сушки пищевых продуктов были поставлены следующие задачи:

- определить геометрические и технологические параметры дегидрататора;
- исследовать поле температур в рабочем объеме дегидрататора при различных температурных режимах эксплуатации;
- исследовать поле скоростей в рабочем объеме дегидрататора;
- определение эффективности сушки продукта, а именно изменение температуры внутри продукта и его массы во время проведения сушки.

Материалы и методы. Используемый для исследований дегидрататор RAWMID Modern RMD-10 имеет ряд особенностей, таких как широкий диапазон установки температуры, от 35 °C до 70 °C с шагом изменения температуры 5 °C, что дает возможность получения сухофруктов с сохранением всех полезных веществ; равномерное распределение сушильного агента по всему объёму камеры для достижения равномерного процесса сушки. Габаритные размеры представлены на рисунке (рисунок 1).

Забор воздуха осуществляется через вентиляционное окно вентилятором, расположенным в задней стенке, а выход воздуха обеспечивается за счет щелеобразных отверстий, расположенных сверху дегидрататора и одного прямоугольного отверстия, находящегося с левой стороны лицевой дверцы (рисунок 1). Электронагревательные элементы расположены за крыльчаткой вентилятора для равномерного нагрева поступающего воздуха. Используемая технология сушки в данном аппарате и его конструкция на основе вышеперечисленных факторов может не обеспечить равномерного нагрева и распределения воздуха, что в значительной мере определяет процесс сушки.

Для определения поля температур использовали хромель-копелевые термоэлектрические преобразователи, стационарно установленные в рабочем объеме дегидрататора (рисунок 2).

В состав измерительного комплекса также входил восьмиканальный ПИД - регулятор ТРМ148, преобразователь интерфейса АС-4, а также персональный компьютер с установленным специализированным программным обеспечением OWEN Process Manager.

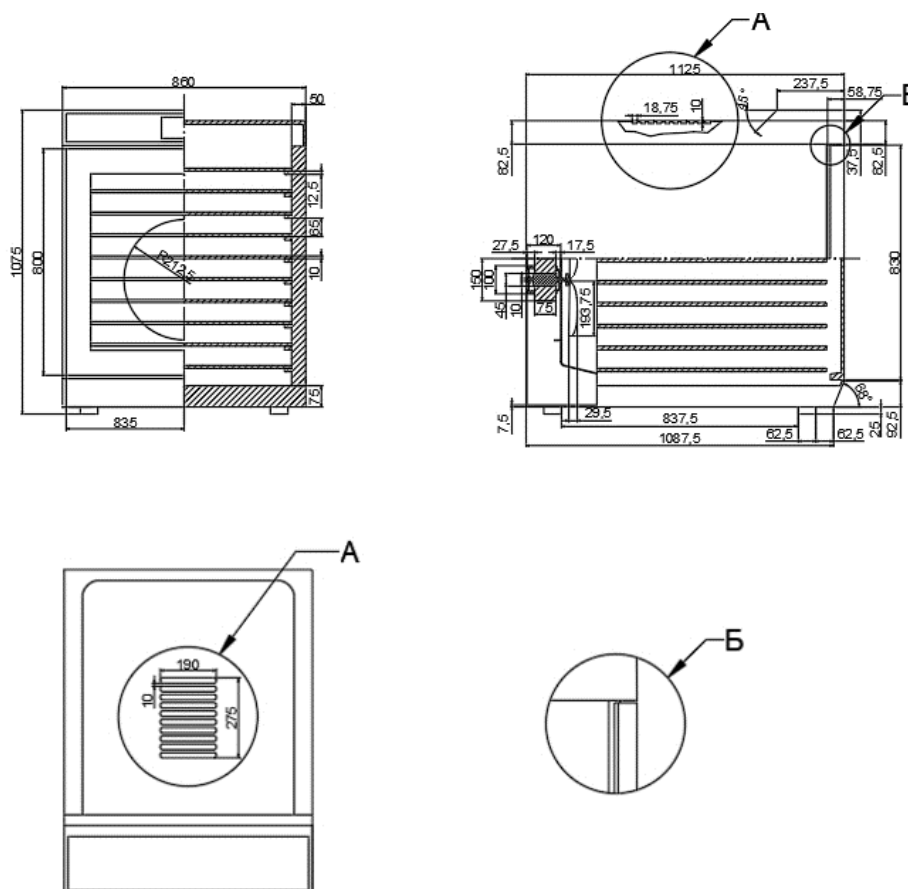


Рисунок 1 – Чертеж дегидрататора в разрезе:

А – щелеобразные отверстия для выхода воздуха расположенные сверху дегидрататора
Б – Прямоугольное отверстие для выхода воздуха расположенное с левой стороны лицевой двери дегидрататора

Figure 1 – Drawing of the dehydrator in section:

A – slit-like air outlet holes located at the top of the dehydrator B – rectangular air outlet located on the left side of the front door of the dehydrator

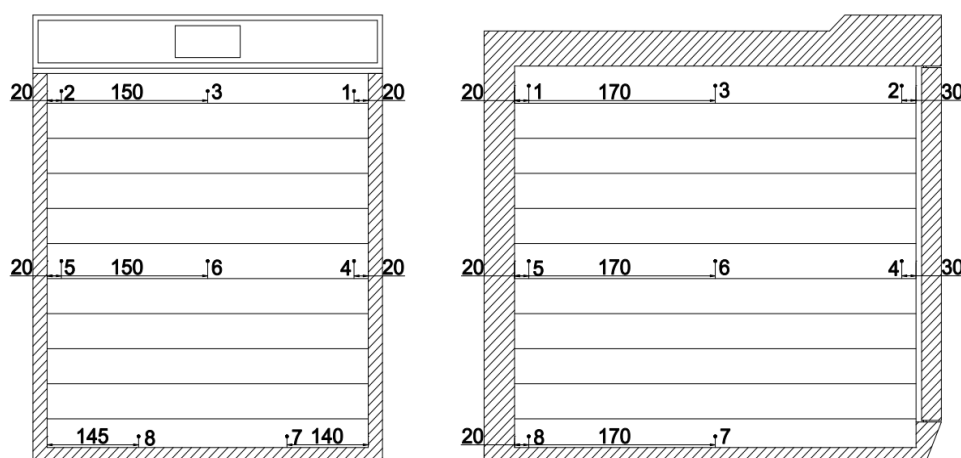


Рисунок 2 – Схема расположения термопар по рабочему объему камеры дегидрататора

Figure 2 – Diagram of the location of thermocouples in the working volume of the dehydrator chamber

Для проведения эксперимента были установлены хромель-копелевые термоэлектрические преобразователи по всему рабочему объему дегидрататора (рисунок 1). После этого посредством термоэлектрических преобразователей проводится контроль температуры с записью получаемых данных в память компьютера до выхода сушильного шкафа на заданный температурный режим, который составлял 40 °С. После выхода дегидрататора на стационарный режим работы он отключается до выравнивания температуры в рабочем объеме с температурой окружающей среды. Затем повторяли исследования при других заданных температурных режимов в рабочем объеме дегидрататора. Всего было исследовано 4 температурных режимов работы дегидрататора – 40 °С, 50 °С, 60 °С и 70 °С.

На основе показаний с термопар строится график зависимости (рисунок 6) температуры в разных частях камеры от времени проведения эксперимента. На графике показаны линии температуры в камере сушильной установки, а именно в центре, по верхним и нижним углам камеры, задней и передней стенки для снятия среднеобъемной температуры.

Следующим этапом для определения работы сушильной установки были исследованы параметры скорости воздуха.

Для проведения эксперимента был использован измерительный комплекс, который включал в себя: крыльчатый анемометр RELEON, для снятия показаний скорости воздуха в ходе проведения замеров, компьютер с установленной программой RELEON LITE для получения и фиксации показаний, снятых с анемометра, программа Mathcad для обработки полученных данных и построения графических матриц скоростей воздуха.

Для проведения эксперимента была изготовлена система фиксации и позиционирования анемометра в одном положении и осуществления замеров с закрытой крышкой дегидрататора. После фиксации анемометр ставился в различных точках сушильной камеры для получения объемных значений скорости воздуха. Скорость воздуха замеряется по двум координатным осям, а именно по оси Z (рисунок 3) на удалении 5, 10, 15, 20, 25 и 30 см от задней стенки камеры, в которой находится непосредственно вентилятор с электронагревательными элементами, и по оси Y (рисунок 4) на удалении 6, 12, 18, 24, 30 и 36 см от пола дегидрататора по направлению вверх. Все данные фиксируются, после чего происходит переход к следующему режиму работ.

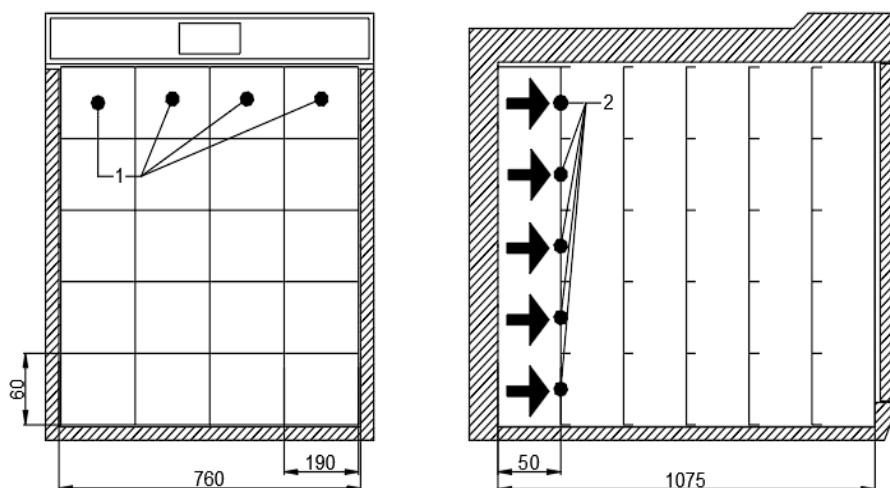


Рисунок 3 – Схема расположения анемометра при замерах скорости воздуха в рабочем объеме дегидрататора по оси Z:

1 – расположение анемометра на виде спереди; 2 – расположение анемометра на виде сбоку

Figure 3 – The layout of the anemometer when measuring the air velocity in the working volume of the dehydrator on the Z axis:

1 – the location of the anemometer in the front view; 2 – location of the anemometer on the side view

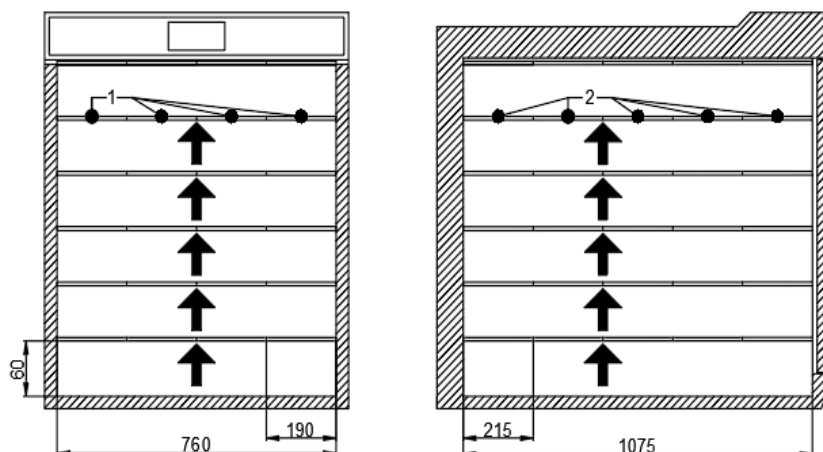


Рисунок 4 - Схема расположения анемометра при замерах скорости воздуха в рабочем объеме дегидрататора по оси Y:

1 – расположение анемометра на виде спереди; 2 – расположение анемометра на виде сбоку

Figure 4 – The layout of the anemometer when measuring the air velocity in the working volume of the dehydrator along the Y axis: 1 – the location of the anemometer in the front view; 2 – the location of the anemometer in the side view

План эксперимента заключительной части исследования для изучения процесса сушки с контролем изменения температуры и массы бананов, подвергаемых процессу сушки, построен на основе изложенной методики и не противоречит полученным авторами данным, основанным на кинетических параметрах, которые отображаются через кривые сушки чеснока и представляют зависимости влагосодержания от времени сушки конвекцией [4, 5].

После того, как определили изменение температуры в пустом дегидрататоре, следующим направлением явилось определение температуры бананов при различных положениях термодпар и режимах работы сушильного шкафа.

Бананы, выбранные для процесса сушки, – это удлиненные, съедобные плоды – ботанические ягоды. Бананы вырастают крупные – до 250 грамм каждый, и в связке бывает до 7 ягод. Они имеют насыщенный желтый цвет, плотную кожуру, обычно имеют удлиненную и изогнутую форму с мягкой мякотью. Мякоть бананов светло-желтая, сочная, сладкая на вкус. Мякоть бананов очень богата крахмалом, а также она имеет пониженное содержание сахаров и очень большое количество витаминов. Калорийность у бананов довольно высокая – 94,5 ккал на 100 грамм.

Сушка бананов также обоснована, как и сушка любых фруктов и овощей. Она позволяет значительно увеличить срок годности продукта, при этом не теряются полезные вещества и витамины, также в значительной мере позволяет уменьшить затраты на транспортировку бананов. Кроме того, сушеные бананы или банановые чипсы представляют собой пищевой продукт с достаточно широким диапазоном возможного применения в пищевой технологии [12].

В исследованиях использованы бананы, соответствующие ГОСТ Р 51603-2000 класса экстра. Плоды имели следующие геометрические характеристики: наибольший поперечный диаметр (3-4 см), длина не менее 20 см, количество плодов в кисти от 4 до 8 штук. Следующий этап заключается в удалении кожуры у бананов и нарезании продукта на слайсы толщиной по 5мм при помощи кухонного слайсера, после чего полученные слайсы размещались на поддоны и поочередно располагались в дегидрататоре. Для получения данных были использованы 8 термодпар, 7 из которых находились в продукте, а одна – вне продукта. Схема расположения термодпар представлена на рисунке 5.

Исследование конвективного способа сушки пищевых продуктов, основанного на материале [1], являлось заключительной частью исследования и показало зависимости изменения массы продукта от продолжительности сушки, которые представлены на диаграмме 9. Контроль масс проводили через каждые 30 минут.

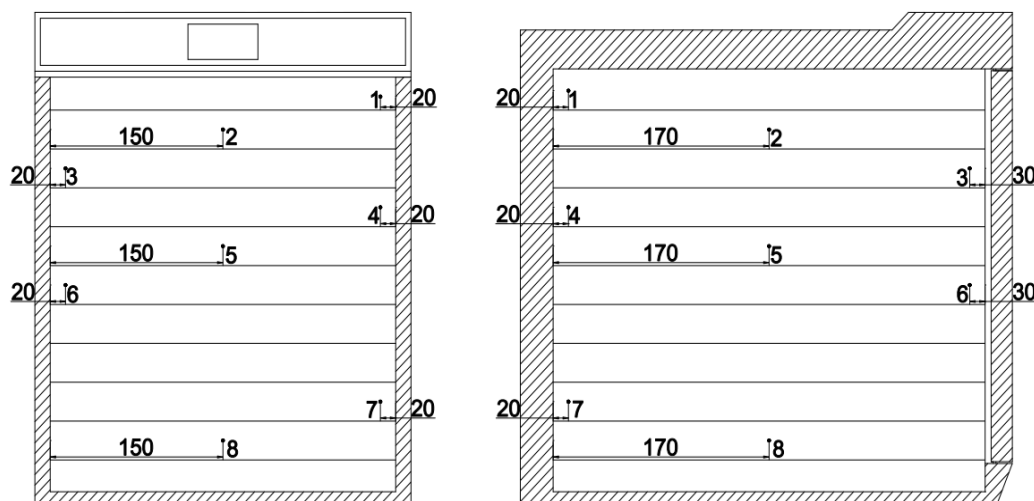


Рисунок 5 – Схема расположения термопар в сушильной камере с продуктом

Figure 5 – Arrangement of thermocouples in the drying chamber with the product

Результаты и обсуждение. На первом этапе работы было исследовано распределение температуры в рабочем объеме дегидрататора без продукта. После проведения замеров по полученным данным строились термограммы, приведенные на рисунке 6.

На полученном графике наглядно видно, что в первые 3 минуты работы дегидрататора температура оставалась неизменной. Спустя 6 минут с начала измерений температура достигла своего максимума, можно сделать вывод о том, что максимальная температура отличается от заданной в среднем на 5 °С. Дальше замечен резкий спад температуры, что говорит об отключении нагревающих тэнов. Вентилятор работает без нагрева в течение 30 секунд, после чего включается нагревающий элемент и далее цикл повторяется. Аналогичные исследования были произведены для температур 50, 60 и 70 °С. Графики представлены на рисунке 6. Для 50 и 60 °С графики не имеют особых отличий, а при 70 °С не было замечено перепадов температуры, что можно объяснить работу дегидрататора при постоянном нагреве ТЭНов. Для выявления погрешности в измерениях была проведена градуировка термопар и все отклонения были учтены при построении графиков.

Представленные на рисунке 6 термограммы распределения температур в рабочем объеме дегидрататора свидетельствуют в целом о достаточно равномерном поле температур в сушильном агрегате. Неравномерность показаний датчиков температур составила для термопар 2÷8 в пределах 4÷5 °С. Только термопара 1, расположенная в застойной зоне (в переднем правом верхнем углу), выбивалась из показаний других термопар в среднем на 7 °С в большую сторону. Таким образом, для равномерного процесса сушки следует в течение продолжительности процесса (6÷12 часов) один, два или три раза поменять лотки местами.

Основываясь на представленных исследованиях [9], где при конвективном способе сушки система дифференциальных уравнений в частных производных дополняется условиями неоднозначности в виде граничных условий третьего рода и для описания динамики процесса используются уравнения, изложенные в [6]. Основной характеристикой процесса

сушки была выбрана скорость движения воздуха в рабочем объеме камеры. Для проведения сравнений использованы полученные решения характеристических уравнений в системе Maple 9.5. Приведенное исследование подтвердило пригодность применения данного метода для оценки конвективного способа сушки. В связи с чем проведенные исследования по сушке бананов и полученные скорости движения воздуха в заданных координатах рабочего объема сушильной камеры были обработаны в программе Mathcad, что позволило получить на выходе объемные поля скоростей распределения воздуха, привязанные к системе координат рабочего объема камеры (рисунок 7).

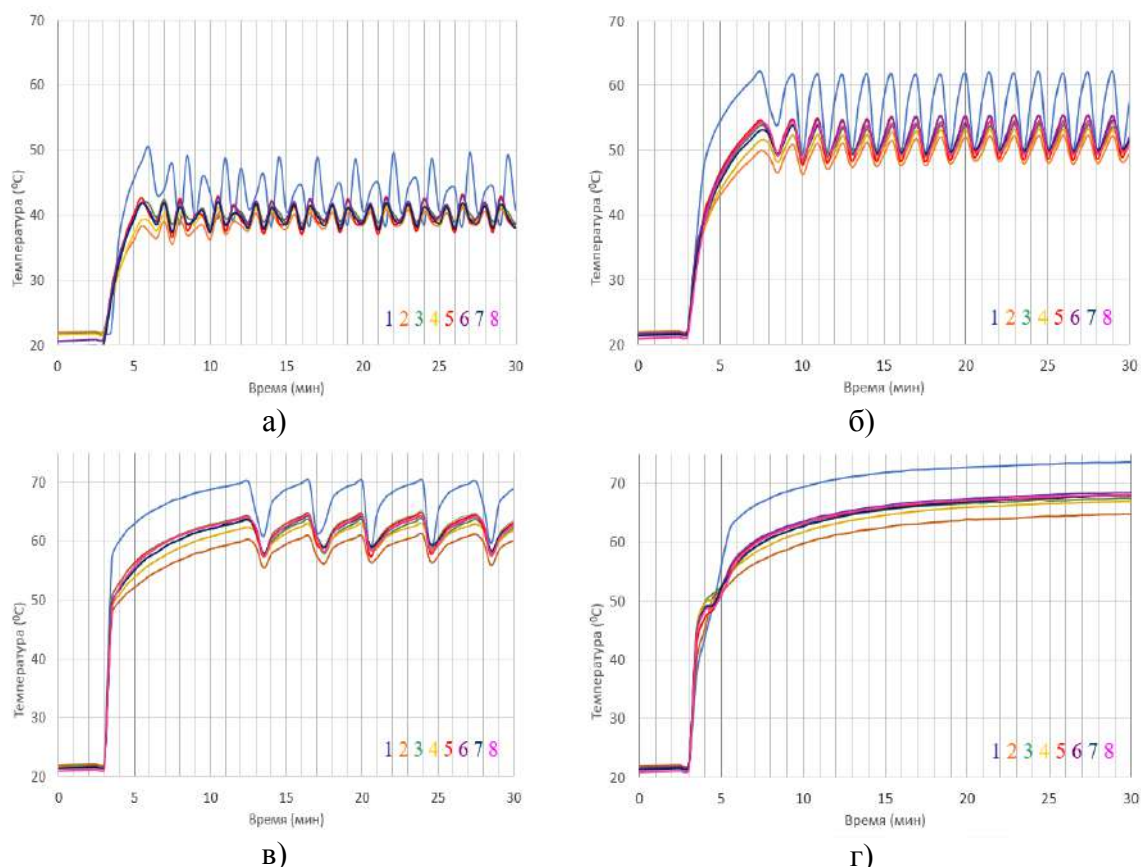


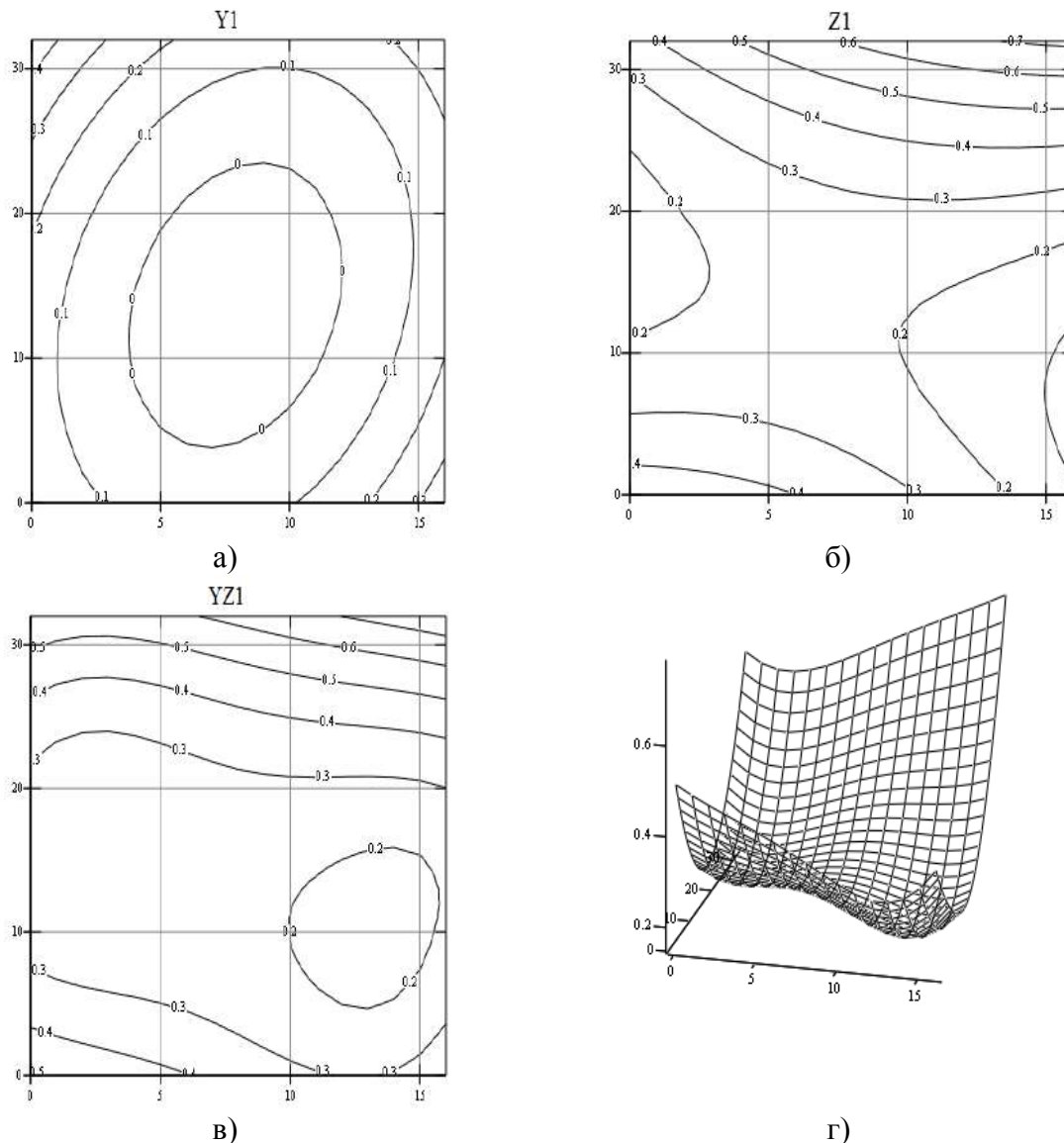
Рисунок 6 – Графики зависимости температуры воздуха в камере от времени сушки:
а – при 40 °C; б – при 50 °C; в – при 60 °C; г – при 70 °C

Figure 6 – Graph of the dependence of the air temperature in the chamber on the drying time:
а – at 40 °C; б – at 50 °C; в – at 60 °C; г – at 70 °C

На основе показаний, снятых с термопар, строится график зависимости (рисунок 8) температуры внутри продукта от времени проведения сушки. Термопары в количестве 7 шт. устанавливались в центр продукта для снятия среднеобъемной температуры, и 1 термопара проводила замеры внутри камеры для определения зависимости изменения температуры внутри продукта и непосредственно в самой камере.

После окончания процесса сушки при температурном режиме 50 °C были получены данные изменения температур. На приведенном ниже графике (рисунок 8) наглядно видно, что температура вне продукта отличается от температуры внутри продукта, это видно по термопаре 1, которая расположена в правом верхнем углу камеры (застойной зоне). С течением времени температура в продукте продолжает расти, пока дегидратор не выйдет на рабочий температурный режим, при котором происходит

кратковременное отключение нагревательных элементов, примерно на 120 минуте исследования. Далее цикл повторяется с интервалом в 10 минут, при этом температура в продукте продолжает расти, приближаясь к заданной температуре сушки.



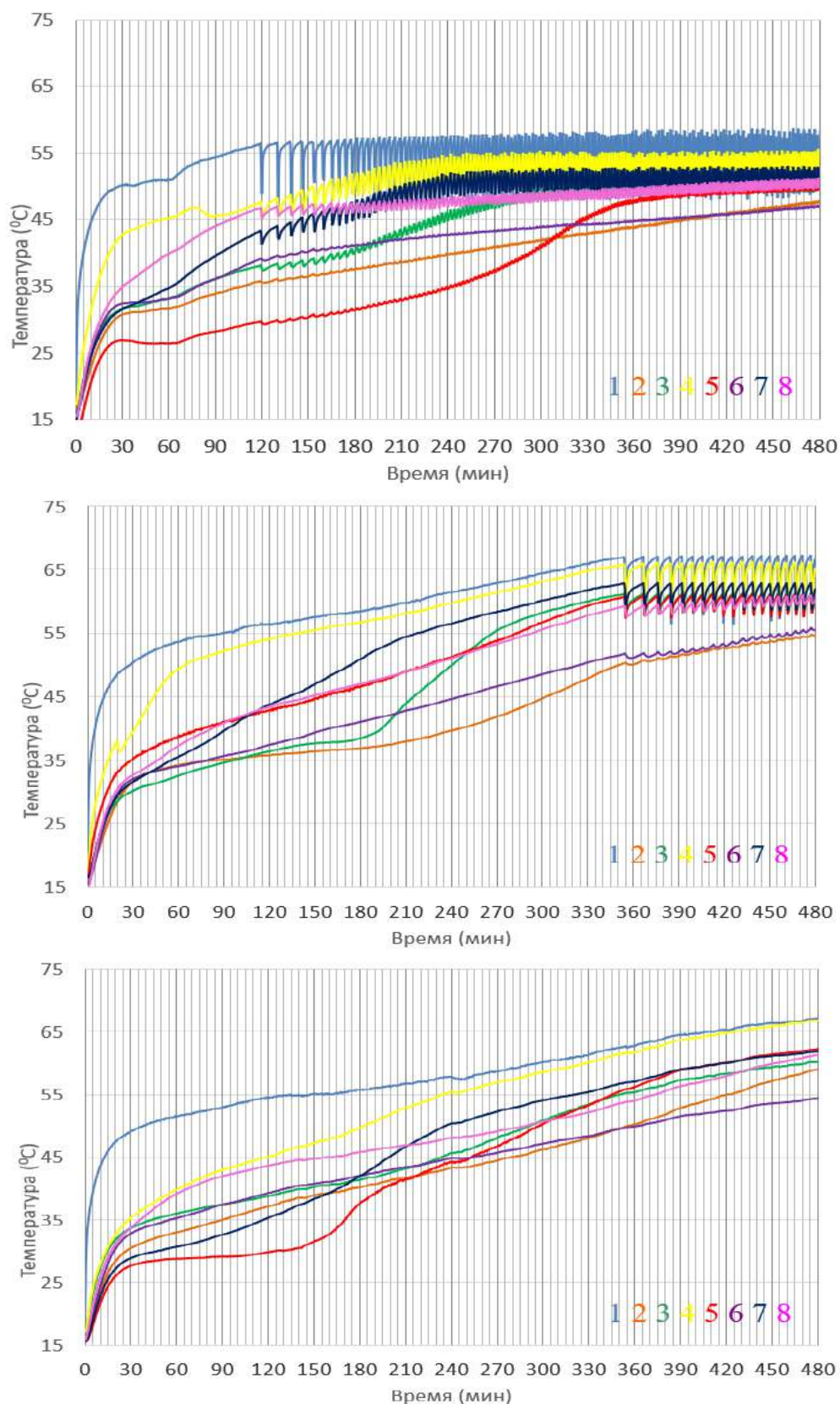


Рисунок 8 – Графики изменения температуры в продукте при температурном режиме 50, 60 и 70 °C

Figure 8 – Graphs of temperature changes in the product at a temperature of 50, 60 and 70 °C

Следующий температурный режим был 60 °С. На начальном этапе значительных отличий от графика на 50 °С нет. Дегидратор вышел на режим только на 350 минуте сушки, что объясняется тем, что температура выше и необходимо больше времени, чтобы в продукте установилась нужная температура. Далее цикл с включением и выключением электронагревающих элементов повторяется каждые 10 минут. График изменения температуры на 60 °С представлен выше.

Заключительный режим на 70 °С график представлен на рисунке 8. При этом температурном режиме дегидратор не входил в рабочее состояние, а температура продолжала расти весь процесс сушки, так и не достигнув заданной. Это можно объяснить тем, что нагревающие элементы не выключались и сушильный аппарат работал на максимальной мощности.

Как показывают графики изменения температуры внутри продукта (рисунок 8), первым этапом после загрузки является прогрев продукта. На данном этапе происходит удаление влаги с поверхности продукта при помощи постепенно нагревающегося сушильного агента. На графиках этот процесс длится примерно 120 минут с момента начала сушки.

На следующей стадии происходит испарение влаги после полного прогрева продукта по всей толщине. На данной стадии сушки происходит испарение связанной влаги внутри продукта. Данный процесс является основным и длится на протяжении всего процесса сушки.

Описываемый процесс сушки, представленный выше, можно отнести к достаточно «мягкому», т. к. в рабочем объеме установки создаются небольшие температуры и скорости движения воздуха, что нашло подтверждение в литературном источнике [6]. На начальном этапе потеря влаги в продукте осуществляется крайне медленно, в этот сравнительно малый промежуток времени температура во всех измеряемых точках материала увеличивается. Поэтому эта стадия процесса сушки называется начальной стадией или стадией прогрева продукта. После стадии прогрева влагосодержание материала уменьшается с течением времени по линейному закону, следовательно, скорость сушки будет постоянной. Температура поверхности продукта в течение этого времени не изменяется и равна температуре адиабатного насыщения воздуха. По полученным экспериментальным данным и выше изложенным рисункам (рисунок 8) наглядно видны отличия в виде неравномерной скорости сушки после стадии прогрева. Полученные закономерности отличаются от типичных температурных кривых влажных материалов для поверхностных и центральных слоев, представленных в источнике [6], это связано с циклическим отключением электронагревательных элементов при достижении заданного температурного режима. Во время отключения происходит охлаждение сушильного агента, и как вследствие и самого продукта. Также значительное влияние оказывает наличие застойных зон распределения сушильного агента по рабочему объему камеры.

Во время проведения сушки был исследован процесс изменения массы продукта. Замеры массы проводились при разных температурах, 50, 60 и 70 °С; с интервалом в 30 минут. На 50 °С сушка занимала 12 часов для бананов. При 60 °С и 70 °С сушка продолжалась в течение 9 часов. На рисунке 9(а) представлен график изменения массы продукта. После его преобразования получена зависимость изменения относительной массы бананов от продолжительности сушки рисунок 9(б). Важно отметить, что экспериментальные значения времени сушки отличаются от характеристики конвективного способа сушки, приведенного в [18], т.к. в начале процесса сушки большая часть удельных энергозатрат уходит на нагрев конструкции сушильного аппарата и его внутреннего объема, а также наличие потерь тепла в связи с негерметичностью конструкции.

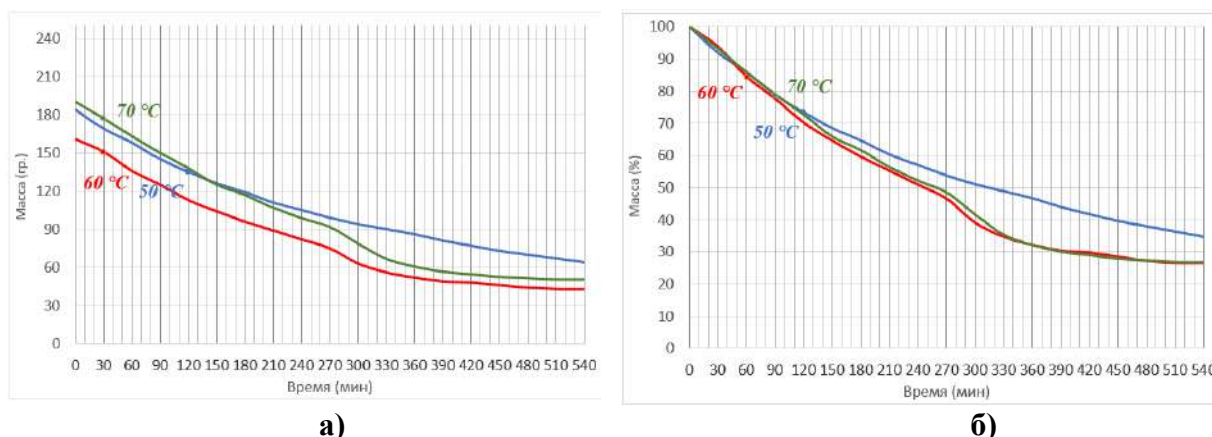


Рисунок 9 - Графики изменения массы продукта при температурном режиме 50, 60 и 70 °C
а) изменение массы продукта в течении процесса конвективной сушки при температурном режиме 50, 60 и 70 °C; б) изменение относительной массы в течении процесса конвективной сушки при температурном режиме 50, 60 и 70 °C

Figure 9 – Graphs of product changes at temperatures of 50, 60 and 70 °C

а) change in the mass of the product during the process of convective drying at temperatures of 50, 60 and 70 °C; б) change in relative mass during the process of convective drying at temperatures of 50, 60 and 70 °C

Выводы. В ходе исследования проводилось изучение особенностей работы дегидрататора, основанного на методе конвективной сушки. Результаты анализа исследований в форме многократных замеров процесса работы сушильной установки позволили сделать ряд выводов.

1. При выходе на режим температура в рабочем объеме дегидрататора очень интенсивно растет и заметно превышает заданную величину, после чего отключаются электронагревающие элементы и температура падает ниже заданного значения. Создается цикл изменения температур, вследствие чего заданный температурный режим непостоянен, что оказывает существенное влияние на процесс сушки продукта.

2. Следует отметить, что в рабочем объеме дегидрататора поле скоростей распределено очень неравномерно – присутствуют хорошо обдуваемые и застойные зоны, в которых скорость воздуха близка к нулю. Это оказывает значительное влияние на процесс сушки. Поэтому для равномерной сушки продукта при полной загрузке дегидрататора необходим алгоритм перестановки поддонов с размещенными на них объектами сушки. Таким образом, реализация подобных алгоритмов позволит получать продукт со стабильными показателями и более высокого качества. Подобный подход применим как для эксплуатации малых дегидрататоров, так и крупных сушильных установок.

Библиографический список

1. Алтухов И. В., Очиров В. Д. Анализ способов сушки пищевых продуктов // Вестник ИрГСХА. 2009. № 36. С. 16-21.
2. Беззаботов Ю. С., Ивченко Е. О. Оценка эффективности низкотемпературной сушки на основе энергетического анализа процессов в элементах сушильной установки // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2020. № 1. С. 37-45.
3. Ёкубов М. М. Процесс сушки. Конвективная и кондуктивная сушка // Science and Education. 2022. № 6. <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-sushki-konvektivnaya-i-konduktivnaya-sushka>.
4. Инновационные конструкции и технологии сушки плодоовощной продукции / Э. С. Иванова, Ю. В. Родионов, О. А. Зорина [и др.] // Наука в центральной России. 2021. № 1 (49). С. 43-53.

5. Исследование массоотдачи в конвективной сушилке / С. К. Протасов, А. А. Боровик, А. И. Вилькоцкий, Н. П. Матвейко // Химическая промышленность. 2015. Т. 92. № 5. С. 243-246.
6. Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968.
7. Определение теплофизических характеристик тропических фруктов для их использования при производстве сухих молочных продуктов / И. А. Короткий, Е. Н. Неверов, А. А. Владимиров [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 220-231.
8. Оптимизация технологии вакуумной сушки сельскохозяйственного сырья растительного происхождения / Л. В. Лифенцева, А. Н. Расщепкин, Е. Н. Неверов [и др.] // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (208). С. 82-89.
9. Павлов И. О., Воронова Е. В. Анализ результатов математического моделирования тепломассообмена в процессе сушки // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2012. № 4 (36). С. 137-141.
10. Процесс сушки измельченного растительного материала в барабанной сушилке / В. А. Юнин, А. М. Захаров, Н. Н. Кузнецов, А. В. Зыков // Известия НВ АУК. 2020. № 1 (57). <https://cyberleninka.ru/article/n/protsess-sushki-izmelchennogo-rastitelnogo-materiala-v-barabannoy-sushilke>.
11. Скрипников Ю. Г., Бочаров В. А. Результаты исследований по выбору метода и времени сушки плодовоовощного сырья // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2010. № 1. С. 85-89.
12. Студенникова С. Г. Динамическая модель конвективной сушки бананов с максимальной энергоэффективностью // Вестник молодежной науки России. 2020. № 2.
13. Энергетика и кинетика процессов дегидратации растительного сырья / О. Г. Бурдо, С. Г. Терзиев, А. К. Бурдо [и др.] // Проблемы региональной энергетики. 2022. № 3 (55). С. 111-129.
14. Энергоснабжение, технологические машины и оборудование агропромышленного комплекса: монография / Е. Н. Неверов, И. А. Короткий, И. А. Бакин [и др.]. Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2022. 168 с.
15. Analysis of energy consumption during convective drying of fruits and berries / I. Korotkiy, E. Neverov, L. Lifentseva, A. Raschepkin // 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. Vol. 273.
16. Drying characteristic, enzyme inactivation and browning pigmentation kinetics of controlled humidity-convective drying of banana slices / F. Sarpong, X. Yu, C. Zhou [et al.]. 2018. Vol. 54. No 10. P. 3117-3130.
17. Szadzińska J., Mierzwa D. The influence of hybrid drying (microwave-convective) on drying kinetics and quality of white mushrooms. 2021. Vol. 167. P. 108532.

Информация об авторах

Неверов Евгений Николаевич, заведующий кафедрой техносферной безопасности Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-3542-786X, тел. 89235215385, e-mail: neverov42@mail.ru

Короткий Игорь Алексеевич, заведующий кафедрой теплохладотехники Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-7623-0940, тел. 89832165854, e-mail: krot69@mail.ru

Горелкина Алена Константиновна, профессор кафедры техносферной безопасности Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), профессор, доктор технических наук, ORCID: 0000-0002-3782-2521, тел. 89133079935, e-mail: alengora@yandex.ru

Задесенец Александр Евгеньевич, магистрант Кемеровского государственного университета (РФ, 650000, г. Кемерово, ул. Красная, 6), ORCID: 0009-0006-9301-6512, тел. 7(913)-076-78-03, zadese-nets00@bk.ru.

IMPROVING THE STABILITY OF THE SORGHUM HARVESTER WHEN WORKING ON SLOPES

A.I. Ryadnov, A.K. Kurakhtenkov

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 10.01.2023

Submitted 10.03.2023

Summary

It is shown that the use of a device for horizontal alignment of working bodies and a counterweight with a set of replaceable loads on a sorghum harvester makes it possible to reduce the normal reactions of the soil to the lower ones and increase the upper ones relative to the base of the slope of the sorghum harvester wheel when moving along a transverse slope, thereby increasing the safety of its use when harvesting broom crops in fields with a slope of working areas up to 200. The efficiency coefficient of using the load balancing system on the support wheels of the left and right sides of the sorghum harvester when it moves across the slope of the field has been introduced.

Abstract

Introduction. The conditions for harvesting agricultural crops in the Russian Federation are very diverse in terms of natural relief: from plains to mountainous areas. The operation of mobile units in areas with a slope of more than 8^0 is associated, in particular, with ensuring the safety of personnel servicing the units, due to the fact that there is a high probability of loss of both longitudinal and transverse stability and controllability. At the same time, the loss of transverse stability of aggregates is observed much more often than the loss of longitudinal stability. Eliminating the prerequisites for the occurrence of this problem, which leads to serious injuries, is one of the most important steps for the safe use of mobile units on dangerous slopes. The safe use of mobile agricultural units on dangerous slopes with the fulfillment of the established agrotechnical requirements for a given technological operation is ensured by the use of an automatic system to increase their stability, which should ensure the alignment of normal soil reactions to the support wheels of the lower and upper sides of the self-propelled chassis. **The purpose of the work** is increasing the stability of the sorghum harvester when working on slopes by horizontal alignment of the working bodies and the use of a counterweight with a set of replaceable loads. **Materials and methods.** In preparing this article, the dimensional and mass characteristics of a sorghum harvester of the Volgograd State Agricultural University design equipped with a counterweight with a set of replaceable loads, the provisions of theoretical mechanics for calculating vertical loads on supports were used. **Results and conclusions.** Mathematical dependences are obtained for calculating the normal reactions of the soil to the lower R_A and upper R_B , relative to the base of the slope of the sorghum harvester wheel when moving along a transverse slope without using a system to increase its stability, as well as corresponding dependences using a system to increase its stability in the directions of movement of the combine, in which its side A is both lower and higher up the slope of the field than the B side. The calculation results showed that with the slope of the field section $\alpha = 10^0$, the use of a stability enhancement system allows reducing R_A from 16.5 kN to 15.2 kN, i.e. by 7.88% and increasing R_B from 9.7 kN to 12.3 kN, i.e. by 26.8%, and with $\alpha = 20^0$, respectively, reducing R_A by 11.6% and increase R_B by 96.4%. To justify the expediency of using the developed design of the system for increasing the stability of the sorghum harvester when working on slopes, the efficiency coefficient of using the load balancing system on the support wheels of the left and right sides of the sorghum harvester when it moves across the slope of the field was introduced. At the same time, the maximum efficiency of using the load balancing system on the support wheels of the sorghum harvester will be at $K_s = 1$, and the case in which $K_s = 0$ corresponds to the moment when the sorghum harvester overturns. A mathematical expression is obtained for calculating the weight of the counterweight of the system for increasing the stability of the sorghum harvester when working on slopes. It is recommended to use a counterweight weighing 120 kg, extended by 1.4 m from the reference point of the supporting drive wheel of the upper side of the self-propelled chassis, to balance the sorghum harvester when working in fields with a slope of up to 20^0 . The equipment of a sorghum harvester with a system for increasing stability when working on slopes allows to increase the safety of its use when harvesting broom crops in fields with a slope of working areas up to 20^0 .

Key words: *the transverse stability of the sorghum harvester, the slope of the working area of the field, the vertical load on the wheels of the combine.*

Citation. Ryadnov A.I., Kurakhtenkov A.K. Improving the stability of the sorghum harvester when working on slopes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 480-489 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-56.

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

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СОРГОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА ПРИ РАБОТЕ НА СКЛОНАХ

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

А. К. Курахтенков, аспирант

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 10.01.2023

Дата принятия к печати 10.03.2023

Актуальность. Условия уборки сельскохозяйственных культур в Российской Федерации по природному рельефу весьма разнообразны: от равнины до горных участков. Эксплуатация мобильных агрегатов на участках с уклоном более 8° связана, в частности, с обеспечением безопасности персонала, обслуживающего агрегаты, так как имеется высокая вероятность потери как продольной, так и поперечной их устойчивости и управляемости. При этом потеря поперечной устойчивости агрегатов наблюдается значительно чаще, чем потеря продольной устойчивости. Устранение предпосылок возникновения этой проблемы, приводящей к тяжелым травмам, – одним из важнейших шагов безопасного использования мобильных агрегатов на опасных склонах. Безопасное использование мобильных сельскохозяйственных агрегатов на опасных склонах с выполнением установленных агротехнических требований на заданную технологическую операцию обеспечивается применением автоматической системы повышения их устойчивости, которая должна обеспечивать выравнивание нормальных реакций почвы на опорные колеса нижней и верхней сторон самоходного шасси. **Цель работы** – повышение устойчивости соргоуборочного комбайна при работе на склонах путем горизонтального выравнивания рабочих органов и использования противовеса с набором сменных грузов. **Материалы и методы.** При подготовке данной статьи использовались размерно-массовые характеристики соргоуборочного комбайна конструкции Волгоградского ГАУ, оборудованного противовесом с набором сменных грузов, положения теоретической механики по расчету вертикальных нагрузок на опоры. **Результаты и обсуждение.** Получены математические зависимости для расчета нормальных реакций почвы на нижние R_A и верхние R_B , по отношению к основанию уклона колеса соргоуборочного комбайна при движении по поперечному склону без использования системы повышения его устойчивости, а также соответствующие зависимости с использованием системы повышения его устойчивости при направлениях движения комбайна, при котором его сторона А находится как ниже, так и выше по склону поля, чем сторона В. Результаты расчета показали, что при уклоне участка поля $\alpha = 10^\circ$ использование системы повышения устойчивости позволяет снизить R_A с 16,5 кН до 15,2 кН, т.е. на 7,88 % и повысить R_B с 9,7 кН до 12,3 кН, т.е. на 26,8 %, а при $\alpha = 20^\circ$ – соответственно снизить R_A на 11,6 % и повысить R_B на 96,4 %. Для обоснования целесообразности применения разработанной конструкции системы повышения устойчивости соргоуборочного комбайна при его работе на склонах введен коэффициент эффективности использования системы выравнивания нагрузки на опорные колеса левой и правой сторон соргоуборочного комбайна при его движении поперек уклона поля. При этом максимальная эффективность использования системы выравнивания нагрузки на опорные

колеса соргоуборочного комбайна будет при $K_3 = 1$, а случай, при котором $K_3 = 0$, соответствует моменту начала опрокидывания соргоуборочного комбайна. Получено математическое выражение для расчета массы противовеса системы повышения устойчивости соргоуборочного комбайна при его работе на склонах. Рекомендовано использовать противовес массой 120 кг, выдвигаемый на 1,4 м от опорной точки опорного ведущего колеса верхней стороны самоходного шасси, для уравнивания соргоуборочного комбайна при его работе на полях с уклоном до 20° . **Выводы.** Оборудование соргоуборочного комбайна системой повышения устойчивости при его работе на склонах позволяет повысить безопасность его использования при уборке метелочных культур на полях с уклоном рабочих участков до 20° .

Ключевые слова: поперечная устойчивость соргоуборочного комбайна, уклон рабочего участка поля, вертикальная нагрузка на колеса комбайна, соргоуборочные комбайны, уборка сорго.

Цитирование. Ряднов А. И., Курахтенков А. К. Повышение устойчивости соргоуборочного комбайна при работе на склонах. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 480-489. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-56.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Условия уборки сельскохозяйственных культур в Российской Федерации по природному рельефу весьма разнообразны: от равнины до горных участков. Даже в наиболее равнинной территории Российской Федерации – Центральной Черноземной зоне – 24 % сельскохозяйственных угодий расположены на опасных склонах [11]. Эксплуатация мобильных агрегатов в таких условиях связана, в частности, с обеспечением безопасности персонала, обслуживающего агрегаты, так как имеется высокая вероятность потери как продольной, так и поперечной устойчивости и управляемости агрегата. При этом потеря поперечной устойчивости агрегатов наблюдается значительно чаще, чем потеря продольной устойчивости [5, 10]. Устранение предпосылок возникновения этой проблемы, приводящей к тяжелым травмам, – один из важнейших шагов безопасного использования мобильных агрегатов на опасных склонах [16].

Отечественные самоходные машины для уборки зерновых колосовых и метелочных культур предназначены для работы на полях с уклоном не более 8° [4]. Безопасное использование мобильных сельскохозяйственных агрегатов на опасных склонах с выполнением установленных агротехнических требований на заданную технологическую операцию обеспечивается применением систем автоматической установки рабочих органов в горизонтальное положение. В частности, применяются устройства, обеспечивающие регулирование статического угла наклона остова трактора за счет использования колес по бортам машины с разными радиусами [3], изменения статических радиусов колес с помощью системы автоматического регулирования давления воздуха в шинах [1], применения сдвоенных колёс [2, 9], системы горизонтального выравнивания рабочих органов комбайна [12], противовесов с набором сменных грузов (патент РФ № 2726575. Опубликовано 14.07.2020. Бюл. № 20) и других устройств и систем. Следует отметить, что угол поперечной статической устойчивости мобильных машин сельскохозяйственного назначения регламентирован ГОСТ 12.2.019-2005 «Система стандартов безопасности труда. Тракторы и машины самоходные сельскохозяйственные. Общие требования безопасности» и принят в качестве одного из критериев безопасного их использования.

Применение систем автоматической установки рабочих органов в горизонтальное положение на комбайнах позволяет обеспечить как безопасную работу обслуживающего персонала, так и увеличить их производительность, снизить потери урожая [1, 3,

6-8, 13-15]. Например, использование крутосклонных зерноуборочных комбайнов Дон-1200К позволяет по сравнению с комбайнами равнинной модификации повысить производительность на уборке зерновых культур на полях с уклоном 10^0 на 53 %, а при 17^0 – на 226 % [8], а соргоуборочных комбайнов, оборудованных устройством горизонтального выравнивания рабочих органов, – снизить потери урожая [12].

Безопасное использование соргоуборочных машин на полях с опасными склонами рабочих участков может быть реализовано за счет внедрения автоматической системы повышения их устойчивости, которая должна обеспечивать выравнивание нормальных реакций почвы на опорные колеса нижней и верхней сторон комбайна.

Цель настоящей работы – повышение устойчивости соргоуборочного комбайна при работе на склонах путем горизонтального выравнивания рабочих органов и использования противовеса с набором сменных грузов.

Материалы и методы. При подготовке данной статьи использовались размерно-массовые характеристики соргоуборочного комбайна конструкции Волгоградского ГАУ [7], оборудованного противовесом с набором сменных грузов (патент РФ № 2726575. Опубликовано 14.07.2020. Бюл. № 20), положения теоретической механики по расчету вертикальных нагрузок на опоры.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим движение соргоуборочного комбайна по поперечному склону без горизонтального выравнивания рабочих органов и с установкой противовеса с набором сменных грузов в положении, когда его центр тяжести находится в плоскости вертикальной оси самоходного шасси (рисунок 1).

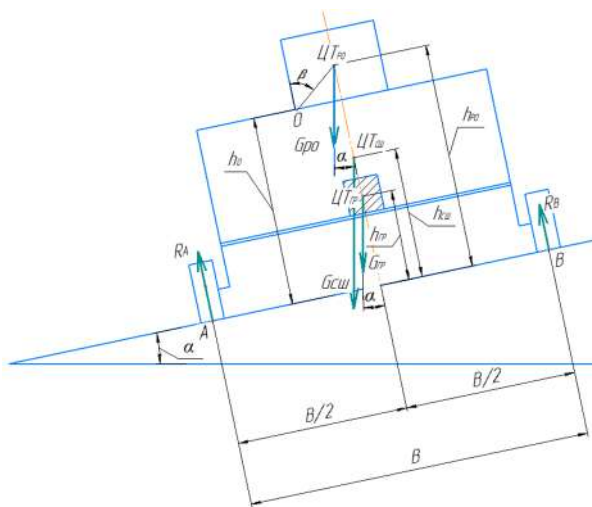


Рисунок 1 – Схема сил, действующих на соргоуборочный комбайн при движении по поперечному склону без использования системы повышения его устойчивости

Figure 1 – Diagram of forces acting on a sorghum harvester when moving along a transverse slope without using a system to increase its stability

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, колёса самоходного шасси:

$$R_A = \left[(G_{сш} + G_{ро} + G_{гр}) \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} + (G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро} \cdot h_{ро} + G_{гр} \cdot h_{гр}) \sin \alpha \right] / B, \quad (1)$$

где $G_{сш}$, $G_{ро}$ и $G_{гр}$ – соответственно сила тяжести самоходного шасси, рабочих органов и противовеса, кН; B – база самоходного шасси, м; $h_{сш}$, $h_{ро}$ и $h_{гр}$ – соответственно высота расположения центров тяжести самоходного шасси ($ЦТ_{сш}$), рабочих органов ($ЦТ_{ро}$) и противовеса ($ЦТ_{гр}$), м; α – угол уклона поверхности рабочего участка поля, град.

$$R_B = \left[(G_{сш} + G_{ро} + G_{гп}) \cos \alpha \cdot \frac{B}{2} - (G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро} \cdot h_{ро} + G_{гп} \cdot h_{гп}) \sin \alpha \right] / B. \quad (2)$$

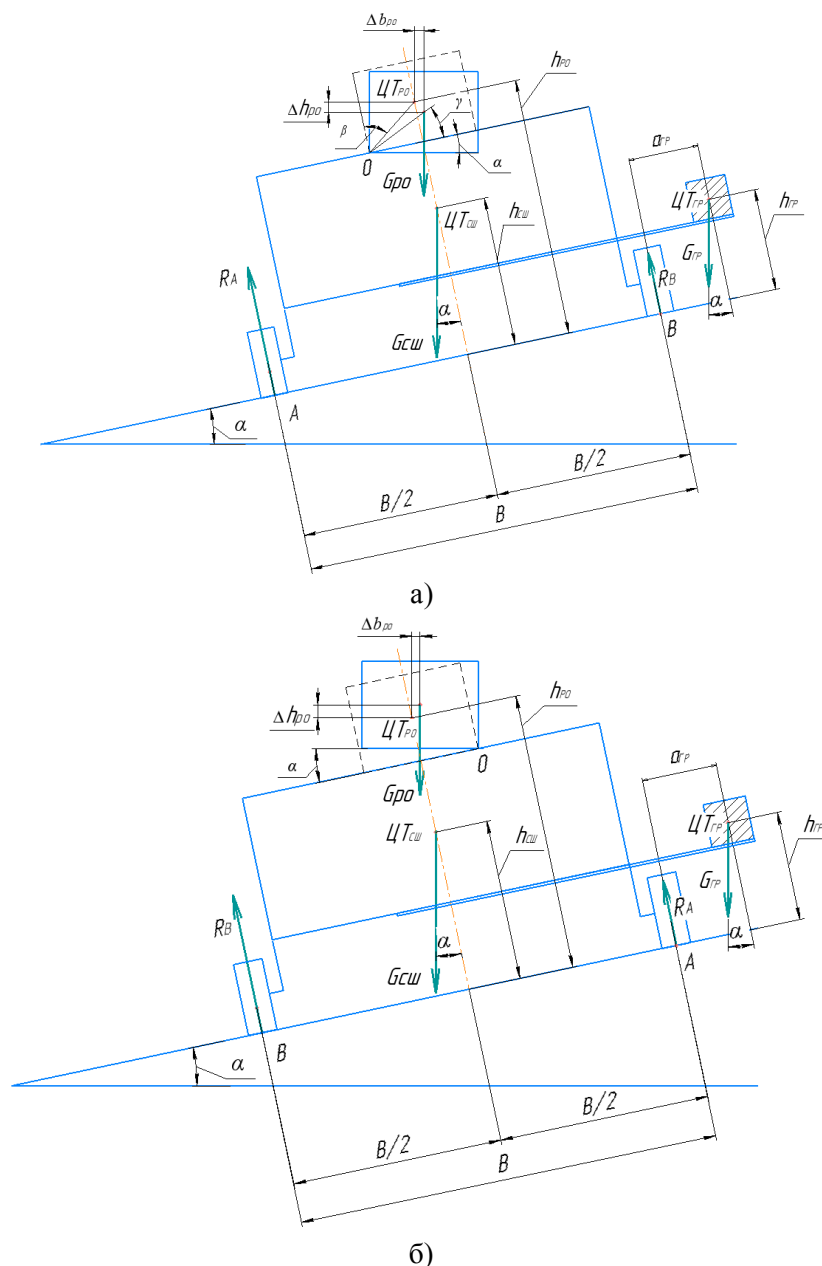


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на соргоуборочный комбайн при движении по поперечному склону с использованием системы повышения устойчивости соргоуборочного комбайна:
а) направление движения комбайна, при котором его сторона А находится ниже по склону поля, чем сторона В;
б) направление движения комбайна, при котором его сторона А находится выше по склону поля, чем сторона В

Figure 2 – Diagram of forces acting on a sorghum harvester when moving along a transverse slope using a system to increase the stability of a sorghum harvester:
a) the direction of movement of the combine, in which its side A is lower on the slope of the field than side B;
b) the direction of movement of the combine, in which its side A is higher on the slope of the field than side B

Рассмотрим изменение нормальных реакций почвы на нижние и верхние колёса самоходного шасси, оборудованного системой повышения устойчивости соргоуборочного комбайна, 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 рабочих органов соргоуборочного комбайна, а также вы- движение противовеса со сменными грузами на расстояние от оси ведущего колеса, находящегося выше по склону поля, чем ведущее колесо другой стороны комбайна, до центра тяжести сменных грузов, равное $a_{гр}$ (рисунок 1).

При движении соргоуборочного комбайна поперек уклона поля в направлении, когда жатка находится ниже самоходного шасси (рисунок 2а), а противовес с набором сменных грузов – выше и рабочие органы установлены в горизонтальное положение, имеем следующие выражения для расчета нормальных реакций почвы на опорные ко- леса нижней R_A и верхней R_B сторон самоходного шасси:

$$R_A = \frac{[G_{сш} \cdot \frac{B}{2} + G_{ро}(\frac{B}{2} - \Delta b_{ро}) - G_{гр} a_{гр}] \cos \alpha + [G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро}(h_{ро} - \Delta h_{ро}) + G_{гр} \cdot h_{гр}] \sin \alpha}{B}, \quad (3)$$

$$R_B = \frac{[G_{сш} \cdot \frac{B}{2} + G_{ро}(\frac{B}{2} + \Delta b_{ро}) + G_{гр}(B + a_{гр})] \cos \alpha - [G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро}(h_{ро} - \Delta h_{ро}) + G_{гр} \cdot h_{гр}] \sin \alpha}{B}, \quad (4)$$

где $\Delta b_{ро}$ и $\Delta h_{ро}$ – соответственно смещение центра тяжести рабочих органов (ЦТ_{ро}) при гори- зонтальном выравнивании рабочих органов на уклоне поля вправо и вниз по отношению его положения до их выравнивания.

В случае направления движения соргоуборочного комбайна, при котором его сторона A находится ниже по склону поля, чем сторона B :

$$\Delta b_{ро} = \frac{b}{2} \left(\frac{\cos \gamma}{\sin \beta} - 1 \right), \quad (5)$$

где b – расстояние от вертикальной оси самоходного шасси при его расположении на горизон- тальном участке до точки O поворота рабочих органов, м,

$$\Delta h_{ро} = (h_{ро} - h_0) - \frac{b}{2} \frac{\sin \gamma}{\sin \beta}. \quad (6)$$

При движении соргоуборочного комбайна поперек уклона поля в обратном направлении (рисунок 2б) имеем следующие выражения для расчета нормальных реак- ций почвы на опорные колеса нижней R_A и верхней R_B сторон самоходного шасси:

$$R_A = \frac{[G_{сш} \cdot \frac{B}{2} + G_{ро}(\frac{B}{2} + \Delta b_{ро}) + G_{гр}(B + a_{гр})] \cos \alpha - [G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро}(h_{ро} + \Delta h_{ро}) + G_{гр} \cdot h_{гр}] \sin \alpha}{B}, \quad (7)$$

$$R_B = \frac{[G_{сш} \cdot \frac{B}{2} + G_{ро}(\frac{B}{2} - \Delta b_{ро}) - G_{гр} a_{гр}] \cos \alpha + [G_{сш} \cdot h_{сш} + G_{ро}(h_{ро} + \Delta h_{ро}) + G_{гр} \cdot h_{гр}] \sin \alpha}{B}. \quad (8)$$

Расчеты нормальных реакций почвы на опорные колеса нижней R_A и верхней R_B сторон самоходного шасси до и после использования системы повышения устойчиво- сти соргоуборочного комбайна 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, $G_{гр} = 1,2$ кН, $B = 1,55$ м, $b = 0,9$ м, $h_{сш} = 1,1$ м, $h_{ро} = 1,25$ м, $h_0 = 0,9$ м значениях $h_{гр} = 0,75$ м, $a_{гр} = 1,4$ м и углах уклона рабочего участка поля 0° , 5° , 10° , 15° и 20° .

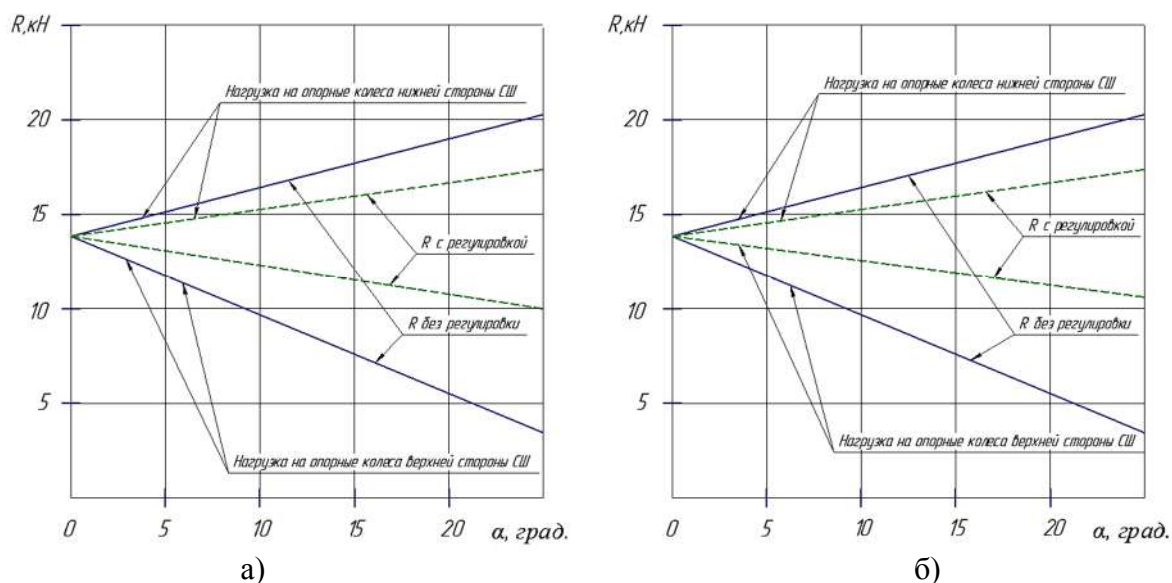


Рисунок 3 – Зависимости нормальных реакций почвы на опорные колеса нижней R_A и верхней R_B сторон самоходного шасси от угла уклона рабочего участка поля:

- направление движения комбайна, при котором его сторона А находится ниже по склону поля, чем сторона В;
- направление движения комбайна, при котором его сторона А находится выше по склону поля, чем сторона В

Figure 3 – Dependences of normal soil reactions on the support wheels of the lower R_A and upper R_B sides of the self-propelled chassis on the slope angle of the working area of the field:

- the direction of movement of the combine, in which its side A is lower down the slope of the field than the side B;
- the direction of movement of the combine at which its side A is located higher up the slope of the field than the side B

Определено, что значения нормальных реакций почвы на опорные колеса нижней стороны R_A самоходного шасси, оборудованного системой повышения устойчивости, на рассматриваемых углах уклона рабочего участка поля снижаются, а на опорные колеса верхней стороны R_B растут по сравнению с вариантом без использования системы повышения устойчивости. Так, например, при $\alpha = 10^\circ$ использование системы повышения устойчивости позволяет снизить R_A с 16,5 кН до 15,2 кН, т.е. на 7,88 % и повысить R_B с 9,7 кН до 12,3 кН, т.е. на 26,8 %, а при $\alpha = 20^\circ$ – соответственно снизить R_A на 11,6 % и повысить R_B на 96,4 %.

Таким образом, использование системы повышения устойчивости соргоуборочного комбайна позволяет существенно повысить безопасность его работы на полях с уклоном.

Для обоснования целесообразности применения разработанной конструкции системы повышения устойчивости соргоуборочного комбайна при его работе на склонах введём коэффициент:

$$K_{\alpha} = \left(1 - \frac{R_{Hi} - R_{Bi}}{R_0} \right), \quad (9)$$

где R_{Hi} и R_{Bi} – текущие значения вертикальных реакций на опорные колеса соответственно левой и правой сторон соргоуборочного комбайна при i -м уклоне поверхности рабочего участка поля, кН; R_0 – значение вертикальной реакции на опорное левое или правое колесо соргоуборочного комбайна на горизонтальном участке поля ($R_0 = R_{Hi=0} = R_{Bi=0}$), кН.

Коэффициент K_z назовем коэффициентом эффективности использования системы выравнивания нагрузки на опорные колеса левой и правой сторон соргоуборочного комбайна при его движении поперек уклона поля.

При этом максимальная эффективность использования системы выравнивания нагрузки на опорные колеса соргоуборочного комбайна будет при $K_z = 1$. Случай, при котором $K_z = 0$, соответствует моменту начала опрокидывания соргоуборочного комбайна.

Расчет значений коэффициентов K_z при различных углах уклона рабочего участка поля представлен на рисунке 4.

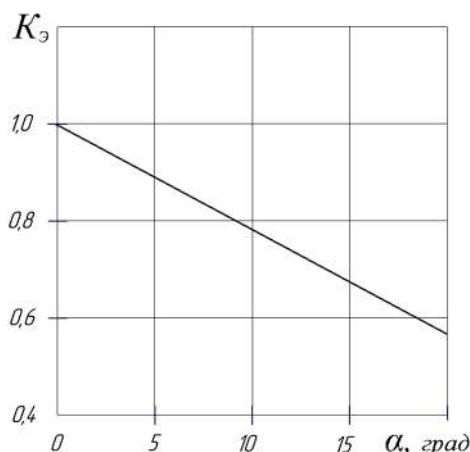


Рисунок 4 – Изменение коэффициента эффективности использования системы повышения устойчивости соргоуборочного комбайна от угла уклона рабочего участка поля

Figure 4 – Changing the efficiency coefficient of the use of the enhancement system stability of the sorghum harvester from the angle of slope of the working area of the field

Используя график, представленный на рисунке 4, определим предельное значение угла уклона участка поля при заданных условиях: $G_{гр} = 1,2$ кН, $h_{гр} = 0,75$ м и $a_{гр} = 1,4$ м. Из графика следует, что поперечная устойчивость соргоуборочного комбайна нарушится при $\alpha = 27^\circ$.

Можно считать, что идеальный вариант устойчивого положения соргоуборочного комбайна при его работе на склоне соответствует случаю, когда $K_z = 1$.

Найдем математические выражения для расчета $G_{гр}$ при заданном значении $a_{гр}$. С этой целью приравняем, например, зависимости (3) и (4), используемые для расчета нормальных реакций почвы соответственно на опорные колеса нижней R_A и верхней R_B сторон самоходного шасси. Из данного равенства получено следующее выражение для расчета $G_{гр}$:

$$G_{гр} = \frac{G_{сш} \cdot h_{сш} \cdot \tan \alpha + G_{по} [(h_{по} - \Delta h_{по}) \tan \alpha - \Delta b_{по}]}{a_{гр} + 0,5B - h_{гр} \tan \alpha}. \quad (10)$$

Так, например, при указанных выше размерно-массовых характеристиках соргоуборочного комбайна, оборудованного системой повышения устойчивости при его работе на склонах, и принятых значениях $h_{гр} = 0,75$ м, $a_{гр} = 1,4$ м и $\alpha = 10^\circ$ расчетное значение $G_{гр} = 2,4$ кН.

Устанавливать на комбайн груз с такой значительной массой ($m_{гр} = 245$ кг) не рационально по ряду причин: увеличивается сопротивление движения, что ведет к росту расхода топлива, снижается производительность и надежность соргоуборочного комбайна и др.

Исходя из условий эксплуатации соргоуборочного комбайна и требований по охране труда при работе на сельскохозяйственной технике принято использовать противовес, включающий три сменных груза, масса каждого из которых равна 40 кг. Таким образом, использование противовеса массой 120 кг вполне достаточно для уравновешивания соргоуборочного комбайна при его работе на полях с уклоном до 20°.

Выводы. Оборудование соргоуборочного комбайна системой повышения устойчивости при его работе на склонах позволяет повысить безопасность его использования при уборке метелочных культур на полях с уклоном рабочих участков до 20°.

Библиографический список

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. Кутьков Г. М. Развитие технической концепции трактора // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 1. С. 27–35.
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., Шарипов Р. В. Совершенствование конструкции соргоуборочного комбайна // Сельский механизатор. 2019. № 7. С. 10–11.
8. Сороченко С. Ф. Конкурентоспособность зерноуборочных комбайнов, предназначенных для работы на склонах // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 158–164.
9. 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.
10. Студенникова Н. С. Виды и причины травмирования с тяжелыми последствиями трактористов-машинистов в сельском хозяйстве // Вестник сельского развития и социальной политики. 2018. № 1 (17). С. 66–70.
11. 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.
12. Улучшение некоторых эксплуатационных показателей соргоуборочного комбайна при работе на склонах / О. А. Федорова, А. И. Ряднов, И. А. Мурог, А. К. Курахтенков // Известия НВ АУК. 2023. № 1 (69). С. 463–472.
13. Щиголев С. В., Ломакин С. Г. Анализ возможности расчёта угла поперечной статической устойчивости для самоходных сельскохозяйственных машин // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В. П. Горячкина». 2020. № 1 (95). С. 29–35.
14. Щиголев С. В., Ломакин С. Г. Экспериментально-аналитическая методика определения угла поперечной статической устойчивости машин с балансирной подвеской моста управляемых колес // Агроинженерия. 2021. № 1 (101). С. 45–52.

15. 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.

16. Driscoll T., Fingerhut M. Occupational Death/Injury Rates // Reference Module in Biomedical Sciences, from International Encyclopedia of Public Health. 2008. P. 627–638.

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.

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: 10.32786/2071-9485-2023-02-57

A STUDY OF THE PREFERENCES OF CONSUMERS OF MEAT PRODUCTS IN THE VOLGOGRAD REGION

V. N. Khramova, D. I. Surkov

Volgograd State Technical University, Volgograd

Received 22.03.2023

Submitted 28.04.2023

Abstract

Introduction. Meat products are a crucial part of a person's daily diet. The development of new types of meat products with functional ingredients is vital. A product with excellent taste will be useless without consumer demand. Therefore, marketing research is necessary in food development. **Objects.** Consumer preferences are the subject of research. **Materials and methods.** To identify taste preferences, we decided to apply the questionnaire method. The study was attended by 460 residents of Volgograd and the Volgograd region. **Results and conclusions.** The study revealed the preferences of the citizens. It also became clear the attitude towards classic meat products and to innovative ones. The data obtained can be used for marketing purposes to improve the quality of the services provided.

Key words: survey, questioning, meat products, meat products, semi-finished meat products.

Citation. Khramova V. N., Surkov D. I. A study of the preferences of consumers of meat products in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 489-498 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-57.

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

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

УДК 635.07

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЕДПОЧТЕНИЙ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ МЯСНЫХ ПРОДУКТОВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

В. Н. Храмова, доктор биологических наук, профессор
Д. И. Сурков, аспирант

Волгоградский государственный технический университет, (ВолгГТУ), г. Волгоград, Россия

Дата поступления в редакцию 22.03.2023

Дата принятия к печати 28.04.2023

Актуальность. Мясные продукты занимают особое место в ежедневном рационе человека. В связи с этим целесообразна разработка новых видов мясных изделий с функциональными ингредиентами. Однако все положительные эффекты от продукта не имеют значение, если изделие не

обладает спросом у потребителей. Поэтому исследование потребительских предпочтений является актуальным при разработке продуктов питания. **Объект.** В качестве объекта исследования выступают потребительские предпочтения. **Цель** исследования состоит в выявлении предпочтений потребителей традиционных и новых видов мясных изделий в зависимости от пола, возраста, основной деятельности и семейного положения. **Материалы и методы.** В качестве метода исследования использовано анкетирование, в котором приняло участие 460 жителей Волгограда и Волгоградской области. **Результаты и выводы.** Проведенные исследования позволяют выявить предпочтения потребителей мясных изделий и их отношение к традиционным и новым видам мясных продуктов, а полученные данные найдут применение не только в маркетинговых целях для повышения качества оказания услуг, но и при разработке новых мясных продуктов питания.

Ключевые слова: *опросы потребителей, анкетирование потребителей, мясные продукты, мясные изделия, мясные полуфабрикаты.*

Цитирование. Храмова В. Н., Сурков Д. И. Исследование предпочтений потребителей мясных продуктов Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 489-498. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-57.

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. Согласно современным представлениям о здоровом питании в организм человека должны поступать с пищей питательные вещества, отличающиеся разнообразием химического состава. Это связано с тем, что продукты питания зачастую не способны полностью удовлетворить физиологические потребности не только в эссенциальных нутриентах, но и балластных веществах.

С целью решения этой проблемы многие учёные, развивающие пищевую промышленность, создают функциональные и обогащенные продукты питания. Они являются наиболее доступным способом коррекции питания населения, так как в их состав входят дополнительные рецептурные компоненты [4, 6, 12]. В их качестве могут выступать растительные ингредиенты, которые способны снабжать организм необходимыми макро- и микронутриентами [3]. Однако все усилия могут быть напрасны, если такие продукты не дойдут до конечного потребителя.

Это особенно важно для рынка мясных продуктов, так как он является одним из крупнейших не только в России, но и за рубежом [9, 11]. К тому же изделия из мяса входят в ежедневный рацион большинства людей благодаря превосходным органолептическим характеристикам и высокой пищевой и энергетической ценностям.

Цель исследования – выявление предпочтений потребителей традиционных и новых видов мясных изделий в Волгоградской области в зависимости от пола, возраста, основного вида деятельности и семейного положения.

Материалы и методы. Объектом исследования выступали предпочтения потребителей мясных продуктов. Во время анкетирования также особое внимание уделили мясным рубленным полуфабрикатам.

Исследование проводили методом анкетирования в марте 2023 г. При этом составлен ряд вопросов (20 штук), которые выстроены в логической последовательности и позволяют в полной мере оценить предпочтения респондентов, определить их целевой портрет, размеры потребления, особенности спроса и их отношение к новым видам мясных изделий [7]. В опросе участвовало 460 жителей Волгограда и Волгоградской области. Их опрашивали как устно (личная беседа), так и при помощи анкет и социальных сетей.

Обработку результатов проводили на оборудовании, предоставленном кафедрой технологии пищевых производств (ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»). В качестве инструментов использованы *Microsoft Office Excel* (хранение результатов анкетирования, визуализация данных) и высокоуровневый язык программирования *Python* (сортировка, подсчёт результатов по категориям).

Результаты и обсуждение. На первом этапе исследования потребительских предпочтений установили целевой портрет потребителей (показан на рисунке 1). Согласно ему, среди опрошенных преобладают женщины – 62,4 %. В то же время большинство респондентов – это люди, возраст которых ниже 25 лет (44,6 %).

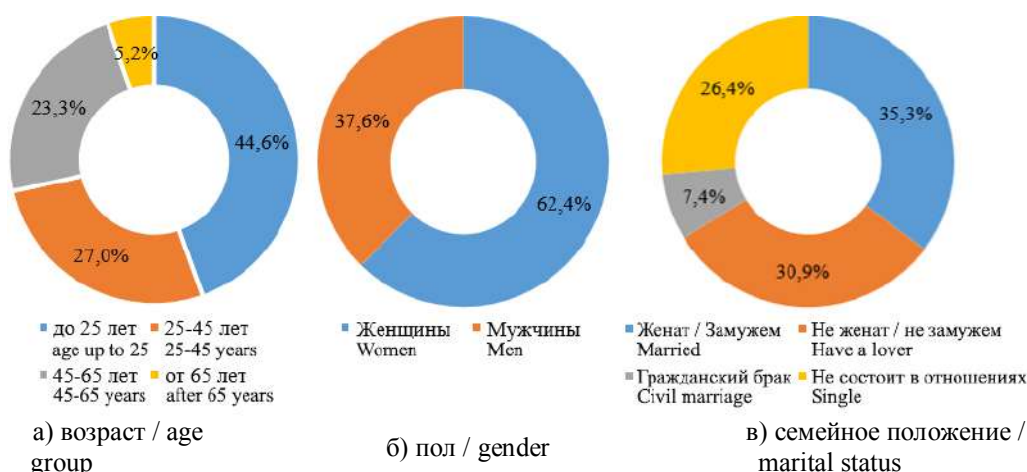


Рисунок 1 – Целевой портрет потребителей мясной продукции

Figure 1 – Target portrait of consumers of meat products

А количество учащихся и работников составило 45,4 % и 53,1 % соответственно. Это нагляднее отображено на рисунке 2, где также показано распределение по деятельности среди разных возрастных групп.

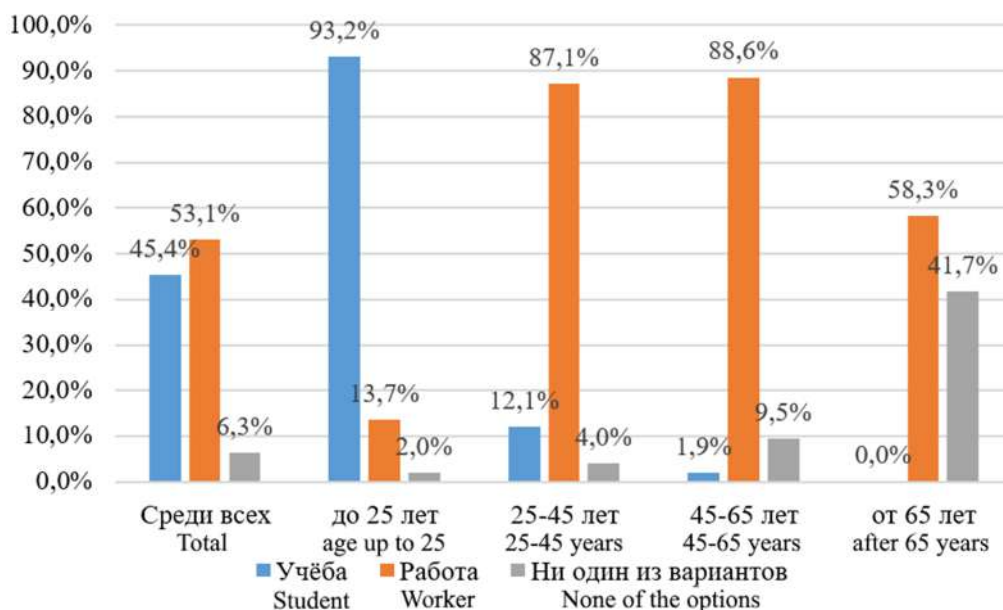


Рисунок 2 – Распределение респондентов по деятельности

Figure 2 – Distribution of respondents by type of activity

На втором этапе особое внимание уделено мясным продуктам. Согласно проведенному опросу, около 50,2 % респондентов потребляют мясные изделия каждый день, а 39,3 % – несколько раз в неделю. Это отражено в таблице 1, в которой приведены данные для различных групп населения. Из неё видно, что с возрастом частота потребления мясных продуктов падает. Эта закономерность наиболее заметна у людей, возраст которых выше 65 лет. Подтверждение этому можно обнаружить в исследовании, проведенном З. Н. Хатко в 2019 году, и вероятно, это связано с возрастными особенностями [8].

Согласно исследованию, 59 % мужчин едят мясо и мясные продукты каждый день, в то время как женщины только в 44 % случаев. Однако, вне зависимости от семейного положения частота потребления примерно одинаковая.

Таблица 1 – Частота употребления мясных продуктов

Table 1 – Frequency of eating meat products

Частота / Frequency	Среди всех / Total	Возрастная группа / Age group				Пол / Gender		Состоит в браке / Marital status	
		до 25 / up to 25 age	25-45	45-65	от 65 / after 65 years	женский / women	мужской / men	да / yes	нет / no
Каждый день / Everyday	50,2 %	55,6 %	53,2 %	41,1%	29,2 %	44,9 %	59,0 %	49,5 %	50,6 %
Несколько раз в неделю / Several times a week	39,3 %	37,6 %	38,7 %	45,8%	29,2 %	42,9 %	33,5 %	42,3 %	37,3 %
Раз в неделю / Once a week	3,9 %	2,9 %	4,0 %	3,7%	12,5 %	4,5 %	2,9 %	2,6 %	4,9 %
Несколько раз в месяц / Several times a month	3,9 %	2,0 %	2,4 %	7,5%	12,5 %	4,2 %	3,5 %	4,6 %	3,4 %
Раз в месяц / Once a month	0,2 %	0,0 %	0,8 %	–	–	–	0,6 %	–	0,4 %
Очень редко / Very rarely	1,7 %	1,5 %	0,8 %	–	16,7 %	2,4 %	0,6 %	1,0 %	2,3 %
Никогда / Never	0,7 %	0,5 %	–	1,9 %	–	1,0 %	–	–	1,1 %

В таблице 2 показаны результаты опроса респондентов о частоте покупки мясных полуфабрикатов. Видно, что участники опроса не чаще пары раз в неделю покупают мясные изделия в торговых сетях. А мужчины (особенно вне брака) охотнее становятся их клиентами.

Стоит отметить, что часть респондентов, которые ответили «никогда» и «очень редко», сами готовят мясные полуфабрикаты, либо из мяса домашних животных, либо приобретают его в магазине. Это особенно актуально для участников опроса, живущих в Волгоградской области.

Вне зависимости от пола, возраста, рода деятельности большинство респондентов за одну покупку в торговой сети приобретает мясные изделия на одинаковую сумму – от 300 до 1000 руб. Исключением являются люди старше 65 лет. Среди них преобладают покупки (58,3 %) мясных изделий на сумму до 500 руб.

Кроме того, участники опроса, состоящие в браке, чаще покупают мясные продукты свыше 500 руб., что можно объяснить заботой о близких и желанием порадовать домочадцев. Все вышеперечисленные закономерности отражены на рисунке 3.

Таблица 2 – Частота приобретения мясных полуфабрикатов в торговых сетях

Table 2 – The frequency of buying semi-finished meat products in retail chains

Частота / Fre- quency	Среди всех / Total	Возрастная группа / Age group				Пол / Gender		Состоит в бра- ке / Marital status	
		до 25 / up to 25 age	25-45	45-65	от 65 / after 65 years	женский / women	мужской / men	да / yes	нет / no
Каждый день / Everyday	3,0 %	3,4 %	1,6 %	1,9 %	12,5 %	1,0 %	6,4 %	3,1 %	3,0 %
Несколько раз в неделю / Several times a week	17,2 %	23,9 %	16,1 %	7,5 %	8,3 %	14,3 %	22,0 %	12,2 %	20,9 %
Раз в неделю / Once a week	16,3 %	16,6 %	14,5 %	15,0 %	29,2 %	12,5 %	22,5 %	12,8 %	19,0 %
Несколько раз в месяц / Several times a month	22,0 %	26,8 %	23,4 %	14,0 %	8,3 %	22,6 %	20,8 %	20,9 %	22,8 %
Раз в месяц/ Once a month	8,5 %	7,3 %	10,5 %	9,3 %	4,2 %	9,8 %	6,4 %	9,7 %	7,6 %
Очень редко / Very rarely	25,0 %	18,5 %	27,4 %	34,6 %	25,0 %	30,0 %	16,8 %	34,2 %	18,3 %
Никогда / Never	8,0 %	3,4 %	6,5 %	17,8 %	12,5 %	9,8 %	5,2 %	7,1 %	8,4 %

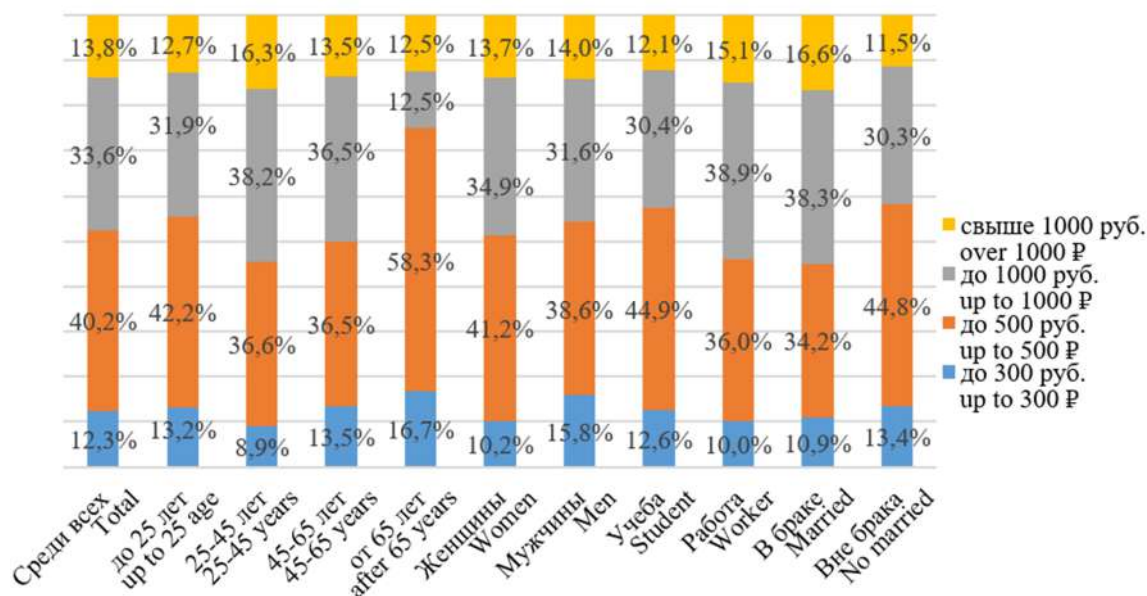


Рисунок 3 – Расходы на мясные продукты

Figure 3 – Spending on meat products

Из мясной продукции в рационе респондентов наибольший спрос имеют варено-копченые (61,3 %), вареные (55,4 %) и сырокопченые колбасные изделия (46 %). Другие виды мясных продуктов можно встретить на столе у каждого пятого респондента (таблица 3).

Кроме того, замечено, что среди участников опроса до 25 лет огромную популярность по сравнению с другими возрастными группами имеют практически все виды мясных продуктов, но больше всего – колбасные изделия и полуфабрикаты в тесте. Это можно объяснить тем, что молодые люди меньше уделяют времени правильному питанию, в результате чего среди них чаще можно встретить заболевания пищеварительного тракта [5]. К тому же мясные полуфабрикаты возможно легко и быстро довести до кулинарной готовности, что в условиях быстрого темпа современной жизни имеет важное значение для молодёжи.

Таблица 3 – Частота потребления мясных продуктов в зависимости от вида изделия

Table 3 – Frequency of consumption of meat products depending on the type of product

Наименование вида продукта / Name of product type	Среди всех / Total	Возрастная группа / Age group			
		до 25 / up to 25 age	25-45	45-65	от 65 / after 65 years
Варено-копченые колбасные изделия / Cooked-smoked sausages	61,3 %	60,6 %	70,2 %	54,7 %	50,0 %
Сырокопченые колбасные изделия / Raw smoked sausages	46,0 %	51,2 %	42,7 %	42,5 %	33,3 %
Сыровяленые колбасные изделия / Dry-cured sausages	21,9 %	25,1 %	17,7 %	20,8 %	20,8 %
Полукопченые колбасные изделия / Semi-smoked sausages	34,6 %	39,4 %	28,2 %	34,0 %	29,2 %
Вареные колбасные изделия / Cooked sausages	55,4 %	58,1 %	54,8 %	50,0 %	58,3 %
Студни, холодцы, заливные / Jellies, Jellied meats, aspics	22,1 %	15,8 %	24,2 %	32,1 %	20,8 %
Формованные полуфабрикаты / Molded semi-finished meat products	22,5 %	27,6 %	17,7 %	20,8 %	12,5 %
Полуфабрикаты в тесте / Semi-finished meat products in dough	33,9 %	51,7 %	25,0 %	15,1 %	12,5 %
Фаршированные полуфабрикаты / Stuffed semi-finished meat products	23,2 %	29,6 %	21,0 %	16,0 %	12,5 %
Кусковые полуфабрикаты / Lump semi-finished meat products	21,9 %	27,1 %	18,5 %	16,0 %	20,8 %
Паштеты / Pates	32,4 %	37,9 %	29,0 %	26,4 %	29,2 %
Кулинарные изделия / Culinary meat products	33,7 %	48,8 %	27,4 %	15,1 %	20,8 %
Консервы / Canned food	34,8 %	35,5 %	34,7 %	30,2 %	50,0 %

В анкету также входил вопрос: «Какие мясные рубленые полуфабрикаты встречаются в Вашем рационе». Подавляющее большинство респондентов ответили – котлеты (91,5 %). Следующим по популярности полуфабрикатом стали фрикадельки. Их выбрали 43,2 % респондентов. Биточки, шницели, зразы, рулеты и бифштексы употребляют менее 20 % опрошенных (рисунок 4).

В таблице 4 приведены результаты анкетирования участников о критериях при выборе пищевых продуктов [1, 7]. Самыми важными критериями при выборе пищевых продуктов респонденты считают качество, пользу и безопасность – 61,7 %, 61,3 % и 46,1 % соответственно. Немаловажным фактором при выборе также является цена. Ей отдают предпочтение 31,3 % респондентов. Эти критерии примерно одинаково беспокоят участников опроса вне зависимости от пола и возраста.

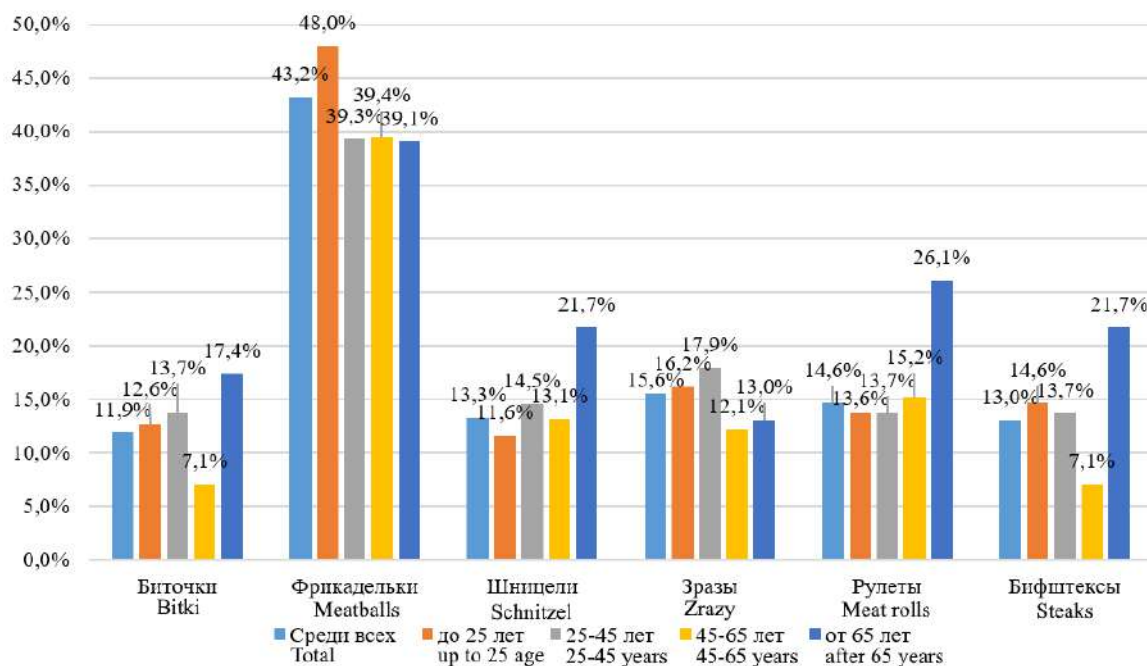


Рисунок 4 – Гистограмма предпочтений рубленых полуфабрикатов

Figure 4 – Histogram of preferences for chopped semi-finished meat products

Респонденты также ответили, каким свойствам упаковки отдают предпочтения. В их число входят: надежность (65,6 %), прочность (52,6 %), информативность (43,2 %) и удобность (35,1 %). Несмотря на то что привлекательность упаковки важна только для 19,3 % опрошенных, это свойство также играет большую роль при выборе продукта потребителями [10].

Согласно результатам опроса, 68,3 % участников отдают предпочтение охлажденным мясным полуфабрикатам, по сравнению с замороженными, причём чем старше респондент, тем больше.

В таблице 4 также показано отношение респондентов к функциональным и обогащенным мясным продуктам и растительным ингредиентам. Около 56 % участников опроса готовы приобрести такие изделия и не видят ничего отрицательного в составе мясных продуктов растительных ингредиентов. Однако некоторые более консервативные респонденты в возрасте от 45 до 65 лет не желают приобретать новые виды мясных продуктов, несмотря на возможную пользу от их употребления, а некоторые и вовсе высказывают опасения насчет добавления растительных ингредиентов.

Тем не менее, по результатам опроса выявлено, что для 85,3 % опрошенных важно разнообразие ассортимента мясных изделий. Также замечено, что спрос на рубленые полуфабрикаты не удовлетворен в полной мере. Некоторые респонденты отмечают, что в магазинах большое разнообразие колбасных изделий, а рубленые полуфабрикаты представлены в подавляющем большинстве котлетами. Этому можно найти подтверждение в исследовании, проведенном В. В. Березиной в 2022 году [2].

Небольшое количество опрошенных мусульман также отметило, что им важен ассортимент, но на прилавках магазинов чаще всего присутствует много мясных продуктов, в состав которых входит свинина, запрещенная для них по религиозным причинам.

В качестве источников информации о новинках (новых продуктах) респонденты используют интернет (46,4 %). Причём это наиболее выражено у людей до 25 лет (56,7 %). Вторым по популярности источником выступает телевидение (39,8 %), а так-

же другие средства массовой информации (29,2 %) и специальная литература (5,1 %). Стоит отметить, что среди респондентов, входящих в самую молодую возрастную группу, меньше остальных (только 4,9 % участников) информацию о новинках получают вербально (по отзывам от друзей, коллег, родственников и знакомых). В это же время у участников постарше это значение составляет от 11,6 % до 18,7 %.

Таблица 4 – Предпочтения потребителей в зависимости от пола и возраста

Table 4 – Consumer preferences by gender and age

Наименование / Title	Среди всех / Total	Возрастная группа / Age group				Пол / Gender	
		до 25 / up to 25 age	25-45	45-65	от 65 / after 65 years	жен- щина / women	муж- чина / men
Критерии при выборе пищевых продуктов / Criteria for choosing meat products							
Безопасность / Safety	46,1 %	53,2 %	41,9 %	38,3 %	41,7%	50,5%	38,7 %
Полезность / Utility	61,3 %	60,0 %	61,3 %	65,4 %	54,2%	64,5%	56,1 %
Органолептические свойства / Organoleptic properties	18,3 %	23,9 %	14,5 %	12,1 %	16,7%	17,8%	19,1 %
Стоимость / Price	31,3 %	31,2 %	25,0 %	38,3 %	33,3%	31,4%	31,2 %
Срок хранения / Shelf life	3,7 %	0,5 %	8,1 %	5,6 %	0,0%	3,8%	3,5 %
Популярность торговой марки / Brand popularity	3,7 %	4,9 %	1,6 %	2,8 %	8,3%	3,5%	4,0 %
Удобство упаковки / Conven- ience of packaging	3,3 %	4,4 %	1,6 %	2,8 %	4,2%	4,2%	1,7 %
Качество / Quality	61,7 %	59,0 %	61,3 %	66,4 %	66,7%	66,2%	54,3 %
Свойства упаковки / Packaging properties							
Надёжность / Reliability	65,6%	72,4%	66,7 %	52,8 %	58,3%	62,8%	70,2 %
Прочность / Strength	52,6%	59,6%	47,2 %	46,2 %	50,0%	54,7%	49,1 %
Информативность / Informative	43,2%	45,3%	41,5 %	44,3 %	29,2%	43,2%	43,3 %
Удобность / Convenience	35,1%	36,5%	35,0 %	34,9 %	25,0%	34,0%	36,8 %
Компактность / Compactness	21,5%	27,6%	15,4 %	18,9 %	12,5 %	19,3 %	25,1 %
Легкость / Light	11,8%	13,8%	8,9 %	12,3 %	8,3 %	12,6 %	10,5 %
Привлекательность / Attrac- tiveness	19,3%	29,1%	14,6 %	8,5 %	8,3 %	18,9 %	19,9 %
Термическое состояние / Thermal state							
Охлажденные / Cooled	68,3%	54,9%	73,2%	84,0 %	91,7 %	73,2 %	60,2 %
Замороженные / Frozen	35,7%	48,5%	29,3%	22,0 %	16,7 %	30,7 %	43,9 %
Готовность потребителей покупать функциональные и обогащенные мясные продукты / Consumer willingness to buy functional meat products							
Нет / No	18,4 %	10,7 %	22,0 %	30,2 %	13,0 %	17,6 %	19,7 %
Скорее, нет / Probably no	24,7 %	22,4 %	23,6 %	30,2 %	26,1 %	26,8 %	21,4 %
Скорее, да / Probably yes	40,3 %	44,9 %	42,3 %	31,1 %	30,4 %	43,0 %	35,8 %
Да / Yes	16,6 %	22,0 %	12,2 %	8,5 %	30,4 %	12,7 %	23,1 %
Отношение потребителей к мясным продуктам с растительными ингредиентами / Attitudes of consumers towards meat products with vegetable ingredients							
Положительно / Positive	27,5 %	33,8 %	23,4 %	18,9 %	33,3 %	26,3 %	29,5 %
Нейтрально / Neutral	52,0 %	59,8 %	50,0 %	41,5 %	41,7 %	50,5 %	54,3 %
Отрицательно / Negative	20,5 %	6,4 %	26,6 %	39,6 %	25,0 %	23,2 %	16,2 %

Последний вопрос, который был задан респондентам, определял, что не устраивает участников опроса в современном рынке мясных изделий. Большинство респондентов (53,3 %) всё устраивает. А остальных беспокоит соотношение качества и цены

мясных продуктов – 41,2 % и 35,9 % соответственно. Кроме этого, 17,1 % ответивших волнует наличие пищевых добавок (17,1 %) и использование антибиотиков и гормональной терапии в фермерских хозяйствах (2,9 %). Подробности о результатах опроса приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Недовольство потребителей / Table 5 – Consumer dissatisfaction

Наименование / Title	Среди всех / Total	Возрастная группа / Age group				Пол / Gender	
		до 25 / up to 25 age	25-45	45-65	от 65 / after 65 years	женщина / women	мужчина / men
Качество / Quality	41,2 %	29,3 %	47,4 %	51,4 %	23,1 %	44,6 %	33,8 %
Цена / Price	35,9 %	45,1 %	34,6 %	26,4 %	38,5 %	33,3 %	41,6 %
Пищевые добавки / Nutritional supplements	17,1 %	14,6 %	17,9 %	16,7 %	30,8 %	17,3 %	16,9 %
Несоответствие состава заявленному / Composition mismatch	7,3 %	6,1 %	6,4 %	9,7 %	7,7 %	8,9 %	3,9 %
Замена мяса соей / Replacing meat with soy	6,1 %	7,3 %	9,0 %	2,8 %	–	7,1 %	3,9 %
Мало натуральных продуктов / Few natural products	6,1 %	1,2 %	7,7 %	8,3 %	15,4 %	7,7 %	2,6 %
Скудный ассортимент / Poor assortment	5,3 %	4,9 %	7,7 %	2,8 %	7,7 %	6,0 %	3,9 %
Свежесть продуктов в магазине / Fresh	4,5 %	4,9 %	6,4 %	2,8 %	–	3,6 %	6,5 %
Антибиотики, гормональная терапия / Antibiotics, hormone therapy	2,9 %	2,4 %	1,3 %	4,2 %	7,7 %	3,0 %	2,6 %
Мало полезных наполнителей / Few useful supplements	2,4 %	4,9 %	–	2,8 %	–	3,6 %	–

Выводы. Вне зависимости от пола, возраста и семейного положения респонденты готовы покупать качественные и полезные мясные продукты по доступным ценам. Однако многим участникам опроса непонятно предназначение тех или иных пищевых добавок и ингредиентов, им неизвестно, что они безопасны в тех небольших количествах, которые вносят в пищевые продукты. Поэтому некоторые респонденты считают, что в мясных продуктах нет ничего натурального (6,1 %) и это, по их мнению, может вредить их здоровью. Всё это является результатом воздействия средств массовой информации и зачастую не соответствует действительности. Данным фактом можно косвенно объяснить и противоречие, которое возникает в ответах на некоторые вопросы. Так, 61,3 % респондентов одним из главных критериев при потреблении пищевых продуктов считают полезность. При этом не все из них готовы приобретать мясные продукты, содержащие пищевые ингредиенты, призванные восполнить дефицит того или иного питательного вещества (43,1 %).

Во время опроса также замечено, что участники опроса высказывают опасения по поводу растительных ингредиентов в составе мясных продуктов (20,5 %). У многих респондентов сразу возникла ассоциация с соей, большинство сортов которой, как известно, модифицированы на генном уровне.

Таким образом, полученные в результате исследования данные могут быть использованы не только в маркетинговых целях для повышения качества оказания услуг, но и при разработке новых мясных продуктов питания. Кроме того, участникам опроса не хватает знаний, что такое растительные ингредиенты и пищевые добавки в мясных продуктах. Поэтому в сложившейся ситуации часть потребителей не готова платить за «вредные» наполнители. То есть нужна информационная пропаганда, призванная исправить это и повысить общий уровень осведомленности населения. В то же время, другая часть опрошенных (более 53,3 %) не видит в этом ничего отрицательного и готова попробовать новые виды мясные продуктов.

Библиографический список

1. Беляев Н. М. Маркетинговые исследования потребительских мотиваций и предпочтений при выборе мясных продуктов // Аспирант. Изд-во: Южный университет (ИУБиП). 2016. № 3. С. 126-128.
2. Березина В. В. Анализ удовлетворенности спроса покупателей мясных фаршевых полуфабрикатов // БАЗИС. 2022. Т. 1. № 11. С. 9–12.
3. Глинкина И. М., Рыжков Е. И. Анализ современного состояния российского рынка полуфабрикатов в тесте // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2020. № 1 (14). С. 28-32.
4. Зайнуллина Н. В. Создание функциональных мясных продуктов, обогащенных полиненасыщенными (омега-3 и омега-6) жирными кислотами // Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства. 2018. № 20. С. 240-243.
5. Кругликова Е. В., Чанчаева Е. А., Айзман Р. И. Структура питания российских студентов как фактор риска развития алиментарных заболеваний // Acta biomedica scientifica. 2021. Т. 6. № 5. С. 68-80.
6. Малахова Т. Н. Функциональные продукты питания и их значение в питании // Наука в современных условиях: от идеи до внедрения. 2016. № 15. С. 51-59.
7. Саегталиев З. И., Шаяхметов И. Т., Хужахметова Г. Н. Исследование конъюнктуры на региональном мясном рынке // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С. 35-37.
8. Хатко З. Н., Колодина Е. М. Анализ потребления мясных и рыбных продуктов различными группами населения // Новые технологии. 2019. Т. 1. № 47. С. 216-229.
9. Bohrer B. M. An Investigation of the Formulation and Nutritional Composition of Modern Meat Analogue Products // Food Science and Human Wellness. 2019. P. 320–329.
10. Is packaging affecting consumers' preferences for meat products? A study of modified atmosphere packaging and vacuum packaging in Iberian dry-cured ham / A. Ortiz [et al.] // Journal of Sensory Studies. 2020. V. 35. № 4. P.12575.
11. Kyriakopoulou K., Dekkers, B., van der Goot A. J. Plant-Based Meat Analogues // Sustainable Meat Production and Processing. Academic Press. 2019. Chapter 6. P. 103-126.
12. The impact of functional food in prevention of malnutrition / M. H. Ahmed [et al.] // PharmaNutrition. 2022. № 19. 100288.

Информация об авторах:

Храмова Валентина Николаевна, доктор биологических наук, профессор, декан факультета технологии пищевых производств Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ) (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28). ORCID ID <https://orcid.org/0000-0001-7630-7672>

Контактный телефон: 8-903-37-03-393, E-mail: hramova_vn@mail.ru

Сурков Дмитрий Игоревич, аспирант Волгоградского государственного технического университета (ВолгГТУ) (РФ, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, 28). ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-2946-5915> Контактный телефон: 8-902-36-27-125, E-mail: surkov.dmitr@gmail.com

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF THE POTATO PLANTING MACHINE WITH HYDROGEL DURING IRRIGATION

A. N. Tseplyaev

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

Received 27.03.2023

Submitted 18.05.2023

Abstract

Introduction. To obtain products in irrigated agriculture, the main costs fall on the use of irrigated water. Depending on the crop grown, irrigation costs range from 27 to 40% of the total investment for the entire technology. These indicators are seriously influenced by agro-climatic conditions, soil types, irrigation methods, etc. To reduce these costs, one of the techniques may be the use of soil gels. They are able to accumulate moisture when it is excessive in the soil, and then, as it decreases, transfer it to plants through the root system. To study the effect of hydrogel on irrigated experimental fields of the Federal State Budget Scientific Institution «All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture», hydrogel «Avaxin» with an absorption capacity of 1:138 (on distilled water) was used, and when using irrigated water 1:118. The greatest effect, according to the results of the study of the use of hydrogel in the cultivation of agricultural products on irrigation is achieved on potatoes [1, 5, 12]. Therefore, the technological process of planting Gulliver potatoes simultaneously with the sealing of hydrogel is further considered and justified. **Object.** As an object of research, the technological process of planting potatoes «Gulliver» during irrigation using a hydrogel developed by the potato planter machine was analyzed. **Materials and methods.** A potato planter scheme is proposed that reduces damage to the tuber during planting simultaneously with the introduction of hydrogel, taking into account the conditions of subsequent irrigation. The method of calculating the main parameters of the potato planter is described. **Results and conclusions.** Reducing the cost of growing potatoes can be achieved through the use of hydrosorbents [2, 4, 10, 14]. However, these products have a high price, and in order to reduce the consumption of hydrogel, a potato planting technology is proposed with simultaneous embedding of hydrogel in the soil below the bottom of the furrow. There are no machines for performing this operation, therefore, a potato planter scheme is proposed, as well as its parameters that exclude damage to tubers during planting are theoretically justified. To obtain the necessary theoretical results, the MathCad program has been developed and implemented. Graphical curves of the permissible speed of potato feeding into the coulter group are obtained.

Key words: potato tubers, hydrogel, potato planter machine, spoon, permissible speed, combined coulter, bump.

Citation. Tseplyaev A. N. Theoretical justification of the parameters of the potato planting machine with hydrogel during irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 499-507 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-58.

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

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ КАРТОФЕЛЯ С ГИДРОГЕЛЕМ ПРИ ОРОШЕНИИ

А. Н. Цепляев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

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

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 18.05.2023

Актуальность. В орошаемом земледелии для получения продукции основные затраты приходятся на использование орошаемой воды. В зависимости от выращиваемой культуры расходы на орошение колеблются от 27 до 40 % от общих вложений на всю технологию. На эти

показатели серьезное влияние оказывают агроклиматические условия, типы почв, способы орошения и т.д. Для снижения указанных затрат одним из приемов может быть использование почвенных гелей. Они способны накапливать влагу при ее избытке в почве, а затем по мере снижения передавать растениям через корневую систему. Для исследования действия гидрогеля на орошаемых опытных полях ВНИИОЗ применялся гидрогель «Аваксин» с поглощающей способностью 1 : 138 (на дистиллированной воде), а при использовании орошаемой воды 1 : 118. Наибольший эффект по результатам исследования применения гидрогеля при выращивании с.-х. продукции на орошении достигается на картофеле [1, 5, 12]. Поэтому рассмотрен и обоснован технологический процесс посадки картофеля «Гулливер» одновременно с заделкой гидрогеля. **Объект.** В качестве объекта исследования анализировался технологический процесс посадки картофеля «Гулливер» при орошении с использованием гидрогеля разработанной картофелесажалкой. **Материалы и методы.** Предложена схема картофелесажалки, снижающей повреждение клубня при посадке одновременно с внесением гидрогеля с учетом условий последующего орошения. Изложена методика расчета основных параметров картофелесажалки. **Результаты и выводы.** Сокращения затрат на выращивании картофеля можно достичь за счет применения гидросорбентов [2, 4, 10, 14]. Однако эта продукция имеет высокую цену, а для снижения расхода гидрогеля предлагается технология посадки картофеля с одновременной заделкой гидрогеля в почву ниже дна борозды. Машины для выполнения указанной операции отсутствуют, поэтому предложена схема картофелесажалки, а также теоретически обоснованы ее параметры, исключающие повреждения клубней при посадке. Для получения необходимых теоретических результатов она разработана и реализована в программе MathCad. Получены графические кривые допустимой скорости подачи картофеля в сошниковую группу.

Ключевые слова: клубни картофеля, гидрогели, картофелесажалки, параметры картофелесажалок, конструкции картофелесажалок.

Цитирование. Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование параметров машины для посадки картофеля с гидрогелем при орошении. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 499-507. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-58.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Автор настоящей статьи одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство картофеля в России с каждым годом наращивается: если 2 года назад общая площадь под ним составляла 280,4 тыс. га, то в 2022 году она увеличилась на 7,7 %, составив 301,9 тыс. га. Картофель возделывается практически на всех территориях России, за исключением северной ее части [3, 6, 11]. Такая ситуация объясняется высоким спросом на него в качестве одного из основных продуктов питания. В России картофель считается вторым хлебом. Особенно возросла роль картофеля в условиях санкционной политики коллективного Запада. В юго-восточных, засушливых зонах России, к которым относят и Волгоградскую область, большая часть площадей картофеля находится под орошением [7, 13, 15]. При этом затраты только на подачу воды для полива картофеля достигают 92 160 руб. на 1 га, что составляет от 20 до 28 % затрат на весь цикл работ с уборкой урожая. Поэтому снижение себестоимости единицы продукции при получении картофеля – одна из важнейших задач. Чтобы получить высокий урожай картофеля при дождевании, необходимо вносить определенное количество минеральных удобрений. При этом количество удобрений достигает 650 кг на 1 га. Безусловно, часть удобрений промывается водой и вместе с ней уходит в нижние горизонты почвы, создавая условия для более интенсивного их засоления и повышая расход самих удобрений.

Из литературных источников известно, что снизить затраты на производство единицы продукции при возделывании картофеля можно за счет применения различных гидросорбентов. Чаще всего для этой цели применяют «Акрилекс» или «Аваксин».

Эти вещества, называемые гидрогелями, способны в сухом виде накапливать влагу вместе с удобрениями, увеличиваясь в объеме до 300...400 раз, а затем, по мере уменьшения влаги в почве, отдавать накопленную влагу и питательные вещества растениям. Эта функция гидрогелей позволяет снизить расходы воды и удобрений за счет более рационального их использования. Себестоимость производства гидросорбентов достаточно высока и может превышать 250 р. за 1 кг, поэтому наибольшую эффективность от их применения можно получить, если проводить локальное внесение одновременно с посадкой клубней [8, 9]. Следует также учитывать, что необходимо производить компактную подачу гидрогеля, располагая его ниже дна посадки, совмещая клубень и гнездо гидрогеля в вертикальной плоскости. Одно из требований при посадке картофеля с гидрогелем – это исключение повреждений клубня, т. к. гидрогель начинает адсорбировать влагу посадочного материала, что в последующем снижает всхожесть и динамику развитие растений, а также отрицательно влияет на урожайность.

Машины, способные выполнять такую операцию, в сельскохозяйственном производстве отсутствуют. Поэтому в статье рассматривается возможность создания современных машин на основе теоретических исследований получения и использования семенного материала при производстве картофеля сорта «Гулливёр» на орошаемых участках. В конструкции картофелесажалки, способной выполнить посадку картофеля вместе с гидрогелем, перед сошником устанавливается нож для подачи гидрогеля. По агротехническим требованиям он должен вносить продукт ниже дна борозды под картофель на 8..10 см. Следовательно, нож для подачи гидрогеля должен располагаться перед сошником картофелесажалки. Известно, что посадка клубней картофеля выполняется по схеме 75х30, поэтому гидрогель следует вносить только под клубень. Такая технология позволит существенно сократить расход дорогостоящего сополимера и повысит его эффективность за счет накопления большего объема воды в зоне развития картофеля. Эти указанные требования приводят к усложнению конструкции картофелесажалки, увеличению ее металлоемкости и повышению сопротивления машины при работе. Поэтому нами предлагается технология посадки клубня в зону предварительно уложенного в почву гидрогеля, а периодичность его внесения согласуется со схемой посадки. Сошник в этом случае должен быть модернизирован. Его параметры предлагается уменьшить по сравнению с типовым, а в его полости установить наклонную пластину-отбойник под некоторым углом для уменьшения повреждения клубня. Примерная его схема представлена на рисунке 1.

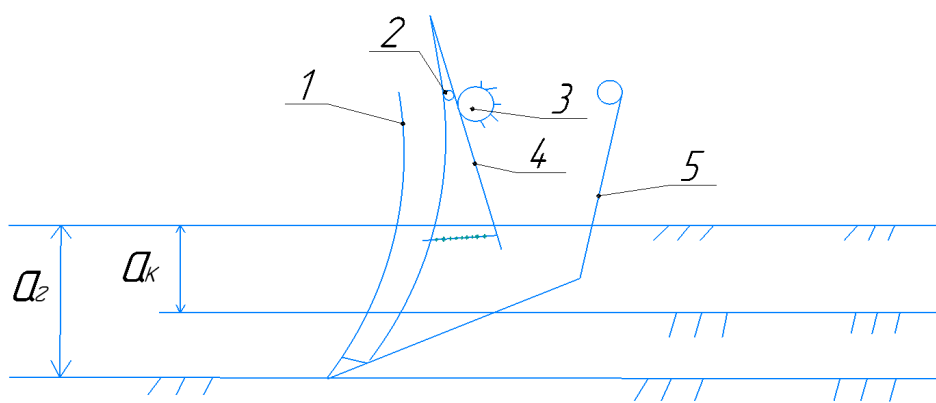


Рисунок 1 – Схема комбинированного сошника для посадки картофеля одновременно с гидрогелем:

1 – полый нож для подачи гидрогеля; 2 – шарнир; 3 – клубень; 4 – отбойник; 5 – корпус сошника

Figure 1 – Scheme of a combined coulter for planting potatoes simultaneously with hydrogel

1 – a hollow knife for feeding hydrogel; 2 – a hinge; 3 – a tuber; 4 – a bump; 5 – a coulter body

Комбинированный сошник состоит из корпуса 5, внутри которого смонтирован отбойник 4. Он служит для улавливания клубня картофеля при его сбрасывании из ложечки высаживающего аппарата и последующую подачу в зону работы полого ножа 1. Положение отбойника изменяется за счет поворота на шарнире 2 и зависит от изменения глубины установки полого ножа. Чем больше глубина, тем больше угол установки отбойника к плоскости дна борозды.

Рабочий процесс сошника заключается в том, что полый нож, объединённый с корпусом сошника, проделяет бороздку на глубину заделки гидрогеля (8...10 см ниже дна посадочной бороздки). Далее за счет естественного осыпания стенок борозды гидрогель закрывается сверху слоем почвы, на него отбойником направляется клубень картофеля. При этом гидрогель в почву закладывают порционно, что гарантирует большой объем накопления влаги с последующей ее передачей растениям вместе с накопленными удобрениями.

Рассмотрим взаимодействие клубня картофеля при его сбрасывании на косо установленный отбойник (рисунок 2).

Из теоретической механики известно, что при поступательном и вращательном движении тела возникает ускорение Кориолиса. На рисунке представлены следующие силы: $G=mg$ – сила тяжести клубня, н; N – нормальная сила со стороны клубня на поверхность ложечки, н; $2m\omega\dot{x}$ – сила Кориолиса, н; $m\ddot{x}$ – тангенциальная сила, н; $m\omega^2 R_{\text{л}}$ – центробежная сила от вращения ложечки, н. Спроектируем силы на оси координат.

$$\begin{cases} \sum x = 0; mg \cos \beta + m\omega^2 R_{\text{л}} - F_{\text{т}} - 2m\omega\dot{x} = 0; \\ \sum y = 0; -mg \sin \beta - N + m\ddot{x} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

$$\quad (2)$$

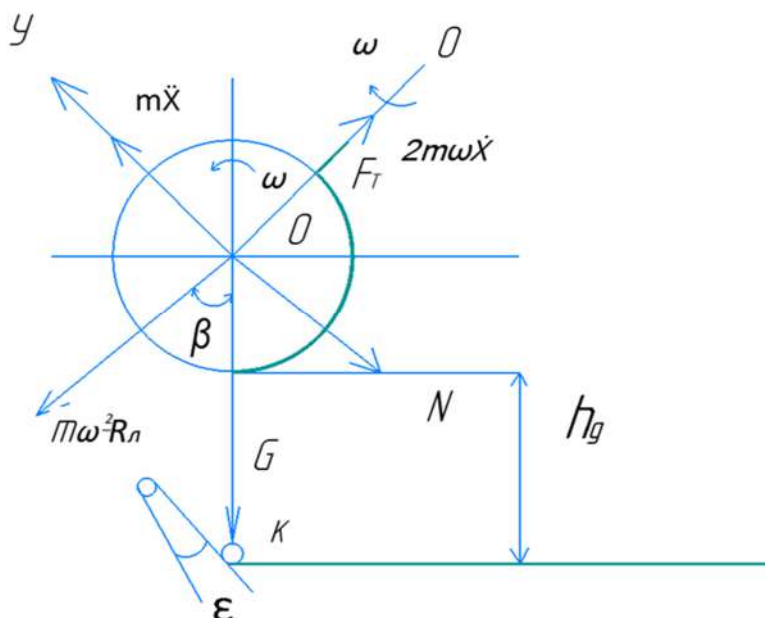


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на клубень картофеля при его сходе с кромки

Figure 2 – Diagram of forces acting on a potato tuber when it descends from the edge

Из полученной зависимости (2) найдем значение N и подставим его в уравнение поскольку $F_{\text{т}} = N \cdot f_{\text{т}}$.

$$\begin{aligned} N &= m\ddot{x} - mg \sin \beta, \\ mg \cos \beta + m\omega^2 R_{\text{л}} - 2m\omega\dot{x} - f_{\text{т}} m\ddot{x} - f_{\text{т}} mg \sin \beta &= 0, \end{aligned} \quad (3)$$

сократим уравнение на общую величину «m»:

$$g \cos \beta + \omega^2 R_{\text{л}} - 2\omega \dot{x} - f_{\text{т}} \ddot{x} - f_{\text{т}} g \sin \beta = 0. \quad (4)$$

Перепишем уравнение:

$$\ddot{x} - \frac{g}{f_{\text{т}}} \cos \beta - \frac{\omega^2}{f_{\text{т}}} R_{\text{л}} + \frac{2\omega}{f_{\text{т}}} \dot{x} + \frac{g}{f_{\text{т}}} \sin \beta = 0. \quad (5)$$

Представим уравнение (5) в виде выражения:

$$\ddot{x} + \frac{2\omega}{f_{\text{т}}} \dot{x} = \frac{g}{f_{\text{т}}} \cos \beta + \frac{\omega^2}{f_{\text{т}}} R_{\text{л}} - \frac{g}{f_{\text{т}}} \sin \beta. \quad (6)$$

Выражение (6) – не что иное, как уравнение в дифференциальной форме, а его интеграл можно записать:

$$x = x_1 + x_2, \quad (7)$$

$$x_1 = c_1 * e^{\varepsilon_1 t} + c_2 * e^{\varepsilon_2 t}, \quad x_2 = \kappa' t.$$

Перепишем уравнение (6) без свободного члена:

$$\ddot{x} + \frac{2\omega \dot{x}}{f_{\text{т}}} = 0.$$

Уравнение в характеристическом виде:

$$\varepsilon^2 + \frac{2\omega}{f_{\text{т}}} \varepsilon = 0.$$

Корни уравнения:

$$\varepsilon_1 = 0, \quad \varepsilon_2 = -\frac{2\omega}{f_{\text{т}}}.$$

Отсюда:

$$x_1 = c_1 + c_2 * e^{-\frac{2\omega}{f_{\text{т}}} t}, \quad (8)$$

От величины $x_2 = \kappa' t$ возьмем первую производную и вынесем в уравнение:

$$\begin{aligned} \frac{2\omega}{f_{\text{т}}} \kappa' &= \frac{g}{f_{\text{т}}} \cos \beta + \frac{\omega^2}{f_{\text{т}}} R_{\text{л}} - \frac{g}{f_{\text{т}}} \sin \beta, \\ \kappa' &= \frac{g}{2\omega} \cos \beta + \frac{\omega}{2f_{\text{т}}} R_{\text{л}} - \frac{g}{2\omega} \sin \beta, \\ x_2 &= \kappa' t = \frac{g}{2\omega} \cos \beta + \frac{\omega t R_{\text{л}}}{2f_{\text{т}}} - \frac{g t}{2\omega} \sin \beta, \\ x_2 &= \frac{g t}{2\omega} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega t R_{\text{л}}}{2f_{\text{т}}}. \end{aligned} \quad (9)$$

Полученные величины x_1 и x_2 (8,9) поставим в выражение (7)

$$x = c_1 + c_2 * e^{-\frac{2\omega t}{f_{\text{т}}} + \frac{g t}{2\omega}} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega t R_{\text{л}}}{2f_{\text{т}}}. \quad (10)$$

Возьмем производную полученного уравнения (10):

$$\dot{x} = \frac{dx}{dt} = \frac{2\omega t}{f_{\text{т}}} * c_2 * e^{-\frac{2\omega t}{f_{\text{т}}} + \frac{g t}{2\omega}} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega R_{\text{л}}}{2f_{\text{т}}}, \quad (11)$$

клубень начинает двигаться при начальных условиях:

$$t=0, \quad x = x_0, \quad \dot{x} = 0.$$

Отсюда из зависимостей (10, 11) получаем:

$$x_0 = c_1 + c_2,$$

Следовательно:

$$0 = -\frac{2\omega}{f_T} c_2 + \frac{g}{2\omega} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega R_L}{2f_T},$$

$$\text{т.е. } c_2 = \frac{gf_T}{4\omega^2} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{R_L}{4}.$$

Тогда:

$$c_1 = x_0 - c_2 = x_0 - \frac{gf_T}{4\omega^2} (\cos \beta - \sin \beta) - \frac{R_L}{4},$$

$$x = x_0 - \frac{gf_T}{4\omega^2} (\cos \beta - \sin \beta) - \frac{R_L}{4} + \frac{gf_T}{4\omega^2} (\cos \beta - \sin \beta) * e^{-\frac{2\omega t}{f_T} + \frac{R_L}{4}} e^{-\frac{2\omega t}{f_T} + \frac{gt}{2\omega}} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega R_L t}{2f_T}. \quad (12)$$

Первая производная полученного выражения (12) будет значением относительной скорости:

$$\dot{x} = u = -\frac{g}{2\omega} (\cos \beta - \sin \beta) * e^{-\frac{2\omega t}{f_T}} - \frac{\omega}{f_T} * \frac{R_L}{2} * e^{-\frac{2\omega t}{f_T} + \frac{gt}{2\omega}} + \frac{g}{2\omega} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega R_L}{2f_T}.$$

Для сокращения выражения проведем некоторую компоновку именно:

$$u = \frac{g}{2\omega} (\cos \beta - \sin \beta) * (1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}}) + \frac{\omega R_L}{2f_T} (1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}}) = [\frac{g}{2\omega} (\cos \beta - \sin \beta) + \frac{\omega R_L}{2f_T}] (1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}}). \quad (14)$$

В конструкции картофелесажалок для уменьшения ударного воздействия при сбрасывании клубней в сошник угол $\beta = 0$. Отсюда:

$$u = (\frac{g}{2\omega} + \frac{\omega R_L}{2f_T}) (1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}}), \quad (15)$$

Однако при работе картофелесажалки, кроме относительной скорости картофеля от поворота ложечки, действует еще и поступательная – от его падения до взаимодействия с отбойником. Её значение находится как:

$$V_h = \sqrt{2gh_g},$$

где h – высота между центром ложечки и точкой контакта клубня с отбойником. (т.К).

Отсюда абсолютная скорость клубня будет определена:

$$V_a = \sqrt{u^2 + 2uV_h \cos \alpha + V_h^2}, \quad (16)$$

где α – угол между вектором окружной скорости « u » и переносной V_h .

Ранее принято условие, что выпадение клубня из ложечки начинается в момент ее нахождения в нижней точки траектории движения. Вектором окружной скорости здесь будет направлена горизонтально, а переносная вертикально вниз т.е. $\alpha = \frac{\pi}{2}$, т.е. $\cos \frac{\pi}{2} = 0$;

$$V_a = \{[\frac{g}{2\omega} + \frac{\omega R_L}{2f_T}] (1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}})\}^2 + (2gh_g)^2\}^{1/2}. \quad (17)$$

Используя полученное выражение (17), можно определить в последующем допустимую скорость удара, при которой исключается повреждение клубня картофеля. Для этого необходимо воспользоваться формулой Горячкина, определяющей предельную скорость тела при ударе:

$$v_n = k' \sqrt{\frac{g}{G * \sigma}}, \quad (18)$$

где k' – предельное напряжение материала, $\frac{H}{M^2}$; g – ускорение свободного падения, m/c^2 ; G – модуль сдвига, H/M^2 ; σ – удельный вес материала, H/M^3 .

Преобразуем формулу (18) в соответствии с общепринятыми обозначениями, а именно:

$$v_n = k' \left(\frac{g}{E \cdot \mu_M} \right)^2, \quad (19)$$

где E — модуль упругости при касательных напряжениях, Н/м²; μ_M — удельный вес материала, Н/м³.

Приравняем между собой зависимости 17 и 19 и найдем предельные значения « h_g », исходя из допустимой окружной скорости ложечки.

$$k' \left(\frac{g}{E \cdot \mu_M} \right)^2 = \left\{ \left[\left(\frac{g}{2\omega} + \frac{\omega R_L}{2f_T} \right) \left(1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}} \right) \right]^2 + (2gh_g)^2 \right\}^{1/2}, \quad (20)$$

Возведем обе части выражения (20) в квадрат:

$$(k')^2 \frac{g}{E \cdot \mu_M} = \left[\left(\frac{g}{2\omega} + \frac{\omega R_L}{2f_T} \right) \left(1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}} \right) \right]^2 + 2gh_g, \quad (21)$$

$$h_g = \frac{(k')^2}{2 \cdot E \cdot \mu_M} - \frac{\left[\left(\frac{g}{2\omega} + \frac{\omega R_L}{2f_T} \right) \left(1 - e^{-\frac{2\omega t}{f_T}} \right) \right]^2}{2g}, \quad (22)$$

Для решения уравнения (22) была разработана программа в системе MathCad и при её реализации получена теоретическая зависимость в виде графика, представленного на рисунке 3. При постоянных радиусах поворота ложечки R_L изменялась угловая скорость « ω », при этом находилась доступная высота падения клубня.

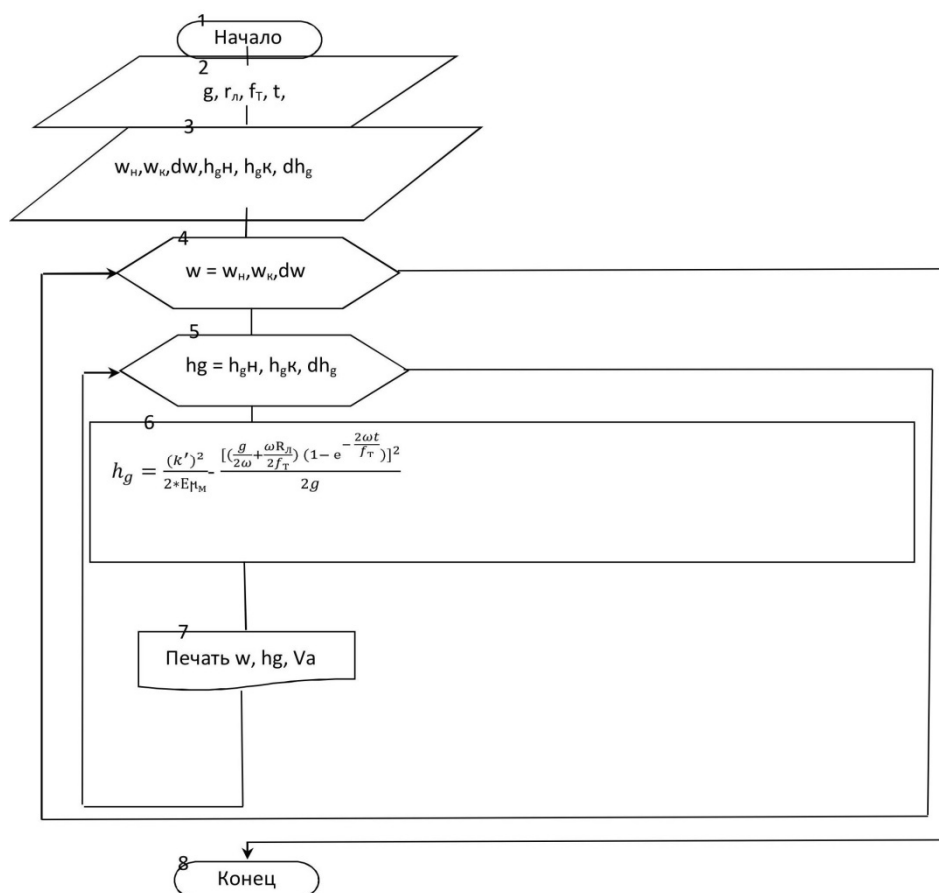


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма по определению допустимой высоты падения клубня

Figure 3 – Block diagram of the algorithm for determining the permissible height of the tuber fall

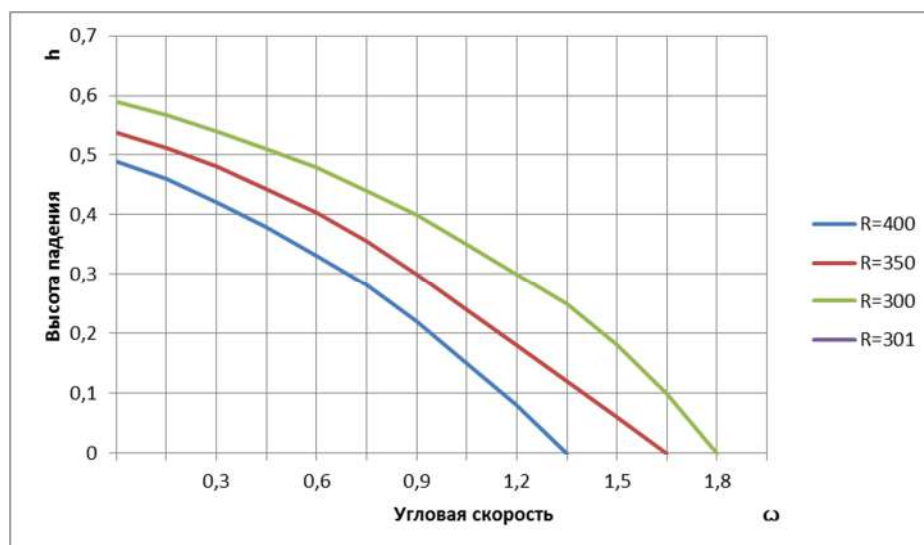


Рисунок 4 – График изменения допустимой высоты падения клубня при работе картофелесажалки

Figure 4 – Graph of the change in the permissible height of the tuber fall during the operation of the potato planter

Выводы. Судя по графикам, они носят плавно убывающий характер, т.е. с увеличением угловой скорости допустимая высота между ложечкой и пластиной-отражателем сошника должна уменьшаться, к примеру при 0,3, допустимая высота сбрасывания составляет от 0,52 м при радиусе поворота ложечки 0,3 м до 0,47 м, если 0,4. Однако с ростом угловой скорости $\omega = 1,2 \text{ с}^{-1}$, высота h_g при $R_l = 0,3 \text{ м}$ и $h_g = 0,12 \text{ м}$, а при $R_l = 0,4 \text{ м}$; $h_g < 0,1 \text{ м}$. Указанные кинематические параметры должны быть учтены в конструкции, а именно допустимые колебания сошника при большем радиусе необходимо снижать, как и угловую скорость поворота ложечки. Безусловно, ограничения при конструировании вызовут снижение производительности агрегата за счет уменьшения его скорости движения, но указанный недостаток можно устранить, используя покрытие рабочих поверхностей, например, резиной.

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. 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.
3. Калинин А. Б., Теплинский И. З., Теймуров Т. Ш. Совершенствование методов и средств снижения технологических рисков при функционировании машин для возделывания картофеля // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (62). С. 178-190.
4. Наумов П. В., Щербакова Л. Ф., Околелова А. А. Оптимизация влагообеспеченности почв с помощью полимерных гидрогелей // Изв. Нижневолж. агроунивер. компл. 2011. № 4. С. 1–5.
5. Ревенко В. Ю., Агафонов О. М. Использование гидрогелей в растениеводстве // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2018. № 11-2. С. 59-65.
6. 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.
7. Старовойтов В. И., Старовойтова О. А., Манохина А. А. Возделывание картофеля с использованием влагосберегающих полимеров // Техника и технологии АПК. 2015. № 1. С. 15-18.

8. Тибирьков А. П., Филин В. И. Влияние полиакриламидного гидрогеля на структурно-агрегатный состав пахотного слоя светло-каштановой почвы Волго-Донского междуречья // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4. С. 1–5.

9. Тимошенко В. В., Цепляев А. Н. Эффективность использования сошника для посева и внесения гидрогеля и жидких удобрений // Стратегические основы инновационного развития АПК в современных экономических условиях. Волгоград: ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ, 2016. Том 2. 400 с.

10. Цепляев А. Н., Цепляев В. А., Магомедов А. М. Разработка и исследование секции сеялки для посева семян овощных и бахчевых культур одновременно с гидрогелем // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 380-389.

11. Цепляев А. Н., Непокрытый Р. А. Энергоресурсосберегающие технологии посадки картофеля в орошаемом земледелии с использованием модернизированной картофелесажалки // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1. С. 472-482.

12. Эколого-географическая оценка сортов картофеля отечественной селекции на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья / О. Г. Гиченкова, К. А. Родин, А. А. Новиков, Ю. А. Лаптина, Н. А. Куликова // Мелиорация и гидротехника. 2022. № 1. С. 34-48.

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.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-59

CHARACTERISTICS OF INDICATORS OF RELIABILITY OF WORK OF AGRICULTURAL MACHINERY

A. V. Gribenchenko, A. I. Ryadnov, D. S. Gapich, V. A. Motorin

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 17.03.2023

Submitted 04.05.2023

Abstract

Relevance. An important characteristic of the reliability of rubbing parts of agricultural machinery is the average wear value. By the average value, it is possible to predict with high probability the residual life of the joint or individual parts. **An object.** The object of research is the working organs of the threshing drum of a combine harvester. **Materials and methods.** The main reason for the malfunction of machines is wear due to external influences or gradual processes in the joints during friction. During the operation of the machines, the connections and connections weaken, gaps appear in the interfaces and as a result there is a loss of rigidity. Due to the decrease in the contact area of the surfaces of the mating parts, there is a loss of tightness, shock loads increase and, as a result, the wear process accelerates. To study the nature of the wear of the reefs of the threshing drum of the combine harvester, the nature of the wear of the set of scourges installed on the threshing drum of the Nova-340 combine

was studied. After one season of operation of the combine harvester (250 moto-hours), the greatest wear of the reefs of the beeches was observed in its central part, and averaged 1.2 mm. Based on the data obtained, a statistical series was compiled and differential and integral distribution functions of the probability of wear of the reefs of the drum beeches were constructed. **Results and conclusions.** With the help of the obtained results of the average value of the wear of the beach reefs, a visual representation of the experimental distribution of the reliability indicator is obtained, which allows.

Key words: drum beach, operational operating time, reliability indicator, reef wear.

Citation. Gribenchenko A. V., Ryadnov A. V., Gapich D. S., Motorin V. A. Characteristics of reliability indicators of work of agricultural machinery parts. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 507-515 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-59.

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 submitted final version.

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

УДК 621.8:631.3

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ ДЕТАЛЕЙ МАШИН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

А. В. Грибенченко, кандидат технических наук, доцент

А. И. Ряднов, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Д. С. Гапич, доктор технических наук, доцент

В. А. Моторин, доктор технических наук, доцент

Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 17.03.2023

Дата принятия к печати 04.05.2023

Актуальность. Важной характеристикой надёжности трущихся деталей машин сельскохозяйственного назначения является среднее значение износа. По среднему значению возможно с большой вероятностью прогнозировать остаточный ресурс сопряжения или отдельных деталей. **Объект.** Объектом исследований являются рабочие органы молотильного барабана зерноуборочного комбайна. **Материалы и методы.** Основной причиной нарушения работоспособности машин является изнашивание из-за внешних воздействий или постепенных процессов в соединениях при трении. За время эксплуатации машин соединения и связи ослабевают, появляются зазоры в сопряжениях и как результат происходит потеря жесткости. По причине уменьшения площади контакта поверхностей сопрягаемых деталей происходит потеря герметичности, увеличиваются ударные нагрузки, и в результате ускоряется процесс изнашивания. Для изучения характера износа рифов бичей молотильного барабана зерноуборочного комбайна был изучен характер износа комплекта бичей, установленных на молотильный барабан комбайна Нова-340. После одного сезона работы комбайна (250 мото-часов) наибольший износ рифов бичей наблюдался в центральной его части и в среднем составил 1,2 мм. На основании полученных данных был составлен статистический ряд и построены дифференциальные и интегральные функции распределения вероятности износа рифов бичей барабана молотильного аппарата. **Результаты и выводы.** С помощью полученных результатов среднего значения износа рифов бича получено наглядное представление об опытным распределении показателя надёжности, позволяющего решать ряд инженерных задач графическими способами.

Ключевые слова: бич барабана, показатели надёжности деталей, износ рифов, барабаны зерноуборочных комбайнов.

Цитирование. Грибенченко А. В., Ряднов А. В., Гапич Д. С., Моторин В. А. Характеристика показателей надёжности работы деталей машин сельскохозяйственного назначения. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). 507-515. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-59.

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. Надежность – один из главных показателей технического уровня зерноуборочного комбайна. Согласно технической документации по эксплуатации зерноуборочного комбайна [4, 2], основными характеристиками надежности являются:

- наработка на один технический отказ, T_0 , ч (т, га);
- коэффициент готовности, Кг.

Для зерноуборочных комбайнов объем работ должен быть не менее $T_{\Sigma} \geq 200$ ч, что является суммарным показателем при определении надежности.

За время работы зерноуборочных комбайнов возникают технические отказы, которые подразделяют по сложности неисправностей, продолжительности и трудоемкости их устранения на три основные группы [1]:

- к первой группе можно отнести неисправности, с которыми вполне может справиться сам комбайнер с использованием инструмента, находящегося в комплектации комбайна. В эту группу входят мелкие отказы, такие как нарушение соосности валов зернового элеватора, износ зубьев звёздочки привода колосового шнека из-за разрегулировки, самоотворачивание гайки на конусной втулке подшипника барабана-ускорителя и т.д. Эти неисправности легко обнаруживаются и устраняются с помощью запасных частей;

- вторая группа отказов включает неисправности средней тяжести, и для их устранения необходимо специальное оборудование, а также квалифицированный персонал (сварщики, специалисты по гидрооборудованию, электронике и т.п.). К этой группе относятся, например, такие неисправности, которые требуют процессов сварки (заварка трещин корпуса пылесъёмника);

- в третью группу входят тяжелые отказы, приводящие к выводу комбайна из строя на длительный период специализированного ремонта систем комбайна, двигателя, молотильного аппарата в результате попадания посторонних предметов, поломки бортовых редукторов и других узлов трансмиссии.

Процесс обмолота хлебной массы осуществляется молотильным аппаратом и является основным рабочим процессом комбайна. В связи с этим на молотильный аппарат приходится примерно 85 % всех поломок, и в основном, относятся к эксплуатационной наработке зерноуборочного комбайна [9].

Как правило, эксплуатационная наработка приводит к износу рабочих поверхностей. Также во время работы комбайна велика вероятность попадания посторонних предметов в молотильный аппарат, в таком случае возможен не только износ рабочих органов, но и серьезные повреждения узлов и деталей. В результате таких непредвиденных поломок (устранение деформаций, прогибов, восстановление правильной геометрии деталей, балансировка и т.д.), ремонт или восстановление будет более дорогостоящим и технологически сложным.

В целом основной причиной нарушения работоспособности машин является изнашивание из-за внешних воздействий или постепенных процессов в соединениях при трении [3, 9, 12]. За время эксплуатации машин соединения и связи ослабевают, появляются зазоры в сопряжениях и как результат – происходит потеря их жесткости. По причине уменьшения площади контакта поверхностей сопрягаемых деталей происходит потеря герметичности, увеличиваются ударные нагрузки и в результате ускоряется процесс изнашивания.

В зависимости от условий работы машины изнашивания пар трения подразделяются по видам и стадиям.

Изнашивание деталей машин при трении скольжения происходит в зависимости от скорости перемещения трущихся поверхностей относительно друг друга, от давления, силы действующей нагрузки, перепада температур, размера и конфигурации поверхности трения, наличия и качества смазочных материалов, попадания частиц абразивной среды в зону трения, а также других факторов и воздействий.

За время эксплуатации машин проявляются такие виды изнашивания, как механические, коррозионно-механические, изнашивание под воздействием электрического тока.

Механическое изнашивание является результатом механических воздействий по ряду причин. Наиболее распространённым видом этого изнашивания является разрушение металлов при трении. Оно бывает абразивное и эрозионное, при заедании и схватывании, усталостное [3, 12].

Во время работы машины неизбежно возникает трение между сопрягающимися деталями. А так как сельскохозяйственные машины практически всегда работают в тяжёлых условиях, то велика вероятность попадания абразивных частиц и других продуктов износа (с загрязнённым воздухом, смазочным материалом, топливом) в зону трения, что и вызывает абразивный износ.

Наиболее характерно абразивное изнашивание проявляется в цилиндро-поршневой группе, подшипниках скольжения, деталей рабочих органов.

К механическому изнашиванию относится и эрозионное изнашивание, которое возникает в результате воздействия потока жидкости или газа с примесью абразивных частиц. Данное изнашивание наиболее часто встречается у деталей газораспределительного механизма двигателей, это клапаны и седла клапанов, также у деталей систем охлаждения, гидроприводы. Детали, работающие в условиях соприкосновения с высокоскоростными потоками жидкости, сопровождающиеся перепадами давления и температур, подвержены кавитационному изнашиванию. В двигателе такое изнашивание происходит на наружных поверхностях гильз цилиндров, деталях водяного насоса.

Загруженность рабочих органов молотильного аппарата поступающей хлебной массой во время работы зерноуборочного комбайна, является важной информацией. Эти данные требуются для оценки функционирования в условиях использования. Традиционные методы оценки функционирования основаны на показателях неравномерности поступающей хлебной массы в молотилку комбайна, а показатель загруженности рабочих органов молотильного аппарата и распределение потерь зерна по ширине обмолоченного валка из-за износа рифов бича на данный момент не проводилось.

Материалы и методы. За время работы комбайна происходит износ бичей барабана, а именно тонкой грани бича [7, 8] вследствие эксплуатационной наработки. Что и приводит к увеличению зазора между барабаном и декой, и как следствие обмолот хлебной массы ухудшается.

Показано, что износ бича в центральной части молотильного барабана примерно в два раза больше, чем по краям (рисунок 1), это происходит по разным оценкам из-за несовершенства конструкции жатки и других воздействий.

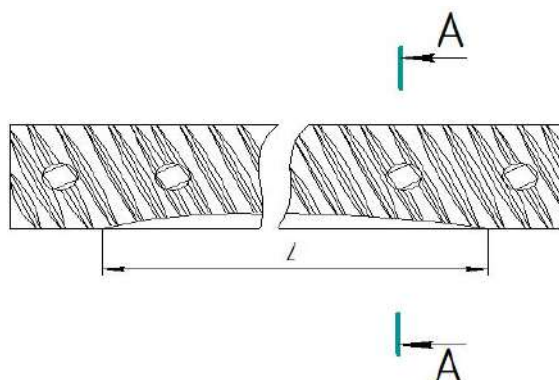


Рисунок 1 – Место износа бича: L – основной износ

Figure 1 – The place of wear of the scourge: L – Main wear

С превышением срока эксплуатации зерноуборочного комбайна свыше 750 часов происходит износ рабочих органов молотильного барабана, что приводит к повышению потерь недомолоченным или травмированным зерном. При износе рифов от 0 до 5 мм недообмолот и потери свободного зерна на уборке пшеницы влажностью 21 % возрастают от 1,75 до 3,15 %, дробление уменьшается с 12,2 до 0,80 %, а повреждения – с 14,5 до 5 % [4]. С ухудшением состояния рифов бичей увеличиваются потери – невымолоченное зерно.

С целью получения экспериментальных данных по эксплуатационному износу был установлен новый комплект бичей на молотильный барабан комбайна Нова-340. Некоторые геометрические параметры нового бича представлены на рисунке 2.

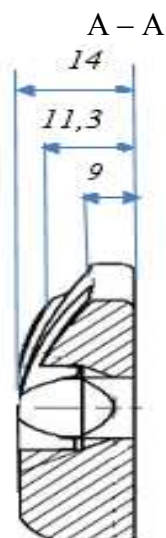


Рисунок 2 – Разрез нового бича (до износа) / Figure 2 – Section of a new whip (before wear)

За один сезон работы комбайна его наработка составила 250 мото-часов. Контрольный замер высоты рифов бича (рисунок 3) после одного сезона работы комбайна показал, что износ рифов в среднем составил 1,2 мм.

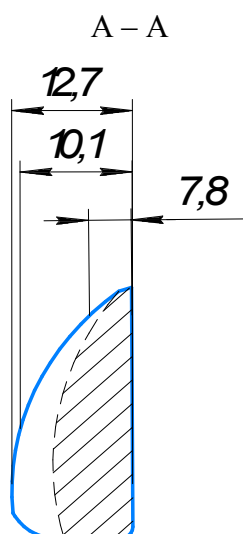


Рисунок 3 – Разрез бича (после одного сезона работы)

Figure 3 – Section of the whip (after one season of work)

Результаты и обсуждение. Среднее значение опытных вероятностей изнашивания деталей и узлов машин является важной характеристикой показателя надежности. Определив среднее значение, возможно спланировать работу машин, составить потребность в запасных частях, определить объемы ремонтных работ и т.д.

На основании статистического ряда можно построить гистограмму, полигон и кривую накопленных опытных вероятностей, которые дают наглядное представление об опытном распределении показателя надежности и позволяют решать ряд инженерных задач графическими способами. Для наших исследований мы строим кривую накопленных опытных вероятностей, т.к. это более удобно для решения практических задач, потому что все искомые показатели находятся на оси ординат, т.е. число изношенных рифов бича молотильного барабана зерноуборочного комбайна.

С помощью кривой накопленных опытных вероятностей мы сможем определить число рифов бича, которые достигнут предельного состояния и спрогнозировать его замену.

Для выполнения этих задач нами были демонтированы экспериментальные бичи с барабана зерноуборочного комбайна и произведён замер износа рифов (рисунок 4). Наибольший износ оказался в центральной части молотильного барабана, примерно в два раза больше чем по краям. Это происходит по разным оценкам [4] из-за несовершенства конструкции жатки, неправильно подобранных режимов обмолота, а также по причине устремления хлебной массы к центру молотильного барабана вследствие высокой окружной скорости барабана. С уменьшением высоты рифов бичей из-за износа, ухудшается равномерное распределение поступающей хлебной массы по длине молотилки, что еще сильнее сказывается на износе рифов именно в центральной его части.

Частоту выбраковочного износа рифов бича барабана зерноуборочного комбайна, найдём из следующих расчётов.

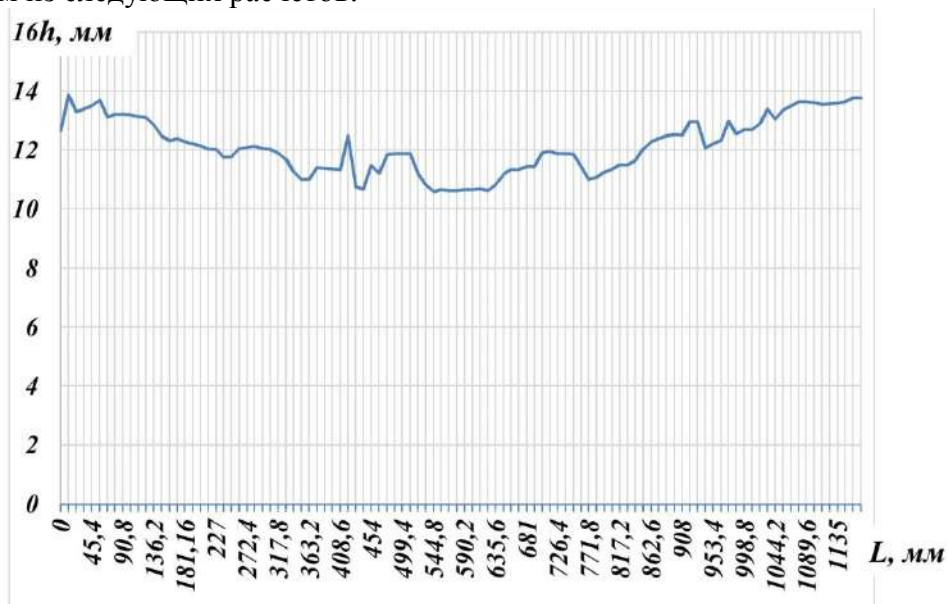


Рисунок 4 – Диаграмма износа рифов (h) бича барабана зерноуборочного комбайна по длине (L , мм)

Figure 4 – Reef wear diagram (h) of the whip of the combine harvester drum along the length (L , mm)

Число интервалов статистического ряда: 1

$$n = \sqrt{N} \pm 1 = \sqrt{104} = 10, \quad (1)$$

где N – повторность информации

Длина (протяженность) интервала:

$$A = \frac{t_{max} - t_{min}}{n} = \frac{1180 - 0}{10} = 118 \text{ мм}, \quad (2)$$

где t_{max} и t_{min} – наибольшее и наименьшее значения показателя надежности в сводной таблице информации.

За начало первого интервала рекомендуют принимать наименьшее значение показателя надежности. В данном примере начало первого интервала $t_{min} = 0$ мм

На каждом интервале опытная вероятность определялась выражением:

$$P_i = \frac{m_i}{N}, \quad (3)$$

где m_i – опытная частота в i -м интервале статистического ряда.

Накопленная опытная вероятность определяется путём сложения опытных вероятностей интервалов статистического ряда. В нашем случае накопленная опытная вероятность в третьем интервале $\Sigma P_3 = 0 + 0 + 0,05 = 0,05$.

Полученные данные по частоте выбраковочного износа рифов сведём в таблицу.

На основании экспериментальных и расчётных данных были построены дифференциальные и интегральные функции распределения вероятности износа рифов бичей барабана молотильного аппарата (рисунок 5).

Таблица – Частота выбраковочного износа рифов бича барабана зерноуборочного комбайна

Table – Frequency of culling wear of the reefs of the whip drum of the combine Harvester

Интервал, мм	0- 118	118- 236	236- 354	354- 472	472- 590	590- 708	708- 826	826- 944	944- 1062	1061- 1180
Частота изношенных рифов, Δm	0	0	5	9	11	10	9	4	0	0
Опытная вероятность, P_i	0	0	0,05	0,09	0,11	0,10	0,09	0,04	0	0
Накопленная опытная вероятность, ΣP_i	0	0	0,05	0,14	0,25	0,35	0,44	0,48	0,48	0,48

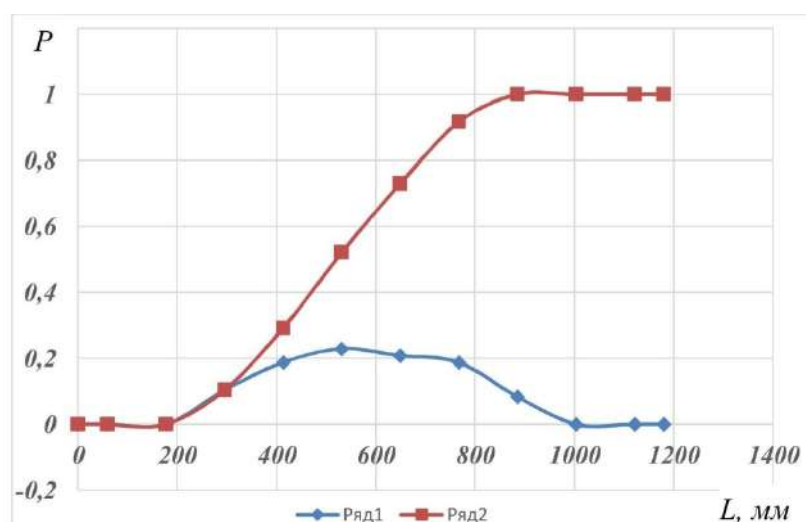


Рисунок 5 – Дифференциальные (Ряд 1) и интегральные (Ряд 2) функции распределения вероятности износа рифов бича барабана молотильного аппарата зерноуборочного комбайна по длине

Figure 5 – Differential (Row 1) and integral (Row 2) distribution functions of the probability of wear of the reefs of the whip drum of the threshing machine of the combine harvester along the length

Дальнейший анализ полученных графических зависимостей показал, что распределение величины износа рифов бичей по длине подчиняется закону нормального распределения. Вероятность совпадения теоретического закона с опытным распределением, по критерию согласия Колмогорова, составило 0,967.

Выводы:

1. По полученным результатам среднего значения величины износа рифов бича и распределения износа по длине бича можно прогнозировать остаточный ресурс исследуемой детали в зависимости от наработки, а также определять потребность в количестве запасных частей для рассматриваемого периода эксплуатации.

2. Анализ экспериментальных данных и полученных графических зависимостей показал, что распределение величины износа рифов бичей по длине подчиняется закону нормального распределения. Вероятность совпадения теоретического закона с опытным распределением, по критерию согласия Колмогорова, составило 0,967.

Библиографический список

1. Борисова М. Л., Дианов Л. В. Пути снижения потерь семенной массы полевых культур при комбайновой уборке // Вестник АПК Верхневолжья. 2015. № 3 (31). С. 85-88.
2. Грибенченко А. В., Ряднов А. И. Повышение долговечности деталей машин сельскохозяйственного назначения из железоуглеродистых сплавов за счёт термической обработки // Известия. 2021. № 3 (63). С. 306-314.
3. Забиров И. М., Забиров А. И. Организация дистанционного наблюдения за техническим состоянием механизмов молотилки зерноуборочных комбайнов // Ресурсосберегающие технологии и технические средства для производства продукции растениеводства и животноводства: сборник статей II Международной научно-практической конференции. Пенза, 2015. С. 23-27.
4. Кузин А. В. Влияние технического состояния рифов бичей молотильного барабана на потери // Инновационные процессы в научной среде: материалы международной (заочной) научно-практической конференции. Нефтекамск, 2018. С. 72-79.
5. Липская В. К., Саяпин Б. И. Причины потерь зерна в соломе за молотилкой зерноуборочных комбайнов и способы их снижения // Материалы международной научно-технической конференции. 2015. С. 105-113.
6. Ряднов А. И., Тронеv С. В. Оптимизация конструкции распределительного шнека зерноуборочного комбайна // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 185-194.
7. Тронеv С. В. Оценка загрузки рабочих органов зерноуборочного комбайна хлебной массой // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. № 4-4 (58). С. 101-104.
8. Тронеv С. В., Ряднов А. И. Моделирование работы зерноуборочного комбайна // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 2 (26). С. 171-184.
9. Шахов В. А., Терехов О. Н., Коляда В. С. Новые технологии и оборудование для восстановления подбарабаний комбайнов CLAAS TUCANO // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 80-82.
10. Шрейдер Ю. М., Горбачев И. В. Повышение эффективности зерноуборочных комбайнов // Техника и оборудование для села. 2018. № 8. С. 20-22.
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. Structuring carbon alloys due to carbon mass transfer / A. V. Gribenchenko, A. S. Ovchinnikov, D. S. Gapich, V. A. Motorin, A. E. Novikov, V. S. Bocharnikov, S. D. Fomin // Conference on Innovations in Agricultural and Rural development: IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. № 341. 012137.

Информация об авторах

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

Ряднов Алексей Иванович, д-р с.-х. наук, профессор кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Тел. 89033729954; e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Гапич Дмитрий Сергеевич, доктор техн. наук, доцент кафедры «Электроснабжение и энергетические системы», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Тел. 89272577735; e-mail: gds-08@mail.ru

Моторин Вадим Андреевич, доктор техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация и технический сервис машин в АПК», ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ. Тел. 89876512921; e-mail: vmotorin001@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-60

DETERMINATION OF ACCURATE INFORMATION ON SOLAR RADIATION INTENSITY

Yu. V. Daus¹, Ye. A. Denisenko¹, D. A. Desyatnichenko², D. N. Grisichenko¹

¹FSBEI HE "Kuban State Agrarian University", Russia, 350044, Krasnodar

²FSBSI "Agrarian Research Center "Donskoy", Russia, 347740, Zernograd

Received 07.03.2023

Submitted 10.05.2023

*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 total solar radiation data obtained from various sources of actinometrical information is analyzed and it is noted that, along with the data obtained from experimental studies, the total solar radiation data obtained by the indirect method of processing satellite measurement data are no less accurate, while the total solar radiation data obtained by the indirect method of processing data from ground weather stations have an error in providing actinometrical information.

Abstract

Introduction. When solving problems related to providing power supply to the consumer by means of photovoltaic power plants, the issue of availability of on the solar radiation intensity data is initial and very important. The amount of actinometric information should be sufficient, relevant, accessible from the point of view of designing, optimizing and justifying the parameters of photovoltaic installations and consumer requirements at the preset point on the Earth's surface. However, the variability of the solar energy flux introduces a high uncertainty in predicting the operation mode of the photovoltaic system. **The purpose of the study** is to determine the most accurate information about the intensity of solar radiation using various sources of actinometric information on the example of the territory of southern Russia. **Object of the study.** The territory of the federal state budgetary scientific institution "Agrarian Scientific Center "Donskoy" **Materials and methods.** Data on total solar insolation were obtained using various methods: experimental, calculated, and their combination. **Results and conclusions.** The total solar radiation data obtained from various sources of actinometrical information is analyzed and it is noted that, along with the data obtained from experimental studies, the total solar radiation data obtained by the indirect method of processing satellite measurement data are no less accurate, while the total solar radiation data obtained by the indirect method of processing data from ground weather stations have an error in providing actinometrical information.

Keywords: solar radiation intensity, solar radiation, photovoltaic installations, parameters of photovoltaic installations.

Citation. Daus Yu. V. Denisenko Ye. A., Desyatnichenko D. A., Grisichenko D. N. Determination of accurate information on solar radiation intensity. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 515-523 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-60.

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 633.2(58.02)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИНТЕНСИВНОСТИ
СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ**

Ю. В. Даус¹, кандидат технических наук
Е. А. Денисенко¹, кандидат технических наук
Д. А. Десятниченко², инженер-электрик
Д. Н. Грищенко¹, аспирант

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина»,
г. Краснодар

²ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград

Дата поступления в редакцию 07.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

**Исследование выполнено при финансовой поддержке Кубанского научного фонда
в рамках научного проекта № МФИ-20.1/27**

Актуальность. При решении задач, связанных с обеспечением электроснабжения потребителя средствами фотоэлектрических установок, вопрос наличия данных об интенсивности солнечного излучения является первоначальным и очень важным. Объем актинометрической информации должен быть достаточным, актуальным, доступным с точки зрения проектирования, оптимизации и обоснования параметров фотоэлектрических установок и требований потребителя в заданной точке на поверхности Земли. Однако изменчивость прихода солнечной энергии вносит высокую неопределенность при прогнозировании режима работы фотоэлектрической системы. **Целью исследования** является определение наиболее точной информации об интенсивности солнечной радиации с использованием различных источников актинометрической информации на примере территории юга России. **Объект исследования.** Территория федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской». **Материалы и методы.** Данные о суммарной солнечной инсоляции были получены с использованием различных методов: экспериментального, расчетного и их сочетанием. **Результаты и выводы.** Проанализированы данные суммарной солнечной радиации, полученные из различных источников актинометрической информации, и отмечено, что, наряду с данными, полученными экспериментальными исследованиями, не менее точны данные суммарной солнечной радиации, полученные косвенным методом обработки данных спутниковых измерений, а данные суммарной солнечной радиации, полученные косвенным методом обработки данных наземных метеостанций, имеют погрешность в предоставлении актинометрической информации.

Ключевые слова: интенсивность солнечной радиации, солнечная радиация, фотоэлектрические установки, параметры фотоэлектрических установок.

Цитирование. Даус Ю. В., Денисенко Е. А., Десятниченко Д. А., Грищенко Д. Н. Определение точной информации об интенсивности солнечной радиации. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 515-523. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-60.

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. При решении задач, связанных с обеспечением электроснабжения потребителя средствами фотоэлектрических установок, вопрос наличия данных об интенсивности солнечного излучения является первоначальным и очень важным. Объем актинометрической информации должен быть достаточным, актуальным, доступным с точки зрения проектирования, оптимизации и обоснования параметров фотоэлектрических установок и требований потребителя в заданной точке на поверхности Земли [10]. Однако измен-

чивость прихода солнечной энергии вносит высокую неопределенность при прогнозировании режима работы фотоэлектрической системы. Основными тремя этапами определения параметров фотоэлектрической системы, которые задаются на основе данных об интенсивности солнечного излучения, являются определение местоположения системы, прогнозирование годовой выработки электрической энергии и определение операционного режима функционирования системы. При решении задач на каждом из описанных этапов требуется свой состав исходной информации о ресурсе солнечной энергии, причем полученный как спутниковыми, так и наземными измерениями. Кроме того, точное прогнозирование позволит повысить эффективность функционирования системы.

Наиболее простой способ получения актинометрической информации для рассматриваемой точки на поверхности Земли – это проведение экспериментального исследования. Однако такой способ связан с рядом трудностей при организации мониторинга солнечного излучения (выбор, установка, проектирование и эксплуатация приборов, а также обслуживание измерительных систем, подходящих для сбора информации об интенсивности солнечного излучения). Например, это выбор места для установки оборудования: отсутствие затенения от соседних объектов и воздействия электромагнитной радиации. Кроме того, используемые приборы высокого класса точности требуют качественного и дорогостоящего обслуживания: регулярной калибровки и чистки. Кроме того, мониторинг интенсивности солнечного излучения требует длительного периода наблюдений: предпочтительно 10 лет или более [9]. Кроме того, фиксация инсоляции на протяжении одного года (минимальный период проведения исследования) обеспечивает массив данных, с помощью которого можно проверить достоверность и определить области применимости других подходов к определению ресурса солнечной энергии, но который не является достаточным для выбора и оценки параметров фотоэлектрической системы, так как поток солнечной радиации, приходящийся на приемную поверхность, является изменчивой величиной и зависит от большого количества ситуационных факторов.

Дефицит информации о ресурсе солнечной энергии в заданной географической точке привел к развитию двух основных направлений в определении параметров солнечного излучения: косвенные методы (эмпирические модели [3], методы машинного обучения [7], спутниковые методы дистанционного зондирования [6] и расчетные методы [4]).

Цель исследования – определение наиболее точной информации об интенсивности солнечной радиации с использованием различных источников актинометрической информации на примере территории юга России.

Материалы и методы. Данные о суммарной солнечной инсоляции могут быть получены с использованием различных методов: экспериментального, расчетных методов или их сочетанием. Рассмотрим на примере г. Зернограда (географическая точка с координатами: 46,8° с.ш., 40,3° в.д.), что за данные, и в каком объеме доступны, и проведем их сравнительный анализ. Для этой точки могут быть получены данные об интенсивности солнечной радиации из следующих источников:

1. Результаты, полученные косвенным методом обработки многолетних наземных метеорологических измерений, представленные в Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные.
2. Результаты, полученные косвенным методом обработки многолетних спутниковых измерений, представленные в базе данных NASA [11].
3. Программы для ЭВМ «Оценка потенциала солнечной энергии в заданной точке Южного федерального округа», «Поиск оптимального угла наклона приёмной площадки относительно горизонта в заданной точке Южного федерального округа», информация получена на основе комбинации расчетного метода и актинометрических данных [1, 5].

4. Мониторинг солнечной радиации, организованный при помощи разработанного и собранного лабораторно-исследовательского стенда для изучения характеристик солнечных элементов различной пространственной ориентации [2] (рисунок 1а).

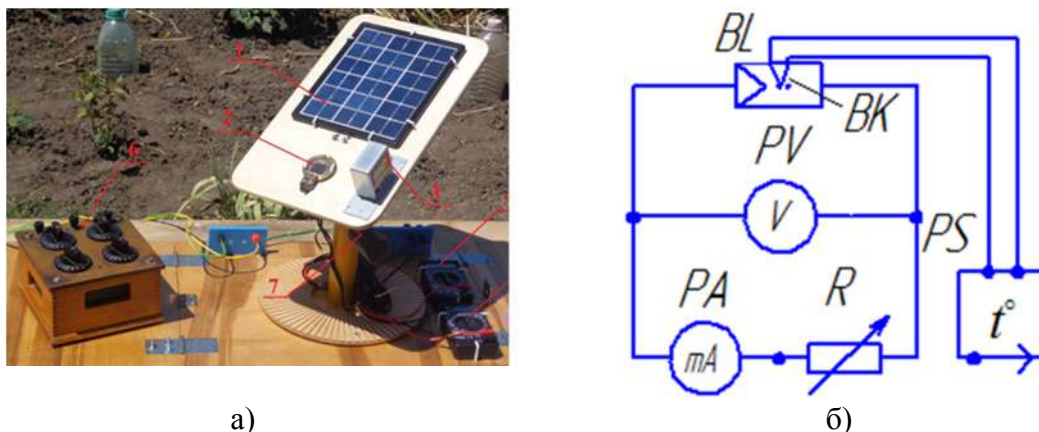


Рисунок 1 – Фото (а) и схема электрическая принципиальная (б) экспериментально-исследовательской установки

1 – фотоэлектрический модуль; 2 – тарированный контрольный фотоэлектрический элемент; 7 – поворотный-наклонный механизм; 3 – электронный угломер 6 – лабораторный магазин сопротивлений; 4, 5 – мультиметры

Figure 1 – Photo (a) and electrical schematic diagram (b) of experimental research facility 1 – photovoltaic module; 2 – calibrated control photovoltaic element; 7 – rotary-inclined mechanism; 3 – electronic inclinometer 6 – laboratory resistance box; 4, 5 – multimeters

Регистрация вольтамперных характеристик (ВАХ) осуществлялась в соответствии с ГОСТ 28977-91 «Фотоэлектрические приборы. Часть 1. Измерение фотоэлектрических вольт-амперных характеристик» согласно электрической схеме измерения ВАХ модулей (рисунок 1б). На схеме показаны: BL – фотоэлемент; BK – датчик температуры; PS – регистрирующий прибор; PV – вольтметр; PA – миллиамперметр; R – магазин сопротивлений. При снятии вольтамперных характеристик ФЭМ соблюдали общие требования к измерениям, согласно ГОСТ 28977-91 «Фотоэлектрические приборы. Часть 1. Измерение фотоэлектрических вольт-амперных характеристик» и ГОСТ 51597-2000 «Модули солнечные фотоэлектрические. Типы и основные параметры».

Объект исследования. Исследования проводились на территории федерального государственного бюджетного научного учреждения «Аграрный научный центр «Донской».

Результаты и обсуждение. Был проведен анализ состава данных об интенсивности солнечной радиации, которые могут быть получены из рассматриваемых источников актинометрической информации (таблица 1).

В Научно-прикладном справочнике по климату представлены данные о месячных и часовых суммах (с интервалом в три часа) суммарной солнечной радиации на горизонтальной поверхности для г. Ростова-на-Дону и пос. Гигант Сальского района Ростовской области, которые расположены на расстоянии по прямой 62 км и 88 км в точках с координатами в десятичных градусах соответственно: 47,2° с.ш., 39,7° в.д. и 46,5° с.ш. и 41,3° в.д.

При запросе в базе данных NASA выводятся данные для точки с координатами в десятичных градусах 47° с.ш. и 40,5° в.д., что находится на расстоянии 25 км от заданной точки (г. Зерноград).

Программа для ЭВМ для расчета оценки потенциала солнечной энергии в конкретной географической точке с заданной пространственной ориентацией на удаленных территориях Южного федерального округа позволяет рассчитать часовые, суточные, месячные и годовые суммы прямой, рассеянной, отраженной и суммарной солнечной радиации, приходящей на различно ориентированную в пространстве поверхность.

Таблица 1 – Источники и показатели солнечной радиации

Table 1 – Sources and indicators of solar radiation

Показатели		Справочник	БД NASA	Программа для ЭВМ	Мониторинг
Угол, °		0°, оптимал.	0°	0°-360°	0°, 15°, 39°
Ориентация		–	–	0°-360°	0°-360°
Географическая точка, км от точки		88 км	25 км	25 км	–
Период наблюдения, лет		20 (1980-е г.)	1 – 20	20	1
Период наблюдения	- часовые	+	–	+	8:00 – 17:00
	- суточные	+	+	+	8:00 – 17:00
	- месячные	+	+	+	1 и 15 числа
	- годовые	+	+	+	1 и 15 числа
Составляющие радиации:	- суммарная	+	+	+	+
	- прямая	+	+	+	–
	- рассеянная	+	+	+	–
	- отраженная	–	+	+	–

Проанализируем отклонения часовых, суточных, месячных и годовых сумм солнечного излучения, полученных различными методами, от значений, полученных программой ЭВМ, как наиболее полной и точной базой информации об интенсивности солнечной радиации, так как сочетает в себе преимущества и расчетного метода и мониторинга характеристик инсоляции в режиме реального времени (базисный метод). Графики отклонения суточных и месячных сумм солнечного излучения от значений, полученных в программе для ЭВМ, представлены на рисунке 2.

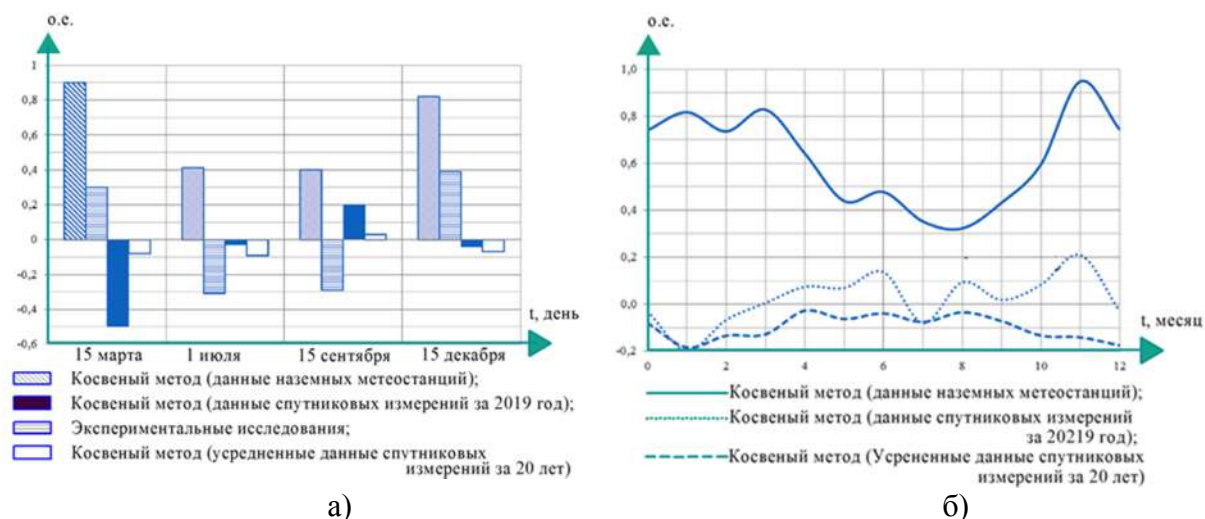


Рисунок 2 – Отклонения суточных (а) и месячных (б) сумм солнечного излучения от значений, полученных в программе для ЭВМ

Figure 2 – Deviations of daily (a) and monthly (b) sums of solar radiation from the values obtained by the software

Наименьшее отклонение часовых сумм солнечного излучения для четырех характерных дней от значений, полученных расчетным методом, наблюдается у значений, полученных мониторингом в полевых условиях, а наибольшее отклонение – от значений, полученных косвенным методом. С разницей от базисного значения для методов: первого – в ± 1 о.е; второго – - 1...+2 о.е.

Наименьшее отклонение месячных сумм солнечного излучения для четырех характерных дней от результатов базисного метода наблюдается у значений, полученных косвенным методом обработки данных спутниковых измерений, а наибольшее отклонение – от значений, полученных косвенным методом обработки данные наземных метеорологических наблюдений. С разницей от базисного значения для методов: первого – в $\pm 0,2$ о.е; второго – -+ 0,3 ...+0,9 о.е.

Максимальные отклонения годовых сумм солнечного излучения от значений, полученных в программе для ЭВМ, наблюдается у данных, полученных из Справочника по климату, потому что последние были получены за 20 лет до 1980-го года, т.е. более сорока лет назад и для географической точки (пос. Гигант, Сальского района), которая удалена от г. Зернограда на 88 км.

Минимальные отклонения всех сумм солнечного излучения от значений, полученных в программе для ЭВМ, наблюдается у усредненных за 20 лет данных NASA. Несмотря даже на то, что в некоторых пунктах данные Nasa за 2019 год имели меньшие отклонения сумм солнечного излучения, усредненные за 20 лет данные наиболее схожи с результатом расчета сумм солнечного излучения в программном комплексе [1, 5], поскольку данные метеонаблюдений брались также с сайта NASA, только усредненные за 22 года. А если проанализировать суммы солнечной радиации, полученные из базы данных NASA за 20 лет, то отклонения от среднего значения составляют диапазон значений от минимального значения – в 1,48 раз, до максимального значения – в 1,89 раз.

Анализ отклонения прихода солнечного излучения на разно-ориентированные поверхности относительно оптимальной пространственной ориентации показал, что наибольшее количество солнечной радиации поступает на поверхность, ориентированную под углом равным 90° к падающему солнечному лучу. Данный угол является оптимальным, и максимальное количество солнечной радиации для северной широты достигается в полдень, когда солнце находится в зените в южной части Земли. Поскольку Земля имеет вид шара, который движется как вокруг Солнца, так и вокруг своей оси, то поэтому оптимальный угол для каждой географической точки индивидуален и изменяется с течением времени. При этом некоторые источники допускают усреднение значения оптимального угла за год, полгода [8].

Для рассматриваемой географической точки с координатами в десятичных градусах $46,85^\circ$ с.ш., $40,31^\circ$ в.д. (г. Зерноград, Ростовская область) согласно различным исследованиям рекомендованы следующие оптимальные углы южно-ориентированных фотоэлектрических модулей: угол равен 39° [8]; угол равен летом – $31,85^\circ$; зимой – $61,85^\circ$.

Сравним часовые, суточные, месячные и годовые суммы солнечного излучения на разно-ориентированные поверхности с оптимальной пространственной ориентацией для географической точки г. Зерноград ($46,85^\circ$ с.ш. $40,31^\circ$ в.д.), полученные из различных источников актинометрической информации.

Графики зависимости часовых сумм солнечного излучения, полученных по данным спутниковых измерений и их усредненные значения за 20 лет, отличаются между собой до 10 % во всех характерных днях проведенных исследований. Наибольшие отклонения от результатов спутниковых измерений и экспериментальных данных часовых сумм солнечного излучения, полученных из данных наземных метеостанций для

горизонта и оптимального угла наклона, составляют диапазон значений – 10... 100 % во все характерные дни. Наименьшие отклонения от данных спутниковых измерений часовых сумм солнечного излучения, полученных из экспериментальных результатов для углов наклона приемных поверхностей юг 39°, юг 15°, восток 15° составляют диапазон значений – 10... 50 % во все характерные дни.

Графики зависимости месячных сумм солнечного излучения, полученные по данным спутниковых измерений, схожи между собой. Наибольшие отклонения от данных спутниковых измерений месячных сумм солнечного излучения, полученных из данных наземных метеостанций, для оптимального угла наклона составляют значение до 30 % и для горизонтального размещения приемной поверхности – до 25 %.

На рисунке 3 приведены месячные и годовые суммы солнечного излучения.

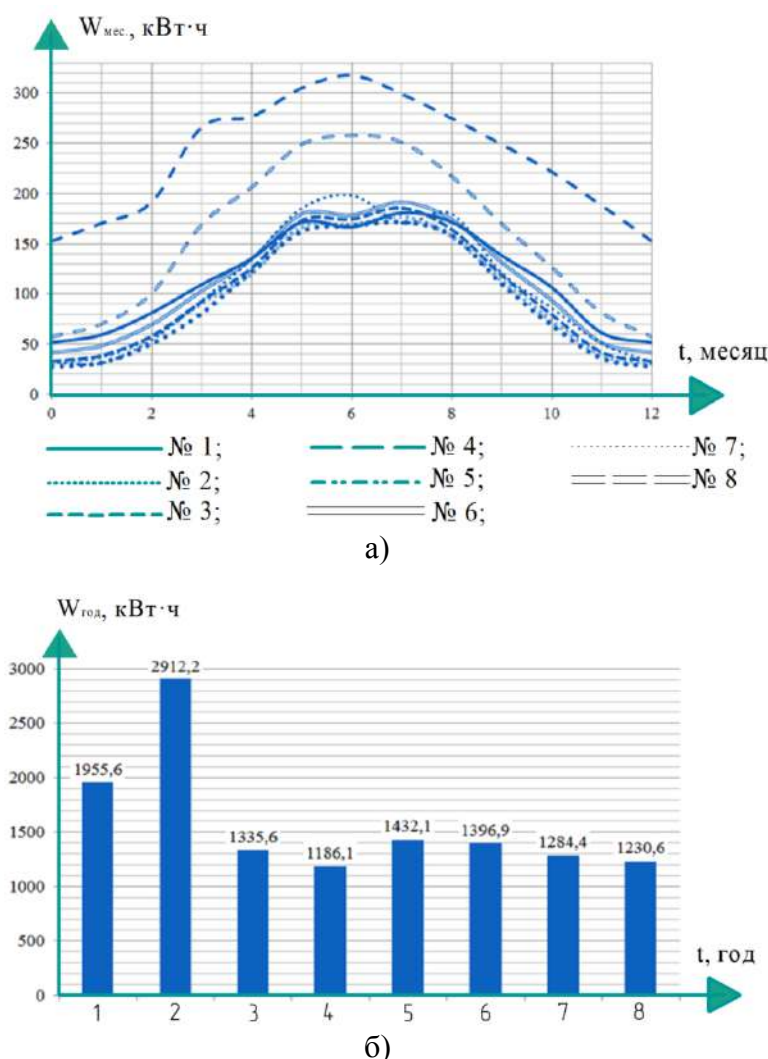


Рисунок 3 – Месячные (а) и годовые (б) суммы солнечного излучения, полученные из баз данных 7) NASA за 2019 г; 2) Справочник; 8) горизонтальная поверхность; 4) юг 39° из программы для ЭВМ; 3) горизонтальная поверхность; 1) юг 39°; 6) юг 15°; 5) восток 15°

Figure 3 – Monthly (a) and annual (b) sums of solar radiation obtained from databases 7) NASA for 2019; 2) Handbook; 8) horizontal surface; 4) south 39° by the software; 3) horizontal surface; 1) south 39°; 6) south 15°; 5) east 15°

Гистограммы годовых сумм солнечного излучения, полученные из данных спутниковых измерений, схожи между собой. Наибольшие отклонения от данных спутниковых измерений годовых сумм солнечного излучения получены из данных наземных метеостанций для оптимального угла наклона приемной поверхности и составляют значение – до 110 % и для горизонтального размещения – до 40 %.

Выводы. Проанализированы данные суммарной солнечной радиации, полученные из различных источников актинометрической информации, и отмечено, что, наряду с данными, полученными экспериментальными исследованиями, не менее точны данные суммарной солнечной радиации, полученные косвенным методом обработки данных спутниковых измерений, а данные суммарной солнечной радиации, полученные косвенным методом обработки данных наземных метеостанций), имеют погрешность в предоставлении актинометрической информации.

Библиографический список

1. Даус Ю. В., Харченко в. В., Свентицкий И. И. Оценка данных из различных источников актинометрической информации об интенсивности суммарного солнечного излучения // Вестник ВИЭСХ. 2017. № 1 (26). С. 98-103.
2. Результаты экспериментальных исследований солнечной электростанции / А. Н. Ефимова, Е. В. Тимофеев, А. Ф. Эрк, В. А. Размук // АгроЭкоИнженерия. 2021. № 3 (108). С. 4-13.
3. Abdeen E., Orabi M., Hasaneen E. Optimum tilt angle for photovoltaic system in desert environment // Solar Energy. 2017. Vol. 155. P. 267-280.
4. Danandeh M. A., Mousavi S. M. Solar irradiance estimation models and optimum tilt angle approaches: A comparative study // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 92. P. 319-330.
5. Daus Y., Yudaev I., Desyatnichenko D. Varying spatial orientation of photoelectric panels as method of managing graph of electric energy generation // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Tomsk, 2021. P. 012082.
6. Dependence accuracy of global horizontal irradiance at different scales on satellite sampling frequency / W. J. Tang, J. Li, K. Yang, J. Qin, G. Q. Zhang, Y. Wang // Solar Energy. 2019. Vol. 193. P. 597-603.
7. Estimation of daily global solar radiation using deep learning model / K. Kaba, M. Sangiil, M. Avci, H. M. Kandirmaz // Energy. 2018. Vol. 162. P. 126-135.
8. Increasing Solar Radiation Flux on the Surface of Flat-Plate Solar Power Plants in Kamchatka Krai Conditions / Y. V. Daus, I. V. Yudaev, K. A. Pavlov, V. V. Dyachenko. 2019. Vol. 55. No 2. P. 101-105.
9. Measurements and model simulations of solar radiation at tilted planes, towards the maximization of energy capture / P. I. Raptis, S. Kazadzis, B. Psiloglou, N. Kouremeti, P. Kosmopoulos, A. Kazantzidis // Energy. 2017. Vol. 130. P. 570-580.
10. Munoz M. N., Ballantyne E. E. F., Stone D. A. Development and evaluation of empirical models for the estimation of hourly horizontal diffuse solar irradiance in the United Kingdom // Energy. 2022. Vol. 241. 122820.
11. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set. <http://easweb/larc.nasa.gov/sse/>.

Информация об авторах

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.

Денисенко Евгений Александрович, доцент кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: denisenko_88@mail.ru.

Десятниченко Данил Александрович, инженер-электрик, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»» (РФ, 347740, Ростовская обл., Зерноград, ул. Научный городок, 3.), тел. 8 (863) 593-14-68, e-mail: danilrunlife@mail.ru.

Грищенко Дмитрий Николаевич, аспирант кафедры электротехники, теплотехники и возобновляемых источников энергии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трублина» (РФ, 350044, Краснодарский край, город Краснодар, улица им. Калинина, дом 13), тел. 8 (861) 221-59-42, e-mail: professs0r@yandex.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-61

ANALYSIS OF MODERN DESIGNS OF COMBINED TILLAGE MACHINES AND UNITS

**S. V. Malyukov¹, E. V. Pozdnyakov¹, M. V. Shavkov², A. F. Petkov¹,
I. I. Shanin¹, A. V. Bolgov¹**

¹*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education
«Voronezh State Forest Engineering University named after G.F. Morozov», Voronezh*

²*Limited Liability Company «Rushydrocom», Voronezh*

Received 20.03.2023

Submitted 02.05.2023

*The study was supported by a grant from the Russian Science Foundation
№ 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>*

Abstract

Introduction. Scientific and design organizations face the task of improving the erosion control tillage equipment on the basis of combined machines and units in order to improve the quality and efficiency of tillage, as well as to reduce labor and energy costs from their use. The most promising solutions to these problems are to increase the working width of cultivation units and to increase the speed of tilling. These requirements should be met while improving the quality and reducing the resistance in tillage, as well as providing maneuverability and ease of maintenance of aggregates. **Object.** The object of research are various designs of combined tillage aggregates designed to perform a set of works on the main and additional tillage. **Materials and methods.** The information was searched in the search engine «Yandex», electronic resources (eLIBRARY, CyberLeninck, Google Academy), as well as in the databases – of the Federal Institute of Industrial Property and Yandex.Patents. A hierarchical cluster analysis was performed. The differences in the parameters of the combined tillage aggregate designs were determined using the Euclidean distance measure and the Single Linkage method of clusters. **Results and conclusion.** The results of the hierarchical cluster analysis are presented in the form of a horizontal tree (hierarchical diagram of similarity and differences of combined tillage machines by design parameters). Combined machines and units consisting of disc, rotary and ploughshare working tools, which are mounted on one frame, are widely used for tillage. The analysis of theoretical material showed insufficient justification of the parameters of their arrangement in the unit, which prevents the development of more rational designs of such units.

Key words: *combined tillage units, passive working tools, lancet tines, flat knives, disc array, energy intensity.*

Citation. Malyukov S.V., Pozdnyakov E.V., Shavkov M.V., Petkov A.F., Shanin I.I., Bolgov A.V. Analysis of modern designs of combined tillage machines and units. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 523-534 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-61.

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 631.311

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ КОМБИНИРОВАННЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН И АГРЕГАТОВ

С. В. Малюков¹, кандидат технических наук
Е. В. Поздняков¹, кандидат технических наук
М. В. Шавков², кандидат технических наук
А. Ф. Петков¹, инженер
И. И. Шанин¹, кандидат экономических наук
А. В. Болгов¹, студент

¹ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова», г. Воронеж

² ООО «Русгидроком (РГК)», г. Воронеж

Дата поступления в редакцию 20.03.2023

Дата принятия к печати 02.05.2023

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
№ 22-79-10010, <https://rscf.ru/project/22-79-10010/>*

Актуальность. Перед научными и проектными организациями стоят задачи по усовершенствованию противоэрозионной почвообрабатывающей техники на базе комбинированных машин и агрегатов в целях повышения качества и эффективности обработки почвы, а также снижения трудовых и энергетических затрат от их применения. Наиболее перспективными методами решения поставленных задач являются увеличение ширины захвата агрегатов и повышение скорости обработки почвы. Эти требования должны выполняться при повышении качества и снижении удельного сопротивления при обработке почвы, а также обеспечении маневренности и удобства обслуживания агрегатов. **Объект.** Объектом исследований являются различные конструкции комбинированных почвообрабатывающих агрегатов, предназначенных для выполнения комплекса работ по основной и дополнительной обработке почвы. **Материалы и методы.** Поиск информации проводился в поисковой системе «Яндекс», в электронных ресурсах (eLIBRARY, КиберЛенинка, Академия Google), а также в базах данных ФИПС, Яндекс.Патенты. Был проведен иерархический кластерный анализ. Различия параметров конструкций комбинированных почвообрабатывающих агрегатов определяли при помощи меры Эвклидова расстояния и метода одиночной связи кластеров Single Linkage. **Результаты и выводы.** Результаты иерархического кластерного анализа представлены в виде горизонтального дерева (иерархическая диаграмма сходства и различия комбинированных почвообрабатывающих машин по конструктивным параметрам). Для обработки почвы широкое применение находят комбинированные машины и агрегаты, состоящие из дисковых, ротационных и плоскорежущих рабочих органов, которые установлены на одной раме. Анализ теоретического материала показал недостаточное обоснование параметров их расстановки в агрегате, что препятствует разработке более рациональных конструкций таких агрегатов.

Ключевые слова: комбинированные почвообрабатывающие агрегаты, пассивные рабочие органы, стрельчатые лапы, плоскорежущие ножи, дисковые батареи, энергоемкость агрегатов.

Цитирование. Малюков С. В., Поздняков Е. В., Шавков М. В., Петков А. Ф., Шанин И. И., Болгов А. В. Анализ современных конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 523-534. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-61.

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 комплексах машин для механизации возделывания различных сельскохозяйственных и лесных культур [2, 4, 23] все более широкое распространение получают комбинированные почвообрабатывающие машины и агрегаты. Использование этих машин и агрегатов можно решить ряд ключевых проблем, в частности, их применение способствует значительному сокращению трудовых и энергетических затрат. Это объясняется снижением числа проходов машинотракторных агрегатов и уменьшением потерь времени на холостые проезды. Внедрение комбинированных машин и агрегатов позволяет в сравнении с однооперационными машинами сократить: затраты труда – на 30-50 %, расход топлива – на 20-30 % и металлоемкость конструкций – на 20-25 %. Применение комбинированных машин и агрегатов более полно отвечает современной тенденции развития тракторостроения, заключающейся в эксплуатации энергонасыщенных тяговых средств. Такую мощную технику не всегда возможно загрузить однооперационными машинами [3, 6, 32, 51].

Большое внимание уделяется при этом особенностям и специфике обработки почвы в разных почвенно-климатических зонах. Практический опыт показал, что применение комбинированных агрегатов в эрозионно опасных и засушливых зонах имеет большую эффективность и перспективу.

В комбинированных почвообрабатывающих агрегатах [13, 35, 43], предназначенных для выполнения комплекса работ по основной и дополнительной обработке почвы, широкое распространение получили дисковые, ротационные и плоскорежущие рабочие органы [17, 18], устанавливаемые жестко на общей раме. Подобные комбинации рабочих органов получили высокую оценку специалистов сельского и лесного хозяйства [7, 14, 34, 39] вследствие обеспечения высокого качества производимых работ. В связи с широким внедрением энергонасыщенных тракторов и общей тенденцией повышения производительности труда появилась необходимость создания широкозахватных агрегатов с использованием в них указанной комбинации рабочих органов [38, 44-48, 50]. Поэтому в последнее время возникает необходимость снижения тягового сопротивления рабочих органов и металлоемкости конструкций.

Одним из резервов снижения энергозатрат и металлоемкости агрегатов является рациональное взаимное расположение рабочих органов в комбинациях.

Теоретические и экспериментальные исследования влияния расстановки рабочих органов комбинированных машин и агрегатов на качественные и энергетические показатели обработки почвы являются актуальными в связи с необходимостью создания новых, высокопроизводительных почвообрабатывающих агрегатов.

Цель – анализ конструкций комбинированных машин и агрегатов, состоящих из дисковых, ротационных и плоскорежущих рабочих органов, позволяющий повысить качество и эффективность процесса обработки почвы, а также смоделировать и спроектировать новые виды почвообрабатывающих орудий.

Материалы и методы. Для анализа конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов были использованы различные базы данных. Были изучены материалы отечественных и зарубежных исследователей. Поиск информации проводился в поисковой системе «Яндекс», а также в электронных ресурсах (eLIBRARY, КиберЛенинка, Академия Google) с запросами: (комбинированные почвообрабатывающие машины) ИЛИ (комбинированные агрегаты) И (обработка почвы). Для поиска патентов использовали базы данных ФИПС, Яндекс.Патенты.

Из систематического и патентного поиска были отобраны несколько конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов и проведен кластерный анализ степени их различия и сходства по параметрам: ширина захвата, средняя глубина обработки почвы, производительность, средняя рабочая скорость, масса. Для

этого применили иерархическую диаграмму сходства. Она позволяет определить различия параметров при помощи меры Эвклидова расстояния и метода одиночной связи кластеров Single Linkage. Для обработки данных применяли программу Microsoft Excel.

Разработка комбинированных машин и агрегатов для обработки почвы ведется в различных направлениях. Большой опыт накоплен по созданию комбинированных машин и агрегатов для предпосевной обработки почвы [24, 36, 49]. Операции предпосевной обработки почвы не относятся к наиболее энергоемким работам, но качественная подготовка почвы под посев требует применения большого количества разнообразных рабочих органов [9-13, 33, 36, 37, 40-42, 53-59]. В настоящее время используются такие орудия, как культиваторы, дисковые и зубовые бороны, катки, планировщики и т.д. [5, 8, 16, 19, 20-23, 25, 27, 30-32, 55]. Поэтому путем совмещения отдельных операций при проведении предпосевной обработки почвы можно получить значительный агрономический и экономический эффект.

Комбинированные машины в целях качественной подготовки почвы могут выполнять за один проход различные операции: рыхление почвы, уничтожение сорняков, разрушение глыб в этом слое, мульчирование, выравнивание поверхности поля и прикатывание [42, 43].

Комбинированные агрегаты отличает более высокая степень универсализации. Они состоят из нескольких отдельных машин или орудий. Прицепные машины соединяются друг с другом с помощью специальных тележек или прицепов, а навесные – путем быстродействующих автоматических сцепок. Во многих странах большое распространение получили агрегаты, состоящие из различных видов катков и борон.

Достоинствами всех этих конструкций являются сменность и регулирование режима работ рабочих органов. Таким образом, машины и агрегаты можно быстро приспособивать к разным полевым условиям. Кроме того, рабочие органы можно использовать раздельно, что также повышает эффективность применения этих машин.

Недостатком таких машин является их значительная длина, большая металлоемкость, неудовлетворительная маневренность, а также значительные затраты времени и труда на переналадку рабочих органов.

Результаты и обсуждение. Патентный поиск показал, что машины такого типа нашли большое применение в сельском и лесном хозяйствах многих стран [патент № 192093 РФ от 07.05.18, патент № 215833 РФ от 12.10.22, патент № 4726 U Республика Беларусь от 18.10.2007, патент № CN 214282024 U от 14.10.2020 Китай, патент № US 20120111588A1 от 23.08.2011 США]. Универсальность этих машин повышают путем монтирования замыкающего звена комбинации на отдельную раму. Эта рама шарнирно связана с рамой впереди стоящих орудий, причем нередко предусматривают регулировку некоторых параметров рабочих органов. Например, культиватор сплошной обработки прицепной (КСО) [1] состоит из рамы с четырьмя рядами универсальных стрелчатых лап на S-образных стойках, выравнивающей планки и двух tandemных катков, имеющих шарнирное крепление (рисунок 1).

Машинам и агрегатам с пассивными рабочими органами следует отдать предпочтение для легких и средних почв, особенно засоренных камнями.

Комбинированные машины, в состав которых входят пассивные и активные рабочие органы, имеют обычно компактную форму конструкции и удачнее работают на тяжелых почвах. Кроме того, они хорошо используют энергетические возможности тракторов от ВОМ и на крюке. Большинство этих машин и агрегатов состоят из различных конструкций почвенных фрез в комбинации с другими пассивными рабочими органами фрезы, имеют вертикальные или горизонтальные оси вращения и расположены перед или за пассивными рабочими органами.



Рисунок 1 – Культиватор сплошной обработки прицепной (КСО)

Figure 1 – Trailed continuous tillage cultivator (KSO)

Примером может служить компактный рыхлитель Доломит. Агрегат рыхлит лапами тяжелую почву на глубину до 35 см, ротационная борона качественно измельчает растительные остатки пропашных культур и катком прикатывает почву (рисунок 2) [15]. Также компанией Lemken разработана ротационная борона Zirkon 12 (рисунок 3) для обработки почвы, которая состоит из роторов с быстросъемными зубьями длиной 340 мм, двухступенчатого редуктора с реверсом, стрелчатых лап, карданного вала, предохранительной муфты для ВОМ 540 и 1000 об/мин., катков, маркеров [60].



Рисунок 2 – Компактный рыхлитель Доломит / Figure 2 – Compact ripper Dolomite

Несмотря на большие достоинства комбинированных агрегатов с пассивными и активными рабочими органами, они имеют и существенные недостатки, которые вызваны, в основном, сложной конструкцией привода, что является причиной низкой производительности. Кроме того, активные рабочие органы имеют очень высокую энергоемкость. Так, при работе фрезы требуется 30-40 л.с. на 1 м захвата, а при работе пассивных рабочих органов – 20-25 л.с. Очевидно, этот факт является также причиной ограниченного количества конструкций машин и агрегатов только с активными рабочими органами.



Рисунок 3 – Ротационная борона Zirkon 12 / Figure 3 – Rotary harrow Zirkon 12

Во многих странах с успехом применяют комбинированные машины и агрегаты для обработки почв в эрозионно опасных районах, где подготовка почвы требует особых приемов. Обычно рыхление почвы и удаление сорняков осуществляют без значительных повреждений стернового фона. В США разработаны различные противоэрозионные культиваторы [44-48, 50-52, 57, 58]. Они представляют собой комбинации из рыхлительных лап и штангового культиватора. Штанговый культиватор приводится в движение от собственного двигателя, от вала отбора мощности трактора при помощи разных механических передаточных устройств или от другого рабочего органа, который вращается за счет сцепления с почвой.

В эрозионно-опасных районах при обработке почвы часто используют так называемый мульчирующий эффект. При такой обработке сохраняются пожнивные остатки в верхнем слое почвы, которые защищают почву от водной и ветровой эрозий и хорошо способствуют сохранению влаги в почве.

Фирмой John Deere выпускается оригинальная конструкция комбинированной машины, которая создает мульчирующий слой почвы. Машина состоит из рамы в виде решетки. В передней части рамы установлены батареи дисков, угол взаимного расположения которых может регулироваться, благодаря чему обеспечивается заданная степень заделки стерни. За ними устанавливаются рабочие органы культиватора – стрельчатые лапы и зубовая борона. При помощи гидравлики происходит регулировка глубины хода рабочих органов (рисунок 4) [26].



Рисунок 4 – Мульчирователь 2330 / Figure 4 – Mulch Finisher 2330

В России большое распространение получили конструкции противоэрозионных агрегатов на базе ротационных и плоскорезных рабочих органов. Комбинированный агрегат АКП-2,5 состоит из поставленных под углом к направлению движения сферических дисков, плоскорезных ножей, волокуши игольчато-шпоровых катков (рисунок 5). Диски и плоскорезные ножи установлены на передней раме, а волокуша и катки – на задней. Впереди идущие диски рыхлят верхний слой (5-8 см) почвы. Идущие следом за ними плоскорезные ножи дополнительно рыхлят почву на глубину до 16 см, полностью подрезают сорняки и пожнивные остатки на глубине их хода. Волокуша выравнивает поверхность почвы, а катки крошат оставшиеся крупные почвенные глыбы. Стерня остается при этом практически нетронутой.



Рисунок 5 – Комбинированный агрегат АКП-2,5 / Figure 5 – Combined unit AKP-2.5

Результаты сравнительного анализа параметров конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин приведены в таблице 1, а также на рисунке 6.

При анализе иерархической диаграммы (рисунок 6) можно отметить, что она разделена на восемь кластеров. В первый кластер вошел дисколаповый агрегат СДК-4П EURO, который имеет средние производительность и рабочую скорость, остальные показатели – высокие. Во второй кластер включены агрегаты АКМ-4 и КУМ-4, которые имеют малые рабочую скорость и массу, средние ширину захвата, глубину обработки почвы и производительность. Агрегат многооперационный полунавесной АМП-4Г, входящий в третий кластер, имеет большую глубину обработки почвы, средние ширину захвата, производительность и массу, низкую рабочую скорость движения. В четвертом кластере собраны комбинированные агрегаты АКВ-4 и АК-4, которые имеют все средние показатели. В пятом – агрегаты Rodillya-250-32 и АКГ-3,2, которые имеют среднюю рабочую скорость, остальные показатели – низкие. В шестом кластере находятся агрегат почвообрабатывающий ротационный АГРО-3 и борона дисколаповая тяжелая ДКЧ-320, которые имеют среднюю массу, остальные показатели – низкие. В седьмом кластере – агрегаты АП-2,5 и АКП-2,5, имеющие среднюю глубину обработки почвы, остальные показатели – низкие. В восьмом – комбинированные агрегаты АКСО-4 и АКД-3, которые имеют средние ширину захвата, глубину обработки почвы и массу, большие производительность и рабочую скорость движения.

Таблица 1 – Сравнительный анализ параметров конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин [1]

Table 1 – Comparative analysis of design parameters of combined tillage machines [1]

Машина	Ширина захвата, м	Средняя глубина обработки, см	Производительность, га/ч	Средняя рабочая скорость, км/ч	Масса, кг
1	2	3	4	5	6
СДК-4П EURO	4,4	22	3,96	10	8980
АКМ-4	4	16	3,2	8	3200

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6
АКСО-4	4	16	5,2	15	4738
Podillya-250-32	2,5	8	3	10	2400
АКВ-4	4,3	11	4,3	11	3420
АКД-3	3	14	5	15	3000
КУМ-4	4	16	4	7,2	2880
АКГ-3,2	3,2	8	2,6	10	2500
АМП-4Г	3,9	18	3,5	8	5600
АК-4,0	4	12	3,7	10	3000
АП-2,5	2,5	16	2,36	9	1005
АГРО-3	3	10	2,5	8	5380
АКП-2,5	2,5	16	3,6	9	2000
ДКЧ-320	3,2	10	3,2	9	4480

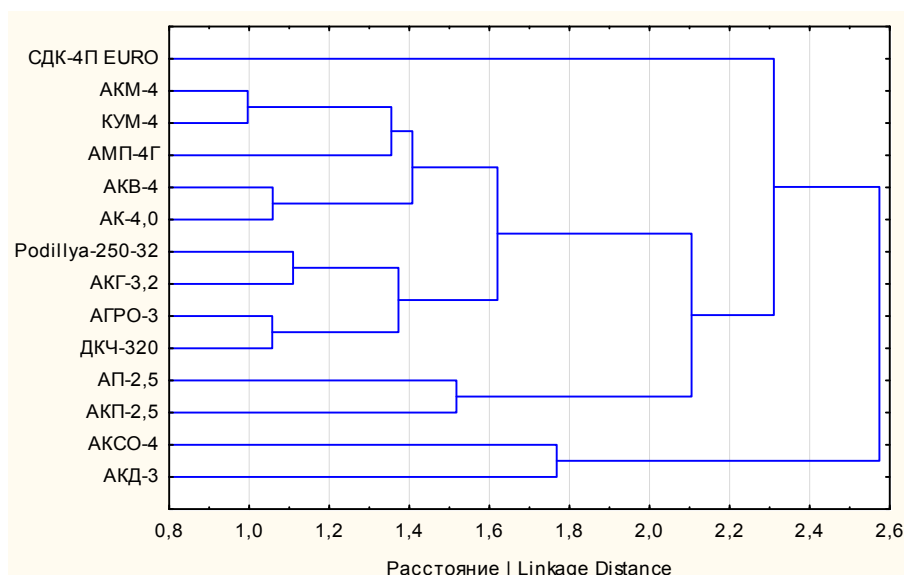


Рисунок 6 – Иерархическая диаграмма сходства и различия комбинированных почвообрабатывающих машин по конструктивным параметрам

Figure 6 – Hierarchical diagram of similarities and differences of combined tillage machines by design parameters

Выводы. В настоящее время продолжается работа по созданию эффективных, надежных и производительных комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов.

Новая техника должна отвечать следующим требованиям:

- подготовка почвы за один проход агрегата;
- возможность работы орудия на различных типах почв, а также на почвах, засоренных камнями;
- возможность регулировки глубины хода рабочих органов орудия;
- хорошая приспособляемость орудия к неровности микрорельефа;
- возможность компоновки различных рабочих органов;
- высокая маневренность, надежность и простота конструкции;
- экономичность, т.е. достижение цели с минимальными затратами энергии, труда и средств;
- максимальное использование имеющихся орудий, их узлов и рабочих органов.

Для обработки почвы широкое применение находят комбинированные машины и агрегаты, состоявшие из дисковых, ротационных и плоскорежущих рабочих органов, которые установлены на одной раме. Анализ теоретического материала показал недостаточное обоснование параметров их расстановки в агрегате, что препятствует разработке более рациональных конструкций таких агрегатов.

Библиографический список

1. АгроБаза. [https://www.agrobase.ru/catalog/machinery /machinery_63ef9510-030f-4757-a2d8-a5a9dc0a2d36](https://www.agrobase.ru/catalog/machinery/machinery_63ef9510-030f-4757-a2d8-a5a9dc0a2d36).
2. Афоничев Д. Н., Аксенов И. И. Снижение негативного воздействия машин на окружающую среду // Актуальные направления научных исследований XXI века. 2015. № 4. С. 9-14.
3. Бартенев И. М., Драпалюк М. В., Казаков В. И. Совершенствование технологий и средств механизации лесовосстановления: монография. М.: ФЛИНТА: Наука, 2013. 208 с.
4. Бартенев И. М. Инновационные направления технического развития лесного хозяйства и защитного лесоразведения // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2017. Т. 5. № 1 (27). С. 303-309.
5. Бартенев И. М., Казаков В. И., Казаков И. В. Аналитические исследования рыхлительно-подрезающих лап культиватора для питомников // Лесотехнический журнал. 2011. № 1. С. 17-21.
6. Бартенев И. М., Лысыч М. Н. Общая концепция блочно-модульного построения лесных почвообрабатывающих орудий // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 2. С. 18-26.
7. Бобринев В. П., Пак Л. Н. Рекомендации по созданию лесных полос в юго-восточной части забайкальского края // Вестник КрасГАУ. 2010. № 11 (50). С. 87-91.
8. Грибенченко А. В., Ряднов А. И. Повышение долговечности деталей машин сельскохозяйственного назначения из железоуглеродистых сплавов за счёт термической обработки // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 396-403.
9. Догеев Г. Д., Халилов М. Б. Ресурсосберегающие технологии и машины для обработки почвы // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 2 (38). С. 58-65.
10. Жук А. Ф., Беляева Н. И., Халилов М. Б. Рабочие органы для обработки почвы с дозаддерживающим прерывистым бороздованием // Научная жизнь. 2019. Т. 14. № 3. С. 336-346.
11. Жук А. Ф., Халилов М. Б., Абдулнатилов М. Г. Технологии, приемы и технические средства для ресурсосберегающей обработки почвы // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 4 (44). С. 52-58.
12. Зволинский В. Н. Экологические аспекты обработки черноземов скоростными орудиями // Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 3. С. 3-11.
13. Иванов А. С., Бай Р. Ф. Разработка и обоснование комбинированной почвообрабатывающей машины // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (73). С. 146-148.
14. Классификация машин для полосовой технологии обработки почвы / В. М. Бойков, С. В. Старцев, И. Л. Воротников, В. Б. Нарушев // Аграрный научный журнал. № 5. 2020. С. 72-76.
15. Компактный рыхлитель Доломит. <http://belagrosnab.ru/pochvoobravotka/компактный-рыхлитель-доломит>.
16. Котов А. А. Лесной культиватор // Большая российская энциклопедия: научно-образовательный портал. 2022. <https://znaniya.org/c/lesnoi-kul-tivator-51dcc5/?v=5271995>.
17. Куваев А. Н. Влияние ширины захвата плоскорежущего рабочего органа на качество обработки уплотненных почв и тяговое сопротивление // Развитие и внедрение современных наукоемких технологий для модернизации агропромышленного комплекса: сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. 2020. С. 695-700.
18. Куваев А. Н., Дерепаскин А. И. Сравнительная оценка конструктивных схем плоскореза-глубокорыхлителя для основной обработки уплотненных почв // Пути реализации Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы: материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 1039-1043.

19. Кулик К. Н., Бартенев И. М. Инновационная технология реконструкции и восстановления ползащитных лесных полос // Тракторы и сельхозмашины. 2018. № 5. С. 3-8.
20. Латышева М. А. Исследование влияния регулировочных параметров стандартных навесных устройств тракторов на заглубляющую способность дисковых рабочих органов лесных безопорных орудий // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2015. № 41. С. 173-181. <https://elibrary.ru/item.asp?id=23366084>.
21. Лесной дисковый культиватор с повышенными эксплуатационными свойствами / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, А. И. Третьяков, М. А. Латышева // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы международной научно-технической конференции. 2011. С. 34-38.
22. Лысыч М. Н., Шабанов М. Л., Хорольский Н. А. Обзор конструкций почвообрабатывающих орудий предназначенных для проведения агротехнических уходов за лесными культурами // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1-1. <https://science-education.ru/ru/article/view?id=17248>.
23. Маштаков Д. А., Автономов А. Н., Проездов П. Н. Защитные лесные насаждения в лесостепи Приволжской возвышенности: монография. Чебоксары, 2018. 420 с.
24. Нормирзаев А., Нуриддинов А. Разработка комбинированного агрегата для основной и предпосевной обработки почвы // Точная наука. 2020. №. 69. С. 56-58.
25. Обзор конструкций почвообрабатывающих машин, применяемых для междурядной обработки лесных культур / С. В. Малюков, А. А. Аксенов, А. В. Князев, Н. А. Бородин, А. В. Солнцев // Воронежский научно-технический Вестник. 2019. Т. 1. № 1 (27). С. 107-118.
26. Обработка почвы / 2330 мульчирователь / John Deere США. <https://www.deere.com/en/tillage/2330-mulch-finisher/>.
27. Основные причины недостаточной эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов и пути ее повышения / В. И. Посметьев, В. А. Зеликов, М. А. Латышева, В. В. Посметьев // Воронежский научно-технический Вестник. 2015. Т. 4. № 3-3 (13). С. 45-59.
28. Перспективная конструкция многофункционального культиватора для склонов с автоматической биометрически корректируемой системой контроля поперечной устойчивости / И. М. Бартенев, С. Д. Кургалин, Я. А. Туровский, М. Н. Лысыч // Лесотехнический журнал. 2015. Т. 5. № 2 (18). С. 158-165.
29. Повышение износостойкости почвообрабатывающих рабочих органов за счет структурирования высокоуглеродистых сплавов / Л. В. Костылева, Д. С. Гапич, В. А. Моторин, А. Е. Новиков, Д. Б. Курбанов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 283-291.
30. Посметьев В. И., Зеликов В. А., Латышева М. А. Оценка влияния мгновенного центра вращения навесного механизма трактора на заглубляющую способность дисковых рабочих органов // Воронежский научно-технический Вестник. 2014. Т. 3. № 2 (8). С. 38-47.
31. Посметьев В. И., Зеликов В. А., Латышева М. А. Повышение заглубляющей способности дисковых рабочих органов лесных орудий за счет совершенствования конструкций навесного механизма агрегируемого трактора // Воронежский научно-технический Вестник. 2013. Т. 2. № 4 (6). С. 84-93.
32. Посметьев В. И., Зеликов В. А., Латышева М. А. Состояние и пути решения проблемы заглубляемости сферических дисковых рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий // Воронежский научно-технический вестник. 2013. № 3 (5). С. 62-66.
33. Почвозащитные технологии и энергосберегающая техника для возделывания сельскохозяйственных культур / А. В. Миронова, И. В. Лискин, Д. А. Миронов [и др.] // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. 2019. № 3. С. 9-15.
34. Пути повышения эффективности работы лесных машин / И. В. Григорьев, О. А. Куницкая, С. Е. Рудов, А. Б. Давтян // Энергия: экономика, техника, экология. 2020. № 1. С. 55-63.
35. Раднаев Д. Н., Дамбаева Б. Е. Повышение эффективности работы комбинированных машин и комплексов // Вестник ВСГУТУ. 2021. № 1 (80). С. 55-60.
36. Разработка малогабаритного комбинированного агрегата для предпосевной обработки почвы и посева семян в условиях юго-восточного региона Казахстана / Д. К. Карманов, Д. К. Бегады, Н. Т. Исимов, Д. Р. Бекназаров, О. Е. Сейпаталиев // Вестник Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. 2022. № 4. С. 108-119.

37. Современные технологии и техника для сельского хозяйства - тенденции выставки AGRITECHNIKA 2019 / А. Ю. Измаилов, Я. П. Лобачевский, А. С. Дорохов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. 2020. № 6. С. 28-40.
38. Сучков Д. К., Поташкина Ю. Н. Агротехнический уход за лесными культурами: цель, сроки и число уходов // Промышленность и сельское хозяйство. 2020. № 9 (26). С. 28-35.
39. Сучков Д. К. Технология выращивания полезащитных лесных полос в сухостепной и полупустынной зонах // Научно-агрономический журнал. 2019. № 3 (106). С. 7-10.
40. Технологии почвозащитной обработки: пути развития / С. Н. Карпов, А. А. Кожухов, Е. В. Герасимов, П. А. Хаустов // Вестник АПК Ставрополя. 2019. № 1 (33). С. 8-13.
41. Халилов М. Б., Халилова К. М., Халилова М. М. Сравнительная оценка приемов и машин для обработки почвы // Известия Дагестанского ГАУ. 2022. № 3 (15). С. 37-43.
42. Халилов Ш. М., Халилов М. Б., Жук А. Ф. Комбинированные почвообрабатывающие машины и результативность их применения // Известия Дагестанского ГАУ. 2019. № 2 (2). С. 87-92.
43. Шленкин А. К. Комбинированные орудия для обработки почв // Актуальные проблемы общества, экономики и права в контексте глобальных вызовов: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции. М., 2022. С. 124-130.
44. Development of combined tillage tool for melon cultivation / N. Aldoshin, F. Mamatov, I. Ismailov, G. Ergashov // 19th international scientific conference engineering for rural development Proceedings. 2020. Vol. 19.
45. Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Eviev V. A. Evaluation of the energy parameters and agrotechnical indicators of aggregate for deep subsurface tillage // Journal of Physics: Conference Series. 2019. № 012036.
46. Improving the efficiency of the soil uncompactation by the cultivator-subsoiler through the use of digital systems for working depth control / A. B. Kalinin, M. A. Novikov, V. A. Ruzhev, I. Z. Teplinsky // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2021. No. 723. 032061.
47. Influence of cultivation technologies of agricultural crops with the use of machines and tools of domestic and foreign production for the dry area of the South of Russia / Y. I. Grechishkina, E. V. Golosnoy, A. N. Esaulko, M. S. Sigida, A. Y. Ozheredova // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 315. I. 5. 052030.
48. Investigation of various options for processing gray forest soil in a field crop rotation / V. Balabanov, A. Lee, B. Norov, I. Khudaev, V. Egorov // International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering, Conmechhydro 2021". 2021. 04025.
49. Justification of optimal design and technological parameters of needle discs of the combined working body / A. M. Petrov, S. A. Ivanyskiy, M. A. Kanaev [et al.] // International Scientific-Practical Conference "Agriculture and Food Security: Technology, Innovation, Markets, Human Resources" (FIES 2019). 2020. 00016.
50. Machindra R. A., Raheman H. Investigations on power requirement of active-passive combination tillage implement // Eng. Agric. Environ. Food. 2017. No 10. P. 4-13.
51. Martinez M., Xue D. Development of adaptable products based on modular design and optimization methods // Procedia CIRP. 2016. No 50. P. 70-75.
52. Mutingi M., Dube P., Mbohwa C. A. Modular product design approach for sustainable manufacturing in a fuzzy environment // Procedia Manufacturing. 2017. No 8. P. 471-478.
53. Raheman H., Roul A. K. Combination tillage implement for high horse power 2WD tractors // AMA. 2013. No 44 (3). P. 75-79.
54. Substantiation and evaluation of effectiveness of perspective constructions of forest tractors ancillary equipment / V. I. Posmetyev, V. A. Zelikov, M. V. Drapalyuk, M. A. Latysheva, E. V. Shatalov // ARPN J. Eng. Appl. Sci. 2016. Vol. 11. № 3. P. 1840-1855.
55. Upadhyay G., Raheman R. Performance of combined offset disc harrow (front active and rear passive set configuration) in soil bin // Journal of Terramechanics. 2018. No 78. P. 27-37.
56. Zelikov V. A., Posmetev V. I., Latysheva M. A. Substantiation based on simulation modeling of hitch for tillage tools parameters // World Applied Sciences Journal. 2014. Vol. 30. № 4. P. 486-492.

57. Zeng Z., Chen Y., Qi L. Soil cutting by a compact disc harrow having various disc arrangements // Trans. ASABE. 2019. Vol. 62. P. 429-437.
58. Zeng Zh., Thoms D., Chen Y., Ma X. Comparison of soil and corn residue cutting performance of different discs used for vertical tillage // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. No 1. P. 1-10.
59. Zhirnov A. Construction of active working machines for the care of seed-lings // Proceedings of the XXXVIII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC. Shawnee, 2022.
60. Zirkon 12. LEMKEN. <https://lemken.com/ru-ru/innovacionnye-mashiny/obrabotka-pochvy/predposevnaja-obrabotka-pochvy/silovye-borony/zirkon-12>.

Информация об авторах

Малюков Сергей Владимирович, доцент кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8) кандидат технических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2098-154X>, тел. 8 (473) 253-72-51, e-mail: malyukovsergey@yandex.ru.

Поздняков Евгений Владиславович, научный сотрудник патентного сектора научно-исследовательского отдела ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8) кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3904-867x>, тел. 8 (473) 253-76-51, e-mail: pozdev@yandex.ru

Шавков Михаил Викторович, руководитель отдела логистики и снабжения ООО «Русгидроком (РГК)» (394040, Воронеж, ул. Мазлумова, д. 25) кандидат технических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3700-7508>, 8 (473) 253-72-51, e-mail: shavkovmv@mail.ru

Петков Александр Федорович, инженер кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1765-6781>, тел. 8 (473) 253-72-51, e-mail: alexanderpetkoff@mail.ru

Шанин Игорь Игоревич, доцент кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8) кандидат экономических наук, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4706-9868>, тел. 8 (473) 253-67-09, e-mail: kingoao@mail.ru

Болгов Андрей Вячеславович, студент группы ТМ2-201-ОБ ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова» (394087, Воронеж, ул. Тимирязева, 8) тел. 8 (473) 253-72-51, e-mail: bolgovtacher@gmail.com.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-62

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A WORKING BODY FOR ROW-TO-ROW PROCESSING OF MELONS

I. S. Martynov, M. N. Shaprov, V. Yu. Misyuryaev, V. I. Borodin

Volgograd State Agrarian University, Volgograd, Russia

Received 20.04.2023

Submitted 29.05.2023

Abstract

Introduction. The production of high-yielding and high-quality products is one of the main tasks of the agro-industrial complex. Intensive evaporation of soil moisture in the spring-summer period is one of the reasons for the decrease in yield. The long-term practice of cultivating melons shows that the quality of plant development is affected not only by pre-sowing tillage, but also by the first row-to-row tillage. And although the trend that has developed in recent years is the transition to chemical weeding with herbicides of seedlings of row crops, in full this operation is not able to replace the mechanical processing of row spacing, which contributes to the production of environmentally friendly products. In connection with this, technology and technical means are needed to ensure processing in compliance with the necessary agrotechnical requirements and improve conditions for plant growth and development. **An object.** The object of research is a working organ for row-to-row processing of melon clumps. **Materials and methods.** Row-to-row processing of melon crops provides for the pro-

tection of plants from weeds and loosening of the soil in the aisles, creating the necessary water-air regime. The analysis of existing technologies of cultivation of melon crops revealed the need to improve the methods of tillage. Due to the fact that the actions of wind and elevated temperatures lead to desiccation of the topsoil, it is necessary to ensure the flow of moisture to the emerging root system. To do this, simultaneously with weeding, it is recommended to create strip seals on both sides of the row at a depth exceeding the depth of sowing, thereby providing the necessary humidity regime for plant development. The processing of the row spacing in this way is carried out by an improved working body consisting of a rack with a one-sided flat-cutting blade attached to it with a vertical cheek that protects plants from falling asleep with soil, in the lower part of which there is a sealing naralnik.

Results and conclusions. As a result of the conducted research, it was revealed that the dynamics of plant growth in rows, the aisles of which are treated with improved working organs, is higher than when processing the control area. Thus, the use of this technology will allow weeding of melon crops and ensure the flow of moisture to the root system, contributing to its strengthening.

Key words: soil, moisture, seeds, working organs, weeds, yield.

Citation. Martynov I. S., Shaprov M. N., Misyuryaev V. Yu., Borodin V. I. Development and research of a working body for row-to-row processing of melons. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 534-542 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-62.

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 631.316.022:635.61.63

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР

И. С. Мартынов, кандидат технических наук, доцент

М. Н. Шапров, доктор технических наук, профессор

В. Ю. Мисюряев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

В. И. Бородин, аспирант

ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград

Дата поступления в редакцию 20.04.2023

Дата принятия к печати 29.05.2023

Актуальность. Производство высокоурожайной и качественной продукции является одной из главнейших задач агропромышленного комплекса. Интенсивное испарение почвенной влаги в весенне-летний период – одна из причин снижения урожайности. Многолетняя практика возделывания бахчевых культур показывает, что на качество развития растений влияет не только предпосевная обработка почвы, но и первые междурядные обработки. И хотя сложившаяся за последние годы тенденция перехода к химической прополке гербицидами всходов пропашных культур, в полном объеме данная операция не способна заменить механическую обработку междурядий, способствующей получению экологически чистой продукции. В связи с этим необходима технология и технические средства, обеспечивающие обработку с соблюдением необходимых агротехнических требований и улучшающие условия для роста и развития растений. **Объект.** Объектом исследований является рабочий орган для междурядной обработки бахчевых культур. **Материалы и методы.** Междурядная обработка бахчевых культур предусматривает защиту растений от сорной растительности и рыхление почвы в междурядьях, создавая необходимый водно-воздушный режим. Анализ существующих технологий возделывания бахчевых культур выявил необходимость совершенствования способов обработки почвы. Ввиду того, что действия ветра и повышенных температур приводят к иссушению верхнего слоя почвы, необходимо обеспечить приток влаги к формирующейся корневой системе. Для этого одновременно с прополкой рекомендуется создавать с обеих сторон ряда полосовые уплотнения на глубине, превышающей глубину посева, тем самым обеспечивая необходимый влажностный режим для развития растений. Обработку междурядий указан-

ным способом осуществляют усовершенствованным рабочим органом, состоящим из стойки, с прикрепленным к ней односторонним плоскорежущим лезвием с вертикальной щечкой, предохраняющей растения от засыпания почвой, в нижней части которой расположен уплотняющий наральник. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований выявлено, что динамика роста растений в рядках, междурядия которых обработаны усовершенствованными рабочими органами, выше, чем при обработке контрольного участка. Таким образом, проведение прополки бахчевых культур по данной технологии обеспечивает дополнительный приток влаги к корневой системе, способствующей ее укреплению.

Ключевые слова: междурядная обработка, способы обработки почвы, рабочие органы, сорные растения, урожайность бахчевых культур.

Цитирование. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Мисюряев В. Ю., Бородин В. И. Разработка и исследование рабочего органа для междурядной обработки бахчевых культур. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 534-542. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-62.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Производство высокоурожайной и качественной продукции является одной из главнейших задач агропромышленного комплекса. На получение такой продукции оказывают влияние технология возделывания, свойства почвы, климатические условия и многое другое [2-6, 12-14]. Особое внимание стоит уделить бахчевым культурам, особенно обеспечению полевой всхожести семян, которые наиболее чувствительны к температурным показателям, влажности почвы и качеству обработки почвы. Волгоградская область занимает одно из лидирующих мест по выращиванию овощебахчевых культур в Нижнем Поволжье, которое, как известно, относится к зоне рискованного земледелия.

Интенсивное испарение почвенной влаги в весенне-летний период – одна из причин снижения урожайности. И в условиях резко континентального климата весьма эффективны технологии, базирующиеся на почвозащитной, влаго- и энергосберегающей почвообработке [1-4, 9, 12]. Однако обработку почвы под посев бахчевых культур необходимо осуществлять таким образом, чтобы обеспечить ее прогревание и максимально сохранить влагу.

К другой причине, негативно влияющей на урожайность, относится наличие сорной растительности. Они существенно оттягивают на себя большое количество почвенной влаги и питательных веществ, тем самым угнетают культурные растения.

Многолетняя практика возделывания бахчевых культур показывает, что на качество развития растений влияет не только предпосевная обработка почвы, но и первые междурядные обработки [2, 6]. И хотя сложившаяся за последние годы тенденция перехода к химической прополке гербицидами всходов пропашных культур дает положительный результат, в полном объеме данная операция не способна заменить механическую обработку междурядий, способствующую получению экологически чистой продукции [3]. В связи с этим необходима технология и технические средства, обеспечивающие обработку с соблюдением необходимых агротехнических требований и улучшающие условия для роста и развития растений.

Материалы и методы. Междурядная обработка бахчевых культур предусматривает защиту растений от сорной растительности и рыхление почвы в междурядьях, создавая необходимый водно-воздушный режим [1-3, 5-11]. При обработке посевов рабочими орга-

нами должно уничтожаться не менее 98 % сорняков с повреждением культурных растений не более 1 %. Обработку междурядий проводят таким образом, чтобы исключить перемешивание сухих и влажных слоев почвы и присыпание ею культурных растений.

Анализ существующих технологий возделывания бахчевых культур выявил необходимость совершенствования способов обработки почвы [1, 2, 4, 5, 7, 8, 10, 15]. Ввиду того, что действия ветра и повышенных температур приводят к иссушению верхнего слоя почвы, необходимо обеспечить приток влаги к формирующейся корневой системе. Для этого одновременно с обработкой (рисунок 1) рекомендуется создавать с обеих сторон рядка полосовые уплотнения 1 шириной 0,5...1,5 см (в зависимости от типа почв) на глубине, превышающей глубину посева 2, тем самым обеспечивая необходимый влажностный режим для развития растений.

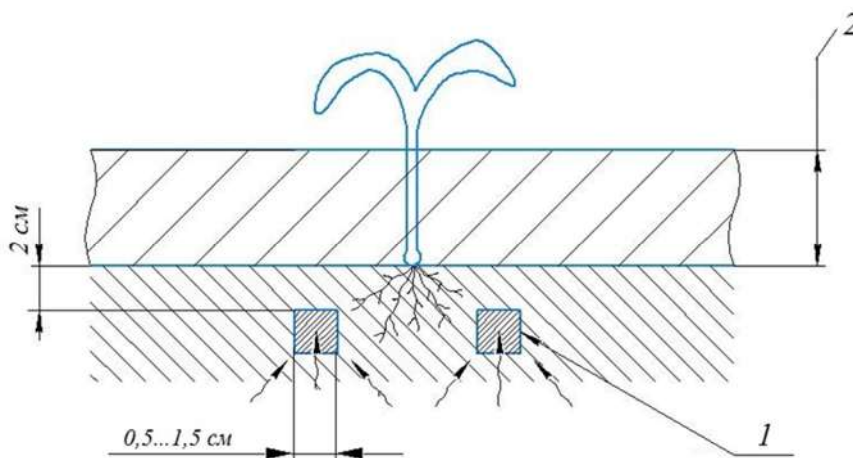


Рисунок 1 – Схема обработки: 1 – зона уплотнения; 2 – глубина посева

Figure 1 – Processing scheme: 1 – compaction zone; 2 – sowing depth

Обработку междурядий указанным способом осуществляют усовершенствованным рабочим органом (рисунки 2, 3), состоящим из стойки 1, с прикрепленным к ней односторонним плоскорежущим лезвием 2 с вертикальной щекой 3, предохраняющей растения от засыпания почвой, в нижней части которой расположен уплотняющий наральник 4 [2].

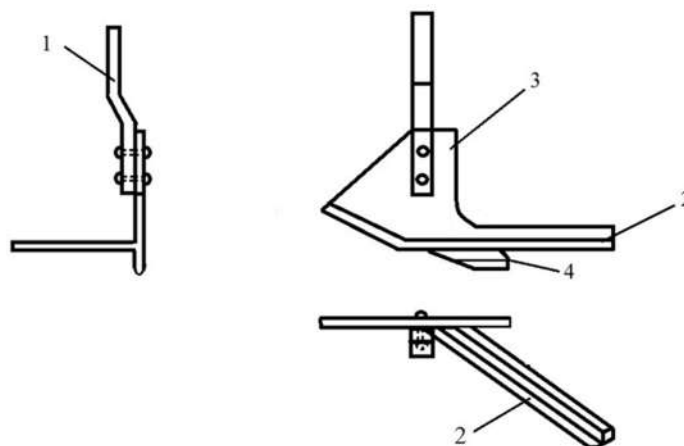


Рисунок 2 – Схема рабочего органа: 1 – стойка; 2 – лезвие; 3 – щека; 4 – наральник

Figure 2 – Scheme of the working body: 1 – rack; 2 – blade; 3 – cheek; 4 – tip



Рисунок 3 – Рабочий орган для междурядной обработки почвы

Figure 3 – Working body for inter-row tillage

В процессе обработки междурядий (рисунок 4) лапа культиватора движется в верхнем слое земли, подрезая сорные растения и взрыхляя почву.



Рисунок 4 – Технологический процесс обработки междурядий

Figure 4 – Technological process for processing row spacings

Верхний слой почвы и подрезанные сорные растения перемещаются по плоско-режущему лезвию (рисунки 2, 4) 2 полольной лапы, вертикальная щека 3, предохраняет растения от засыпания их почвой, уплотняющий наральник 4, установленный в нижней части вертикальной щеки, уплотняют нижний слой почвы обрабатываемой зоны, что позволяет подтягивать влагу из более глубоких слоев к корневой системе, и снижает крутящее воздействие на стойку 1.

Для проведения опытов были выбраны два равнозначных участка, засеянных арбузами сорта «Импульс». Один из них (контрольный) обрабатывался культиватором КРН. На втором участке вместо лап бритв установлены усовершенствованные рабочие органы.

При проведении исследований контролировались уровень почвенной влаги на глубине обработки и динамика развития растений.

Результаты и обсуждения. В ходе полевых исследований влажности почвы, были взяты образцы почвы с целью измерения количества влаги в процентах при междурядной обработке в зависимости от количества дней, при сравнении усовершенство-

ванного рабочего органа и рабочего органа стандартной лапой. На графике (рисунок 5) мы отчетливо видим, как различается процентное соотношение влажности при использовании двух рабочих органов.

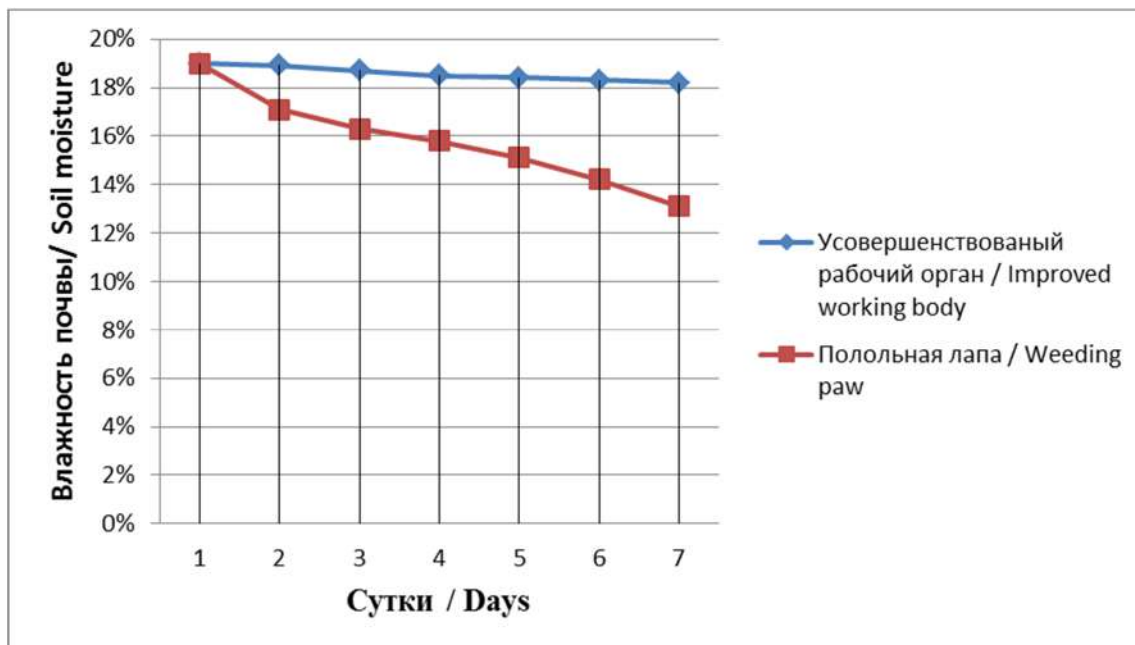


Рисунок 5 – Влажность почвы после обработки

Figure 5 – Soil moisture after processing

В результате проведенных исследований выявлено, что растения в рядке, обработанном усовершенствованными рабочими органами, развиваются равномернее с отклонением по длине ростков 10...15 % по сравнению с контрольным участком, на котором они отличаются друг от друга на 18...30 %. Кроме того, динамика роста растений (рисунки 6-8) в рядках, междурядия которых обработаны усовершенствованными рабочими органами, выше, чем при обработке контрольного участка. Так, например, на участке, обработанном разработанной полольной лапой, длина плетей на 50...60 см больше, чем на контрольном участке, а появление плодов арбуза – на 7...10 дней раньше.



Рисунок 6 – Развитие растений через 7 дней после обработки:

- а) участок, обработанный усовершенствованной полольной лапой;
б) контрольный участок

Figure 6 - Plant development 7 days after treatment:

- а) area treated with an improved working body; б) control area

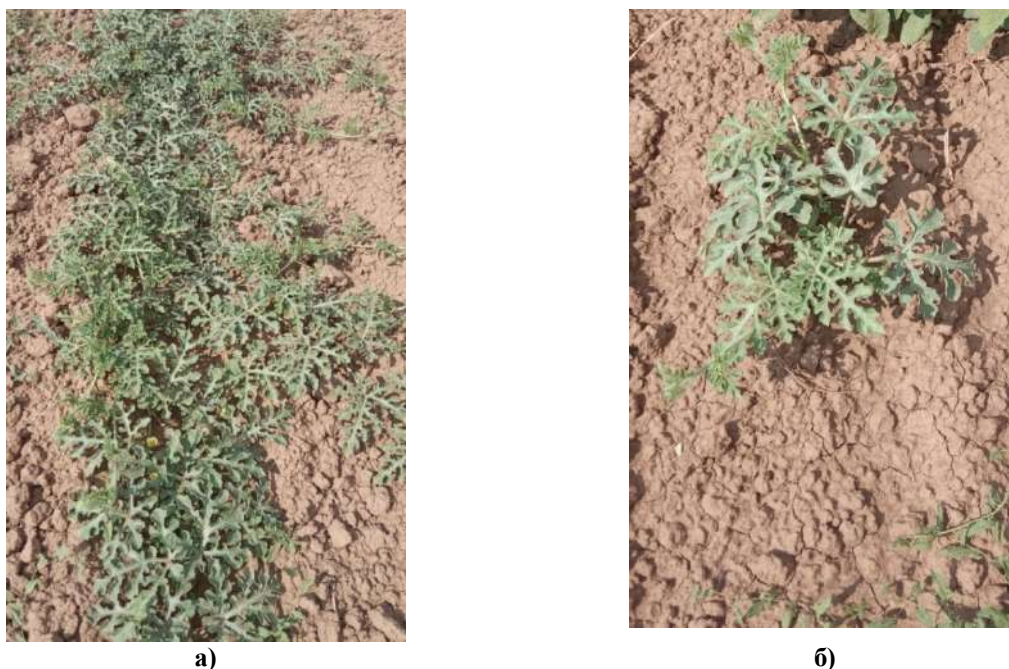


Рисунок 7 – Развитие растений через 30 дней после обработки:
а) участок, обработанный усовершенствованной полольной лапой; б) контрольный участок

Figure 7 - Plant development 30 days after treatment:
a) area treated with an improved working body; b) control area



Рисунок 8 – Развитие растений через 58 дней после обработки:
а) участок, обработанный усовершенствованной полольной лапой; б) контрольный участок

Figure 8 – Plant development 58 days after treatment:
a) area treated with an improved working body; b) control area

Это объясняется тем, что влажность почвы в зоне корневой системы существенно не снижалась, способствуя ее укреплению. Также по результатам предварительных опытов на участке, обработанном рабочим органом, отмечено повышение урожайности на 18 % по сравнению с контрольным участком.

Выводы. Результаты опытов показали эффективность работы рабочего органа для междурядной обработки бахчевых культур. Применение данного почвообрабатывающего органа позволит проводить операции по уходу за растениями и обеспечить приток влаги к корневой системе, обеспечивая ее укрепление.

Библиографический список

1. Алдошин Н. В., Маматов Ф. М., Исмаилов И. И. Средства механизации для обработки почвы в бахчеводстве // Техника и оборудование для села. 2021. № 2 (284). С. 12-15.
2. Мартынов И. С., Шапров М. Н., Бородин В. И. Рабочий орган для междурядной обработки почвы // Сельский механизатор. 2022. № 10. С. 8.
3. Обоснование параметров приспособления для формирования противоэрозионного рельефа в междурядьях пропашных культур / А. Ю. Несмиян, А. М. Семинихин, В. А. Богомяких, Д. С. Фоменко // Вестник аграрной науки Дона. 2017. № 4 (40). С. 21-29.
4. Разработка и исследование рабочего органа для предпосевной обработки почвы / И. С. Мартынов, М. Н. Шапров, Е. Ю. Гузенко, Т. С. Иванова // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 1 (65). С. 433-442.
5. Романовский Н. В., Захаров А. М. Способ повышения эффективности междурядной обработки овощных культур // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 4 (56). С. 311-319.
6. Соколов А. С., Соколова Г. Ф. Изучение влияния кратности междурядных обработок на засоренность и урожайность дыни в Астраханской области // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2018. № 5 (163). С. 76-81.
7. Цепляев В. А., Матасов А. Н., Цепляев А. Н. Агрегат для удаления сорняков методом тербления // Сельский механизатор. 2014. № 9. С. 8-9.
8. Шилов С. А., Шилов А. Н., Фадеев А. А. Кинематические параметры рабочего органа с изменяемой глубиной обработки почвы по ширине междурядья // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Т. 16. № 3. С. 130-134.
9. Экологические аспекты современной технологии свекловодства / И. И. Бартенев, Н. А. Усанов, М. В. Кравец, Д. С. Гаврин // Сахар. 2022. № 4. С. 36-41.
10. Юдина Е. М., Малашихин Н. В. Совершенствование технических средств для обработки междурядий // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 131-133.
11. Analytical Determination of Technological Parameters in the Work of a Self-driving Machine for Soil Loosening and Weeds Removing / A. N. Matasov, A. N. Ceplyaev, M. V. Ulyanov [et al.] // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 206. P. 1079-1085.
12. Characterizing agricultural impacts of recent large-scale US droughts and changing technology and management / J. Elliott, M. Glotter, A. C. Ruane, K. J. Boofe, I. Foster // Agricultural Systems. 2018. V. 159. P. 275-281.
13. 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. № 965 (1). P. 012052.
14. Murmu K., Thakur T. C. Design and development of combined conservation Tillage machine with chiselers and clod pulverizing roller // AMA. Agricultural Mechanization in Asia. Africa and Latin America. № 50 (1). P. 66-72.
15. Using energy requirements to compare the suitability of alternative methods for broadcast and site-specific weed control / G. R. Y. Coleman, A. Stead, M. P. Rigter, Z. Xu, G. M. Brooker, S. Sukkarieh, M. J. Walsh // Weed Technology. 2019. Vol. 33. Is. 4. P. 633-650.

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.

Мисюряев Виктор Юрьевич, профессор кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Волгоград, пр-т Университетский, 26), доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ORCID: 0000-0002-4341-3222. E-mail: attlab@mail.ru.

Бородин Виталий Игоревич, аспирант кафедры «Безопасность жизнедеятельности» ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет (400002, г. Волгоград, пр-т. Университетский, 26), ORCID: 0009-0001-0005-475X. E-mail: megavitas.borodin@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-63

IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND TECHNIQUES FOR LAYING SUBSOIL HUMIDIFIERS

**M.M. Abdulgalimov¹, F.M. Magomedov², S.E. Senkevich³, I.M. Melikov²,
E.S. Gasanova², N.F. Magomedova², N.V. Sergeev⁴**

¹*The Federal State Budget Scientific Institution*

«Federal Agrarian Scientific Center of the Republic of Dagestan», Makhachkala

²*The Dagestan State Agrarian University named after M.M. Dzhambulatov, Makhachkala*

³*Federal State Budget Scientific Institution «Federal Scientific Agroengineering Center of the All-Russian Research Institute of Mechanization», Moscow*

⁴*«Azovo-Chernomorsk Engineering Institute – the branch of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Don State Agrarian University», Zernograd*

Received 14.02.2023

Submitted 28.04.2023

Summary

In the presented article, an analysis of special equipment and methods of laying humidifiers in-ground is carried out, as well as a constructive design of a combined unit and a method (very promising) for watering in-soil shrub-woody perennial plantings are proposed. The proposed irrigation technology is implemented by using (as the main element) the mobile combined **aggregate** of laying soil humidifiers for the subsequent providing of water supply to the right place and depth of a tree and shrub soil area and directly to the roots of irrigated crops.

Abstract

Introduction. The territory of the Republic of Dagestan, according to the level of natural moisture supply, is considered a region with an insufficient amount of moisture content in the soil, and therefore the production (harvest) of crops with high yields and quality is possible only when using irrigation. The subsoil irrigation method is a promising and promising method, the use of which contributes to the activation of the soil regime (air-water), the preservation and improvement of its structure, the formation of optimal requirements for the development of cultivated crops (at the same time creating conditions for increasing yields, reducing labor costs and irrigation water consumption) as a result of irrigation process automation. Due to the incompleteness of research on general theoretical provisions and the technical process of irrigation, the features of subsoil irrigation have not been sufficiently embodied. The industrial development of subsoil irrigation is constrained due to the increased capital intensity. For this reason, research aimed at improving the technology and developing the designs of subsoil irrigation systems is still relevant, significant and in demand. **Materials and methods.** The available technical means and methods for laying reclamation pipes are resource-intensive and extra time is spent on laying subsoil irrigation networks. The formation of a suitable laying depth, length, as well as the distance (gap) between humidifiers, requires the necessary arguments for any real possibility in order to prevent a negative impact on the surrounding environment, which is the basis of the concept of subsurface irrigation. Humidifiers (as key structural components) support and provide a stable and measured supply of water to irrigation zones for irrigation. **Results and Conclusions.** A method is presented for laying existing and suitable for laying pipes simultaneously during plowing (plantation) of areas planned for shrub plantings, vineyards and orchards (operations are performed in one pass of the unit). There is no need to build capital humidification networks. The presented combined unit contributes to minimizing the implementation of the technological process, reducing the construction time and forced commissioning of irrigation networks, as well as resource and energy saving.

Key words: *combined unit, method, humidifiers, laying, subsoil, irrigation.*

Citation: Abdulgalimov M.M., Magomedov F.M., Senkevich S.E., Melikov I.M., Gasanova E.S., Magomedova N.F., Sergeev N.V. Improvement of technology and techniques for laying subsoil humidifiers. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 542-552 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-63.

Author's contribution. The authors are responsible for the information and plagiarism presented in the article

Conflict of interest. The absence of a conflict of interest is stated by the authors.

УДК 631.674.4

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКИ ДЛЯ УКЛАДКИ ВНУТРИПОЧВЕННЫХ УВЛАЖНИТЕЛЕЙ

М. М. Абдулгалимов¹, старший научный сотрудник
Ф. М. Магомедов², доктор технических наук, профессор
С. Е. Сенкевич³, кандидат технических наук, доцент
И. М. Меликов², кандидат технических наук, доцент
Э. С. Гасанова², кандидат филологических наук, доцент
Н. Ф. Магомедова², старший преподаватель
Н. В. Сергеев⁴, кандидат технических наук, доцент

¹Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан»,

Республика Дагестан, г. Махачкала, Научный городок, Российская Федерация

²Дагестанский государственный аграрный университет имени М. М. Джамбулатова, Республика Дагестан, г. Махачкала, Российская Федерация

³Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Российская Федерация

⁴Азово-Черноморский инженерный институт фил. ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация

Дата поступления в редакцию 14.02.2023

Дата принятия к печати 28.04.2023

Аннотация. В представленной статье проведен анализ специальной техники и способов укладки увлажнителей внутрипочвенно, а также предложены конструктивное исполнение комбинированного агрегата и способ (весьма перспективный) для внутрипочвенного полива кустарниково-древесных многолетних посадок. Предлагаемая технология орошения реализуется путем применения (в качестве основного элемента) мобильного комбинированного агрегата для укладки внутрипочвенных увлажнителей с последующим обеспечением подачи воды в нужное место и на определенную глубину почвенного профиля и прямо к корням орошаемых культур.

Актуальность. Территория Республики Дагестан по уровню природной влагообеспеченности считается регионом с недостаточным количеством влагосодержания в почве и поэтому производство (сбор) сельхозкультур с высокой урожайностью и качеством возможно только при использовании полива. Внутрипочвенный способ полива – это многообещающий и перспективный способ, использование которого способствует активизации почвенного режима (воздушно-водного), сохранению и улучшению его структуры, формированию оптимальных требований развития выращиваемых сельхозкультур (вместе с тем созданию условий увеличения урожайности, снижению трудовых затрат и расходов поливной воды) в результате автоматизации поливного процесса. По причине незавершенности исследований общетеоретических положений и техпроцесса орошения особенности внутрипочвенного орошения не воплощено в достаточной степени. Производственное освоение внутрипочвенного орошения сдерживается из-за повышенной капиталоемкости. По этой причине исследования, нацеленные на усовер-

шенствование технологии и разработку конструкций систем внутривпочвенного орошения, все еще актуальны, значимы и востребованы. **Материалы и методы.** Имеющиеся технические средства и способы по укладке мелиорационных труб ресурсо-капиталоемки, и лишнее время тратится на укладку внутривпочвенных оросительных сетей. Формирование подходящей глубины укладки, длины, а также дистанции (промежутка) между увлажнителями требует необходимой аргументации для любой реальной возможности с целью недопущения негативного влияния на имеющуюся вокруг экологию, что является основой концепции внутривпочвенного орошения. Увлажнители (как ключевые конструктивные компоненты) поддерживают и обеспечивают устойчивый и размеренный подвод в оросительные зоны воды для полива. **Результаты и обсуждение.** Представлен способ укладки имеющихся и пригодных для укладки труб одновременно в ходе вспашки (плантажной) намеченных под кустарниковые посадки виноградники и сады площадей (операции выполняются за один проход агрегата). Отпадает потребность в строительстве капитальных сетей увлажнения. **Выводы.** Представленный комбинированный агрегат способствует сведению к минимуму выполнение технологического процесса, сокращению сроков постройки и форсированному введению в эксплуатацию сетей орошения, а также ресурсоэкономному.

Ключевые слова: агрегаты комбинированные, внутривпочвенные увлажнители, укладка увлажнителей, орошение внутривпочвенное.

Цитирование. Абдулгалимов М. М., Магомедов Ф. М., Сенькевич С. Е., Меликов И. М., Гасанова Э. С., Магомедова Н. Ф., Сергеев Н. В. Совершенствование технологии и техники для укладки внутривпочвенных увлажнителей. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 542-552. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-63.

Авторский вклад. За представленные в статье сведения и плагиат ответственность несут авторы.

Конфликт интересов. Об отсутствии конфликта интересов заявлено авторами.

Введение. Территориальная рациональность применения внутривпочвенного орошения обуславливается существующими почвенно-климатическими, а также хозяйственно-техническими условиями конкретного региона государства. Внутривпочвенному орошению присущи: эксплуатационная простота, значительное повышение при этом урожайности выращиваемых сельскохозяйственных культур и уменьшение объема поливной воды, возможность одновременной подачи к корням насаждений требуемого количества воды и удобрений, небольшой период окупаемости расходов на обустройство данного вида орошения; отсутствие необходимости в проведении ежегодных монтажно-демонтажных работ оросительной системы, что исключает повреждение ее элементов (обеспечивается эксплуатационная долговечность), нет необходимости в обстоятельном проведении очистки подводимой для орошения воды, продолжительный период эксплуатации увлажнителей (нет необходимости в повышенном давлении подаваемой в них воды), оснащение и комплектующие элементы системы отечественного производства [2-6, 9-12].

Когда имеет место недостаточное естественное смачивание (увлажнение), то лишь применение орошения дает возможность повысить урожайность сельскохозяйственных культур в аграрном секторе. Такие способы местного орошения, как внутривпочвенное, капельное и капельно-внутривпочвенное, формируют вблизи корневой системы растений необходимое для их полноценного развития увлажнение. При приемлемом (оптимальном) увлажнении вода для полива поступает в малом объеме, но достаточном для нормального развития самих растений и получения в итоге устойчивой урожайности.

Укладка труб-увлажнителей внутривпочвенно дает возможность подачи поливной воды непосредственно к укоренившейся системе возделываемых сельскохозяйственных культур и сохранить уже проложенные трубы-увлажнители от повреждений (деформации, полом-

ки), а также воздействия солнечных лучей (возникновения трещин). Взаимное влияние укоренившейся системы возделываемых сельхозкультур и грунта (почвы) наблюдается при вбирании в объем оптимального (постоянного) увлажнения почвы сформировавшихся корневых зон, что имеет место при внутripочвенной укладке труб-увлажнителей. Ввиду того что в процессе орошения внутripочвенно не происходит увлажнения поверхностной прослойки грунта, снижаются влагопотери (за счет испарения) и прорастание сорняков, а также повышается проницаемость (водо-воздушная).

Результаты исследований элементов конкретных способов внутripочвенного орошения, а также форм увлажненности грунта, с учетом современных реалий следует изучить и переработать для последующего качественного осуществления данного технологического процесса с применением отвечающих текущим требованиям технических решений и способов [7].

Модернизация конструктивного исполнения соответствующих агрегатов и способов выполнения орошения сельхозкультур позволит получить стабильный урожай при малых объемах поливной воды и в целом повысить эффективность функционирования системы орошения в условиях аграрного сектора.

Применением соответствующих современным требованиям передовых технологий и агрегатов для орошения обеспечивается эффективность орошаемого земледелия.

Орошаемое земледелие возможно лишь с применением передовых и современных технологий, а также сельхозагрегатов для выполнения технологического процесса орошения.

В процессе совершенствования распространенных оросительных способов следует также обратить внимание на недостаточно повсеместно используемые, но обладающие потенциальными возможностями для развития и распространения. На основе как зарубежного, так и отечественного практического опыта возделывания различных сельскохозяйственных культур можно утверждать, что условиям, гарантирующим режимы (водно-воздушно-питательный) почвы внутripочвенное орошение удовлетворяет на необходимом уровне. При использовании внутripочвенного орошения можно в значительном объеме снизить расход поливной воды на орошение и энергорасходы на осуществление процесса орошения, а также на процесс почвенной обработки после окончания орошения, значительно понижая безусловные энергозатраты на возвращаемую сельскохозяйственную культуру, а также сберегая структурный состав почвы при поступлении поливной воды. Несмотря на сложность сооружения внутripочвенной системы орошения, именно она имеет наиболее существенный коэффициент полезного действия по сравнению с другими оросительными способами.

Цель исследований – энергоресурсосбережение, минимизирование процесса внутripочвенного орошения и сроков введения оросительных сетей в эксплуатацию (уменьшение сроков постройки за счет укладки увлажнителей внутripочвенно совместно с плантажной вспашкой).

Материалы и методы. Мелиоративные трубы укладываются специализированной техникой траншейным (траншеи выкапывают на нужную глубину многоковшовым либо роторным исполнительным органом или же экскаватором узкоковшовым, при этом за рабочим органом выемки грунта в траншею передвигается укладчик труб, выполняя подачу и укладку как самих труб, так и предохранительных, а также фильтрующих материалов) и бестраншейным (в отверстие, которое вырезается ножом, перемещают подготовленные трубы с капельницами сквозь внутреннюю пустоту кожуха, преобладающего за ножом, и при этом окончание трубы заранее фиксируют в колодце, в котором устраивается сеть распределения) способами.

В некоторых случаях по кротовине, предварительно присоединяя ее к дрениру, протягивают трубопровод цанговым патроном.

Функционирующий трубоукладчик ножевой оснащен: рамой навесной, ножом для вырезания прорези с желобом для направления трубы, бухтой трубы (пластмассовой), намотанной на барабан, почвоподрезающим диском, ограничителем (колесом) с глубинным регулятором.

Отмеченные способы и упомянутые агрегаты можно отнести к капиталоресурсоемким и при их применении затрачивается дополнительное время, чтобы проложить оросительную сеть внутрипочвенно.

Вышеупомянутые технические средства и способы ресурсокапиталоемки и их применение удлинит продолжительность укладки внутрипочвенных оросительных сетей.

Внутрипочвенную оросительную систему следует формировать с учетом оптимальных значений ее параметров (укладочной глубины, расстояния (интервала) между увлажнителями и их длины) и они должны быть аргументированными для любого определенного условия, чтобы предотвратить негативное влияние на экологию.

Для формирования оптимального увлажнения эффективной корневой грунтовой прослойки, для поддержания оптимального аэрационного уровня, неприемлемости малоэффективного просачивания поливной воды в низовые прослойки грунта размер глубины укладки увлажнителей внутрипочвенно должен находиться в пределах $(2...3) \cdot 10^{-1}$ м. Однако при больших значениях имеет место снижение действенности орошения, но возникает фактическая возможность использования механической (машинной) обработки почвы, исключая повреждения конструктивных элементов увлажнителей. Закладочная глубина увлажнителей внутрипочвенно для открытого грунта $(4...5) \cdot 10^{-1}$ м.

В открытом грунте длина (протяженность) увлажнителей внутрипочвенных может быть вплоть до $6 \cdot 10^2$ м, но оптимальная длина может находиться в пределах $(1...3) \cdot 10^2$ м. Для увлажнителей внутрипочвенных их длина (протяженность) предопределяется расчетом (гидравлическим) с использованием формул сформировавшегося продвижения воды с одновременным снижением по длине ее расхода [1, 8].

Для увлажнителей длину можно определять, принимая во внимание полное поглощение объема перемещаемой для орошения воды при сохранении по длине увлажнителей постоянного по значению напора, а также постоянных значений расходов (удельных) впитываемой оросительной воды:

$$L = Q / q_y = \sqrt{3Q_i} / q_y = \omega \cdot c \sqrt{R_i} / q_y = k \sqrt{3i} / q_y, \quad (1)$$

В выражение (1) включены следующие показатели: струя поливной воды (Q , л/с); расход трубопровода (привычного) исходя из соотношения уклонов (пьезометрического и геодезического) – (Q_i); расход на протяженности (длине) увлажнителя – 1 м (q_y , л/с); площадь сечения увлажнительной трубы (поперечная) – (ω , м); коэффициент (показатель) Шези ($c = \sqrt[6]{R/n}$); коэффициент (показатель) шероховатости (n); гидравлический радиус (характеристика) сечения (поперечного) потока жидкости (R , м); приравняемый к геодезическому уклону пьезометрический уклон (i);

Установлено, что выражение (1) может быть справедливо для значений угла оси увлажнителей (внутрипочвенных) до $4 \cdot 10^{-3}$. Если значение данного угла больше подтвержденного, то в таком случае при определении параметров внутрипочвенных систем орошения, расчет следует реализовывать, опираясь на идентичность оси увлажнителя и уклонов пьезометрической направления (линии).

Необходимый между увлажнителями интервал (расстояние) следует устанавливать, учитывая сущность распределения поливной воды внутри контура влагосодержания, кроме того, ему надлежит обеспечивать загораживание побочных границ контура при минимальной величине из выделенных общепризнанных нормативов для орошения.

Научно обоснованный выбор расстояния (интервала) между увлажнителями (внутрипочвенными) будет способствовать снижению финансово-экономических затрат на организацию и оборудование внутрипочвенной системы орошения.

Для установления необходимого расстояния (интервала) между увлажнителями можно воспользоваться формулой:

$$l = 2(0,43\sqrt{q_0/k_\phi} + 1,3(0,2 + 0,3)W_{н.в}k_n\gamma/q_{уд}), \quad (2)$$

которая включает в себя: расход через отверстия увлажнителя (q_0 , м/с); коэффициент (показатель) фильтрации грунта (почвы) – (k_ϕ); влагоемкость (минимальная) грунта (почвы) – ($W_{н.в}$, %); коэффициент (показатель) потенциалопроводности грунта (почвы) – (k_n); плотность грунта (почвы) – (γ , г/см); расход на длине (протяженности) увлажнителя 1 м ($q_{уд}$, м/ч).

Также расстояние (интервал) между увлажнителями может быть установлено по формуле:

$$l = 2\xi(t_0) + d + c, \quad (3)$$

в которую включены: расстояние горизонтальное одностороннее, распределения воды за время орошения (t_0) через увлажнитель ($\xi(t_0)$); диаметр внутрипочвенного увлажнителя (d , м); константа, учитывающая поливную сельхозкультуру (c).

Ориентировочный расчет укладочной глубины и расстояния (интервала) между ними возможен с использованием следующих формул:

$$H = a + H_\kappa, \quad (4)$$

$$b = 2(\epsilon + H_\kappa), \quad (5)$$

которые включают в себя: вертикальный параметр около увлажнительной области (влажность соответствует полной влагоемкости): $a = 0,32\sqrt{q/K_\phi}$; расход воды малым источником (q); коэффициент (показатель), учитывающий почвенную фильтрацию (K_ϕ); горизонтальный параметр около увлажнительной области (влажность соответствует полной влагоемкости): $\epsilon = 1,34a$; подъемная высота (уровень) капиллярной кромки (H_κ).

Проведенный анализ исследовательского материала по этой проблеме продемонстрировал, что размер глубины укладки увлажнителей оросительной сети внутрипочвенно располагается в границах $(3...5) \cdot 10^{-1}$ м, а в границах $(7...15) \cdot 10^{-1}$ м – соответственно расстояние (интервал) между увлажнителями внутрипочвенными (при этом принимается во внимание расстояния (интервалы) между сельхозкультурами возделывания).

Требуемое для площади 1 га количество увлажнителей внутрипочвенных:

$$n = L \cdot b \cdot 10^4, \quad (6)$$

где L и b – длина увлажнителя внутрипочвенного и расстояние (интервал) между ними соответственно, м.

В конструктивном исполнении внутрипочвенных систем орошения увлажнители считаются ключевыми элементами, целью которых является обеспечение (поддержание) одинакового и устойчивого распространения оросительной воды на поливных участках. Надежность и эффективность их функционирования в значительной мере за-

висит от следующих факторов: диаметра, форм труб, водовыпускных отверстий, а также их количества, размещенных на них укладочного угла, применение или нехватка различных используемых материалов, исключаящих заиливание, засорение, а также зарастание водовыпускных отверстий и внутренних полостей увлажнителей, потери на фильтрацию оросительной воды.

Результаты и обсуждение. Рекомендуемый способ предписывает производить укладку подготовленных труб напрямую в процессе плантажной вспашки земель под кустарничковые посадки, сады и виноградники в ходе единого передвижения предлагаемого агрегата, выполняя одновременно плантажное вспахивание, а также укладывание внутрипочвенных увлажнителей. Отпадает потребность в капитальной постройке сети увлажнителей [Пат. 2719785 РФ, 2020, Бюл. № 12].

Очередность исполнения процесса укладки увлажнителей внутрипочвенных в разрезах почвенного профиля представлена на рис. 1.

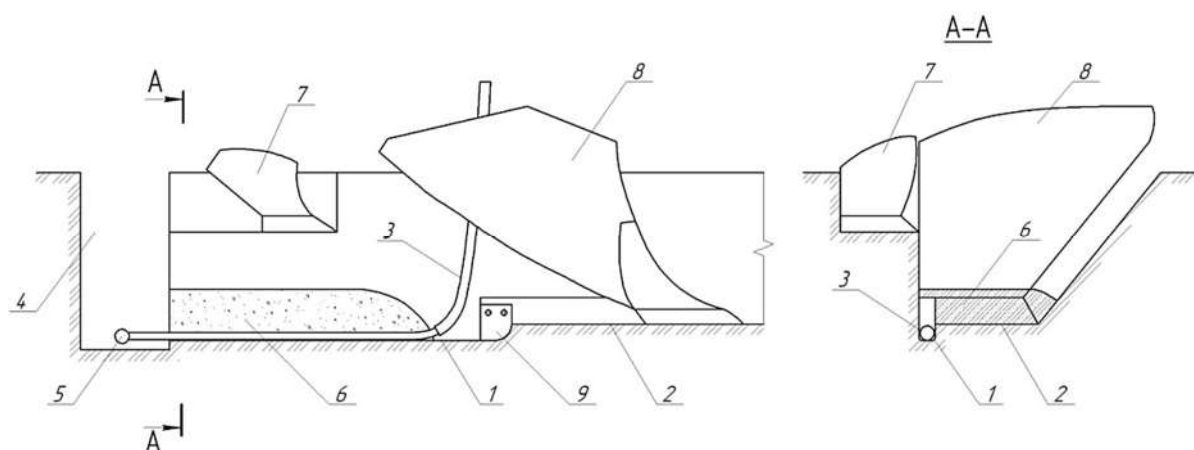


Рисунок 1 – Почвенный профиль на глубину плантажной вспашки
(Схема укладки увлажнителей)

Figure 1 – Soil profile for the depth of planter plowing (Layout of humidifiers)

Суть способа заключается в следующем: в процессе вспашки (плантажной) углубление (1), формируемое долотом в плужной подошве (2), подвергается увеличению до размера большего, чем диаметр укладываемого трубопровода (перфорированного) – увлажнителя (3) с обмоткой фильтрации величиной 1...2 см, который в последующем направляется посредством кожуха, размещенного позади корпуса плуга, с барабана, размещенного на раме, и при этом его торец фиксируют в траншее (4) вместе с сетью распределения (5). По завершении процесса укладки трубопровод-увлажнитель (3) заваливается почвой (6) предплужником (7), размещенного на раме плуга сразу за основным корпусом (8).

Специальное приспособление (9) формирует углубление в плужной подошве за счет вдавливания и уплотнения, что обеспечивает снизить потери оросительной воды на фильтрацию (глубинную).

Следует отметить, что укладка трубопровода-увлажнителя осуществляется ниже плантажной глубины вспашки, тем самым обеспечивается его защита от вывода из стоя в ходе очередных обработок почвы разными почвообрабатывающими орудиями. Расстояние (интервалы) между увлажнителями устанавливается с учетом того, что укладывают их через 1 либо 2 хода агрегата, принимая во внимание плотность почвогрунтов.

Представленный способ дает возможность производить укладки увлажнителей в том числе и на имеющихся территориях с насаждениями (многолетних кустарнико-древесных).

Предлагаемый агрегат (комбинированный) для укладки внутрипочвенных увлажнителей приведен на рисунках 2 и 3 [Пат. 199265 РФ, 2020, Бюл. № 24]. Данный агрегат включает в себя: раму с навеской плуга плантажного (1); корпус плуга основной (2); предплужник (3); бухту трубопровода-увлажнителя на барабане-катушке (4); кожух (5); доску полевую корпуса основного (6); формирующее углубление в подошве плужной приспособление (7); увлажнитель – трубопровод (8); механизм колеса опорного регулируемый (9); лемех корпуса основного (10); лемех предплужника (11); долото на лемехе корпуса основного (12).

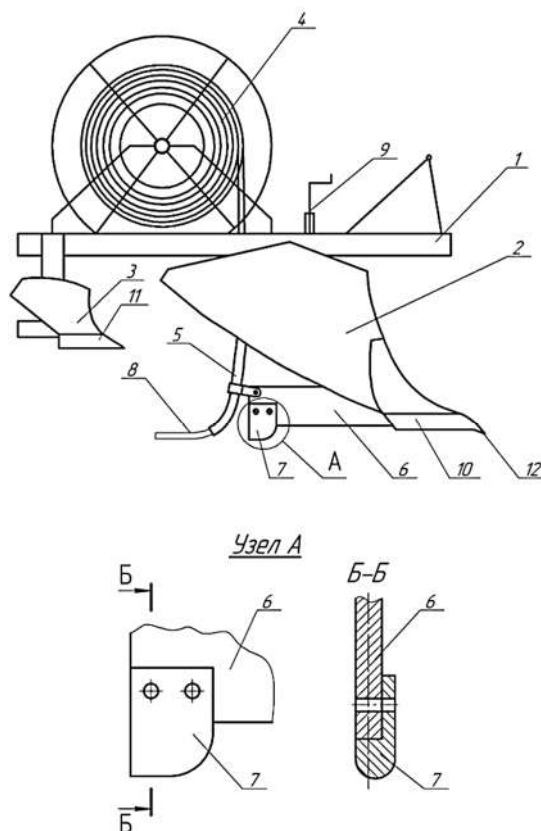


Рисунок 2 – Агрегат (комбинированный) - укладчик увлажнителей для внутрипочвенного полива

Figure 2 – The unit (combined) is a humidifier stacker for intra-soil irrigation

На раме плантажного плуга фиксируется барабан с бухтой трубопровода-увлажнителя, а за корпусом основным либо за его стойкой размещается кожух. На предлагаемом агрегате корпус основной с опорным колесом находится спереди, при этом предплужник сдвинут в сторонку рамной оси и закреплен на поперечине рамы так, чтобы пятка его лемеха была наравне с носком лемеха корпуса основного.

Последовательность функционирования агрегата.

В самом начале ряда до момента хода плантажной вспашки торец трубопровода-увлажнителя (8) фиксируют в траншее сети распределения. Траншея нарезается основным корпусом плуга (2), а его долотом (12) формируется незначительное углубление в подошве плужной, которое специальным приспособлением (7) с подошвой полукруг-

лой (прикрепленное в пятке доски (6) полевой корпуса основного) вслед в дополнение уплотняется и углубляется, куда затем прокладывается, перемещаясь через кожух (5), увлажнитель-трубопровод (8) и в последующем предплужником (3) заваливается и укрывается почвой (грунтом). В плоскости (горизонтальной) корпус (2) основной, а также предплужник (3) установлены так, чтобы у предплужника пятка лемеха (11) была наравне с носком лемеха (10) корпуса основного.



Рисунок 3 – Общий вид агрегата / Figure 3 – General view of the unit

Экономическая эффективность (результативность) агрегата (комбинированного) подтверждается минимизированием техпроцесса, результатом энергоресурсосбережения, ускоренным введением в строй сетей для орошения путем снижения сроков их постройки, синхронным выполнением укладывания увлажнителей внутрипочвенных, а также плантажной вспашки.

Выводы. Проанализированные способы по укладке труб-увлажнителей не позволяют оптимизировать условия сбережения и распространения поливной воды при внутрипочвенном орошении возделываемых культур.

Наиболее целесообразным и рациональным для разрешения данной проблемы можно считать способ бестраншейной укладки труб, что указывает на необходимость концентрации исследований, нацеленных на усовершенствование данного процесса и формирование для этого необходимого комплекса машин.

Для аграрного сектора при возделывании различных сельскохозяйственных культур способ внутрипочвенного орошения имеет перспективу широкого применения, но недостаточная изученность теоретических положений протекания переноса влаги и закономерностей образования контура увлажненности почвы сдерживают темпы ее формирования и обширного использования в сельхозпроизводстве.

Предлагаемая конструкция мобильного агрегата (комбинированного) и способа укладывания увлажнителей внутрипочвенных даст возможность расширить уровень преимуществ технологии орошения, а также оптимизировать ключевые показатели орошения (внутрипочвенного):

- ограничение уровня потерь влажности ввиду наличия поверхностного испарения, количественное снижение поверхностных рыхлений почвы, сокращение жизнедеятельности сорняков, обеспечение допустимости проведения различных работ по содержанию (поскольку поверхностный слой почвы не подвергнется увлажнению);

- сокращение почвенного покрова и площади смачивания, достаточно точное контролирование значений контуров увлажнений, устранение с почвенной поверхности малоэффективного испарения влаги, а также глубинной фильтрации вне корневой системы растений.

Оптимальные живительные условия сельскохозяйственным культурам обеспечиваются бестраншейной технологией внутрипочвенной укладки увлажнителей ввиду как ее перспективности, так и продуктивности. Развитие намеченных исследований необходимо направить на формирование соответствующих нынешним условиям, а также несложных конструктивно и в эксплуатации мобильно-комбинированных агрегатов, обеспечивающих улучшение технологических процессов, а кроме того, увеличение их энергоэффективности. Необходимо развитие исследований по изучению предрасположенности различных возделываемых сельскохозяйственных культур на ресурсосберегающие технологические процессы, а также технические средства для механизации укладки внутрипочвенных увлажнителей.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д. Расчет допустимых длин увлажнителей при строительстве систем внутрипочвенного орошения в зависимости от уклона местности // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4 (48). С. 221-228.
2. Кременской В. И., Иванютин Н. М. Технология внутрипочвенного и капельного полива с разными объемами локального увлажнения плодового яблоневого сада // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 2 (46). С. 151-158.
3. Курбанов С. А., Майер А. В., Амшонов Б. Х. Система внутрипочвенного мелкоструйчатого локального орошения многолетних насаждений в сочетании с аэрозольным увлажнением // Проблемы развития АПК региона. 2018. № 3 (35). С. 51-58.
4. Особенности режима внутрипочвенного орошения корнеплодов и паслёновых культур / Е. А. Ходяков, С. Г. Милованов, К. В. Бондаренко, Е. К. Верещагин // Развитие АПК на основе принципов рационального природопользования и применения конвергентных технологий: материалы международной научно-практической конференции. Волгоград, 2019. С. 92-97.
5. Урожайность и качество реакции баклажанов с поверхностным и подпочвенным капельным орошением и сравнение чистой прибыли / Б. К. Есим, Ю. Аттила, Г. Э. Энгин, Э. Каглар // Управление водными ресурсами в сельском хозяйстве. 2018. Т. 206. С. 165-175.
6. Ханиева И. М., Амшонов Б. Х., Шонтуков Т. З. Конструктивные и технологические особенности применения капельной системы орошения в условиях неудобий // Проблемы развития АПК региона. 2022. № 3 (51). С. 124-128.
7. Ходяков Е. А., Милованов С. Г. Совершенствование конструкции внутрипочвенного орошения // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1 (49). С. 269-275.
8. Энергосберегающая технология внутрипочвенного орошения сельхозкультур / М. М. Абдулгалимов, Ф. М. Магомедов, И. И. Курбаков, И. М. Меликов [и др.] // Проблемы развития АПК региона. 2020. № 4 (44). С. 20-24.
9. Al-Ghobari Y. M., Dewidar A. Z. Integrating deficit irrigation into surface and subsurface drip irrigation as a strategy to save water in arid regions // Agricultural Water Management. 2018. Vol. 209. P. 55-61.
10. Mo Y., Li G., Wang D. A sowing method for subsurface drip irrigation that increases the emergence rate, yield, and water use efficiency in spring corn // Agricultural Water Management. 2017. Vol. 179. P. 288-295.
11. Pendergast L., Bhattarai S. P., Midmore D. J. Evaluation of aerated subsurface drip irrigation on yield, dry weight partitioning and water use efficiency of a broad-acre chickpea (*Cicer arietinum*, L.) in a vertosol // Agricultural Water Management. 2019. Vol. 217. P. 38-46.
12. Precision subsurface drip irrigation increases yield while sustaining water-use efficiency in Mediterranean poplar bioenergy plantations / Pierluigi Paris, Giovanni Di Matteo, Massimo Tarchi, Marco Lauteri // Forest Ecology and Management. 2018. Vol. 409. P. 749-756.

Информация об авторах

Абдулгалимов Мавлудин Мавлудинович, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный аграрный научный центр Республики Дагестан" (367014, Республика Дагестан, г. Махачкала, Научный городок, ул. А. Шахбанова, 30). E-mail: mavludin.62@mail.ru ORCID: 0000-0001-5334-637X

Магомедов Фахретдин Магомедович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джембулатова» (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180). E-mail: fahr-59@yandex.ru
ORCID: 0000-0001-7202-9898

Сенькевич Сергей Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (109428, РФ, г. Москва, 1-й Институтский проезд, дом 5). E-mail: sergej_senkevich@mail.ru ORCID: 0000-0001-6354-7220

Меликов Иззет Мелукович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джембулатова» (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М.Гаджиева, 180). E-mail: izmelikov@yandex.ru.
ORCID: 0000-0001-8928-8714

Гасанова Эльнара Саладиновна, кандидат филологических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джембулатова» (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М.Гаджиева, 180). E-mail: elngas@yandex.ru
ORCID: 0000-0002-1981-6128

Магомедова Наиля Фахретдиновна, старший преподаватель, ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный аграрный университет имени М.М. Джембулатова» (367032, Республика Дагестан, г. Махачкала, М. Гаджиева, 180). E-mail: sliv0chka555@mail.ru

Сергеев Николай Викторович – кандидат технических наук, доцент, Азово-Черноморский инженерный институт - филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ в г. Зернограде (347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 21). E-mail: sergeev-n.v@mail.ru.

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-64

CYBERPHYSICAL SYSTEMS FOR MONITORING OF IRRIGATED AGROCENOSSES

S. E. Borovoy, O. P. Komarova, K. Y. Kozenko

All-Russia Institute of Irrigated Agriculture, Volgograd, Russia

Received 27.03.2023

Submitted 10.05.2023

Summary

The article proposes the concept of a system architecture of a cyber-physical system using artificial intelligence, whose task is to comprehensively monitor irrigated agrocenoses, considers the technological prerequisites for its buildup as an analysis of state-of-the-art in remote sensing of agrocenoses, machine learning and deep learning in the agricultural application of artificial neural networks.

Abstract

Introduction. The problem of remote sensing of landscapes in terms of monitoring agrophytocenoses with a real-time assessment of a complex of factors of water and trophic stress for plants is one of the key factors for adapting the capabilities of Industry 4.0. to the tasks of the agricultural sector. The theoretical apparatus of high-precision agriculture, incl. and using remote monitoring, was founded by Soviet scientists in the 1950 with a significant advance in the detailing of calculations within the framework of the mathematical decomposition of the field into quasi-homogeneous sections over the capabilities of the hardware basis for their implementation. The quasi-homogeneity of these plots means the homogeneity of their geometric parameters with a variety of tracked phenological traits of plants on the plot, which has a strong enough correlation of these traits with a variety of plant nutrition factors for making agronomic decisions, as well as various phytopathologies. Eliminated by the current level of development of computer technology, the lack of hardware capacity to support agronomic decisions with the help of artificial intelligence creates opportunities for the practical implementation

of intelligent cyber-physical systems that integrate data of various physical nature. **An object.** The object of the study is cyber-physical systems that integrate data of various physical nature in relation to the tasks of precision farming and monitoring of irrigated agricultural landscapes, as well as their supporting subsystems in the form of remote sensing and machine learning artificial intelligence to support decision making. **Materials and methods.** Methods of systems theory and general information-analytical approach to spectral and multispectral aerial photography, photogrammetry methods, decision theory and artificial intelligence. **Results and conclusions.** The paper analyzes the most relevant publications in peer-reviewed journals of the Web of Science database, reflecting the problems of satellite photography of agricultural landscapes, the use of unmanned aerial vehicles, the technical features of various vegetation indices and technologies for their application in precision farming, machine learning technologies in the processing of multispectral photographs of agrobiocenosis for the analysis of vegetation indexes and pattern recognition. The concept of a cyber-physical system is proposed, the emergent effect of which is to reduce the uncertainty of the state of irrigated agrobiocenosis in terms of plant phenology, aggregate composition and moisture of the root layer of the soil, which will increase productivity, reduce irrigation water costs during drip irrigation, as well as speed up and facilitate soil research in comparison with traditional laboratory methods.

Keywords: *cyber-physical systems in agriculture, precision farming, precision irrigation, artificial neural networks in agriculture, machine learning, deep learning.*

Citation. Borovoy S. E., Komarova O. P., Kozenko K. Y. Cyberphysical systems for monitoring of irrigated agrocenoses. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). 552-562 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-64.

УДК 631.67

КИБЕРФИЗИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ В МОНИТОРИНГЕ ОРОШАЕМЫХ АГРОЦЕНОЗОВ

С. Е. Боровой, младший научный сотрудник

О. П. Комарова, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

К. Ю. Козенко, кандидат экономических наук, старший научный сотрудник

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

Дата поступления в редакцию 27.03.2023

Дата принятия к печати 10.05.2023

Аннотация. В статье предложена концепция системной архитектуры киберфизической системы с применением искусственного интеллекта, задачей которой является комплексный мониторинг орошаемых агроценозов. Рассмотрены технологические предпосылки к ее формированию в виде state-of-the-art в дистанционном зондировании агроценозов, machine learning и deep learning в сельскохозяйственном применении искусственных нейросетей.

Актуальность. Проблематика дистанционного зондирования ландшафтов в части мониторинга агрофитоценозов с оценкой в реальном времени комплекса факторов водного и трофического стресса растений является одним из ключевых факторов адаптации возможностей Индустрии 4.0. к задачам сельскохозяйственной отрасли. Теоретический аппарат высокоточного земледелия, в т.ч. и с применением дистанционного мониторинга был заложен советскими учёными в 1950-х гг. со значительным опережением детализации расчетов в рамках математической декомпозиции поля на квазиоднородные участки над возможностями аппаратного базиса их воплощения. Квазиоднородность данных участков означает однородность их геометрических параметров при многообразии отслеживаемых фенологических признаков растений на участке, что обладает достаточно сильной для принятий агрономических решений корреляцией данных признаков с множеством факторов питания растений, а также различными фитопатологиями. Устранённая современным уровнем развития вычислительной техники недостаточность аппаратных мощностей для поддержки агрономических решений с помощью искусственного интеллекта создает возможности практической реали-

зации интеллектуальных киберфизических систем, интегрирующих данные различной физической природы. **Объект.** Объектом исследования являются киберфизические системы, интегрирующие данные различной физической природы применительно к задачам прецизионного земледелия и мониторинга орошаемых агроландшафтов, а также обеспечивающие их подсистемы в виде средств дистанционного зондирования и машинного обучения искусственного интеллекта для поддержки принятия решений. **Материалы и методы.** Использовались общенаучные методы системного анализа и синтеза и методы и теории систем применительно к программированию урожаев, данным дистанционного зондирования Земли, теории искусственного интеллекта и машинного обучения. **Результаты и выводы.** В работе проведен анализ наиболее релевантных публикаций в рецензируемых журналах базы Web of Science, отражающих проблематику аэрокосмической фотосъемки агроландшафтов, применения беспилотных летательных аппаратов, особенностей расчета различных вегетационных индексов и технологий их применения в прецизионном земледелии, технологий машинного обучения в обработке аэрокосмических фотоснимков агробиоценоза для анализа вегетационных индексов и распознавания образов. Предложена концепция киберфизической системы, эмерджентным эффектом которой является сокращение неопределённости состояния орошаемого агробиоценоза в части фенологии растений, агрегатного состава и влажности прикорневого слоя почвы, что позволит увеличить урожайность, сократить затраты оросительной воды при капельном орошении, а также ускорить и облегчить исследование почвы в сравнении с традиционными методами лабораторных исследований.

Ключевые слова: киберфизические системы АПК, прецизионное земледелие, прецизионное орошение, искусственные нейросети, машинное обучение, глубокое обучение.

Цитирование. Боровой С. Е., Комарова О. П., Козенко К. Ю. Киберфизические системы в мониторинге орошаемых агроценозов. *Известия НВ АУК*. 2023. 2(70). 552-562. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-64.

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. Концепция устойчивого развития, в последние десятилетия ставшая мировым методологическим трендом в экономических исследованиях, является особо актуальной для орошаемого земледелия, которое, наряду с высоким потенциалом экономической эффективности, несет в себе и ряд экологических рисков, которые негативно сказываются как непосредственно на биоценозах, так и на долгосрочной экономической эффективности эксплуатации капиталоемких орошаемых земель.

Устойчивость же для орошаемого агроценоза, который сам по себе является олицетворением устойчивости за счет купирования погодно-климатических рисков, проявляется в двух аспектах. Во-первых, это точная оценка и своевременное купирование процессов вторичного засоления почв, а во-вторых – оценка и купирование процессов дегумификации и водной эрозии почвы.

В связи с этим, устойчивое развитие орошаемых агроценозов не представляется возможным без максимально полного и оперативного учета количественных показателей, характеризующих состояние агроландшафта, что требует разработки киберфизических систем для прецизионного земледелия, интегрирующих поток данных различной физической природы, поставляемых в реальном времени средствами дистанционного зондирования.

Среди направлений прецизионного земледелия и дистанционного зондирования агроландшафтов как его обеспечивающей системы наибольшее развитие в настоящий момент присуще прецизионному внесению удобрений, вышедшему на системный уро-

вень сквозных технологий с крупносерийным производством соответствующего оборудования. При этом методы дистанционного мониторинга влажности и почвы и анализа показателей водного стресса растений на уровне киберфизических систем представлены лишь отдельными разработками, например, [16] (*Система поддержки принятия решений для управления ирригацией: анализ и внедрение различных методов обучения*).

Крайне важно и то, что в данном направлении отечественная наука существенно отстаёт по количественным показателям публикаций. Так, в одной из новейших и наиболее масштабных обзорных статей по тематике машинного обучения в сельском хозяйстве, рассматривающей 338 исследовательских публикаций за период 2012-2020 гг. в 129 рецензируемых журналах, индексируемых в Web of Science и Scopus, установлено, что проблематике машинного обучения в растениеводстве посвящено 68 % работ, в то же время вопросы, так или иначе связанные с дистанционным зондированием, мониторингом и анализом водных ресурсов, отражены лишь в 10 % публикаций [13].

В распределении той же выборки публикаций по странам наличествует абсолютное преобладание исследований из КНР (24,9 %), США (20,7 %) и Индии (10,1 %). За ними следуют Австралия, Испания и Германия. Российские же исследования представлены 1 публикацией, связанной с использованием искусственных нейросетей в свиноводстве.

Аналогичная по своим задачам и критериям обзорная статья [7] рассматривает 129 работ. Российские исследования также представлены лишь 1 публикацией [7], связанной с прецизионным возделыванием томатов в защищенном грунте. Таким образом, в сфере интеллектуальных информационных систем для сельского хозяйства наличествует тройное отставание: 1) российской науки от иностранной 2) орошаемого земледелия от других направлений сельского хозяйства 3) полевого растениеводства от овощеводства защищенного грунта и индустриального животноводства. Сокращение данного разрыва имеет высокую значимость в прикладном аспекте, повышает конкурентоспособность дальнейших исследований в данном направлении, где необходимо осуществление системной интеграции дистанционного зондирования агроландшафтов через БПЛА и IoT-системы на основе протокола LPWAN (Low Power Wide Area Network), что позволит получать наиболее точные данные о состоянии агробиоценоза в реальном времени и, в свою очередь, сформирует первичное звено систем прецизионного орошения.

Материалы и методы. В работе были использованы методы общей теории систем, теории ограничений, оценки зрелости технологий по зарубежным и российским отраслевым стандартам, а также монографический метод.

Результаты и обсуждение. Фрагментарная и недостаточная изученность проблематики создания и эксплуатации киберфизических интеллектуальных информационных систем как в целом, так и в конкретных условиях орошаемых агробиоценозов Нижнего Поволжья оставляет значительную неопределенность в таких вопросах, как 1) обработка и классификация данных аэрофотосъемки применительно к условиям орошения с выявлением признаков водного стресса, а также колористических признаков почвы, коррелирующих с влажностью и показателями почвенного плодородия; 2) системная архитектура и гиперпараметры ИНС, адаптированных к данным входным показателям; 3) системная архитектура и устойчивость функционирования аппаратного компонента IoT-системы для прецизионного орошения; 4) математический аппарат для автоматизации вычислений в области установления корреляций данных о состоянии почвы, поступающих с датчиков и фенологических показателей, выявляемых аэрофотосъемкой; 5) глубокое обучение искусственного интеллекта в направлении распознавания образов по фотоснимкам высокого разрешения, отражающих особенности фенологии и морфологии растений. Также существует недостаток датасетов с мультиспек-

тральной фотосъемкой агробиоценозов для обучения ИНС. Реализация проекта сократит данную неопределенность, проверка и оценка различных альтернативных программных и аппаратных решений позволит отсеять менее перспективные варианты.

Дистанционное зондирование и дистанционный мониторинг агроландшафтов являются одним из ключевых элементов решения данной задачи, как и развития прецизионного земледелия в целом. Теоретический фундамент прецизионного земледелия, что характерно для большинства фундаментальных научных достижений, значительно опередил развитие технологического базиса. Так, еще в 1955 г. основатель Агрофизического института (г. Санкт-Петербург) академик А.Ф. Иоффе разработал концепцию «электронного агронома» с математическим аппаратом декомпозиции исследуемого агроландшафта на ряд квазиоднородных участков с дискретным отображением их свойств. Разумеется, в рамках ламповой и транзисторной электроники практическое воплощение такого рода технологий не было возможным.

Развитие же информационных технологий на их современном этапе позволило реализовать данную концепцию, прежде всего, в форме анализа фотосъемки агроландшафтов в разрезе вегетационных индексов, отражающих различные показатели морфологии и фенологии растений. Вегетационные индексы в техническом аспекте представляют собой показатели отражения растениями в различных спектральных диапазонах, прежде всего красном и зеленом, а также синем, представляющих собой наиболее стабильные участки в спектральной кривой отражательной способности растений. В практике дистанционного зондирования Земли наибольшее распространение получил индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Принцип его действия связан с двояким процессом взаимодействия электромагнитных волн с зеленой массой растений, которая поглощает волны в видимом красном диапазоне и отражает их в ближнем инфракрасном диапазоне. Максимум солнечной радиации поглощается в красной зоне (0,62-0,78 мкм), в то время как клеточная структура листа отражает максимум энергии в ближней инфракрасной зоне (0,75-1,3 мкм). Эти максимумы коррелируют с фотосинтетической активностью растений, при этом в красной зоне формируются обратные корреляции, а в ближней инфракрасной – прямые, что в свою очередь коррелирует с морфологическим недоразвитием растений по причинам наличия локальных стрессовых факторов [7].

Мультиспектральная спутниковая фотосъемка, впервые произведенная в 1988 г., до настоящего времени является одним из основных средств дистанционного зондирования Земли для связанных с сельским хозяйством целей. Наиболее распространенными открытыми источниками мультиспектральных данных с репрезентацией в формате NDVI является фотосъемка, осуществляемая спутниками Sentinel-2A и 2B (ESA), Landsat-8 и Landsat-9 (NASA) [15].

Одним из фундаментальных ограничений для применения спутниковой съемки в прецизионном земледелии является низкое разрешение снимков. Так, у Sentinel-2 разрешение, то есть сторона квадрата, образующего один пиксель фотоснимка, составляет 10 м, у Landsat-8 – 30 м. Другой проблемой являются значительные временные интервалы между пролетами спутника: 5 дней у Sentinel-2 и 16 у Landsat-8, что может усугубляться и облачностью в момент съемки [1]. Проблема облачности частично решается посредством радиолокационных снимков, в частности, с европейского спутника Sentinel-1, однако обработка таких снимков, в свою очередь, сталкивается с рядом сложностей, связанных с искажением радиолокационного сигнала [18]. Мультиспектральная аэрофотосъемка, осуществляемая с беспилотных летательных аппаратов, позволяет преодолеть эти затруднения, при этом аэрофотосъемка может быть как самостоятельным источником мультиспектральных данных, так и комбинироваться со спутниковыми съемками [9].

В аспекте мониторинга орошаемых агроландшафтов применение мультиспектральной съемки отличается особой актуальностью, поскольку вегетационные индексы позволяют выявить водный стресс у растений в локальных квазиоднородных участках агроценоза, формируя тем самым первичные данные для дифференциации режимов орошения [2]. Помимо этого, мультиспектральные данные позволяют формировать датасеты для машинного обучения интеллектуальных информационных систем, алгоритмы которых осуществляют типологическую классификацию поверхностей агроландшафта.

Интеграция в киберфизическую систему искусственного интеллекта сокращает экспертные трудозатраты на анализ вегетационных индексов агроценоза, позволяет не только ускорить сам процесс анализа [5], но и за счет минимизации человеческого фактора повысить точность распознавания при условии достаточной обученности алгоритма [3].

Искусственные нейросети с глубоким обучением (Deep Learning) в настоящий момент являются наиболее распространенным видом алгоритмов машинного обучения в дистанционном мониторинге агроландшафтов.

Наиболее применимыми алгоритмами машинного обучения в дистанционном мониторинге сельскохозяйственных угодий в настоящий момент являются искусственные нейросети [15].

Одним из перспективных направлений их применения в дистанционном мониторинге агроландшафтов является, например, выявление и анализ сорной растительности, что позволяет сократить пестицидную нагрузку на агробиоценоз в сравнении с недискретным внесением гербицидов на единицу площади [11]. Сорным растениям присуща стабильность пространственного размещения внутри агроценоза от сезона к сезону [6], поэтому результаты дистанционного зондирования посевов позволяют осуществить и долгосрочную оптимизацию внесения гербицидов за счет их дифференцированного внесения.

Еще одним важным аспектом дистанционного зондирования и машинного обучения в сельскохозяйственных киберфизических системах является исследование оптимальной плотности посевов, требующее применения БПЛА или же установленных на наземной технике мультиспектральных камер, поскольку разрешение спутниковых снимков не является достаточным [8].

Для обучения нейросетей распознаванию определенного растения используется сегментирование фотоснимков с группированием пикселей, содержащих отдельное растение, и последующей бинарной классификацией с отделением контура растения от почвы на основе спектральных показателей [10].

Прецизионное внесение удобрений также является перспективным объектом киберфизического мониторинга в орошаемом земледелии, поскольку высокоточное дифференцирование внесения удобрений при сохранении заданного уровня урожайности позволяет оптимизировать до 45 % издержек [4]. При этом в реализации прецизионного внесения удобрений можно выделить два основных подхода: основанный на картах урожайности и на показаниях сенсоров. Карты, как правило, применяются в предпосевном внесении удобрений, сенсорный же подход, реализуемый преимущественно посредством мультиспектрального зондирования с БПЛА, основан на анализе корреляций вегетационных индексов с содержанием азота в зеленой массе растений, что позволяет осуществлять мониторинг агробиоценозов в реальном времени и точечное внесение недостающих удобрений, в том числе посредством специальных сельскохозяйственных БПЛА-платформ, например, достаточно широко присутствующей на рынке линейки БПЛА DJI Agras, имеющих полезную нагрузку до 40 кг и ширину распыления удобрений или пестицидов до 9 м.

Вышеизложенные технологические предпосылки позволяют сформулировать концепцию киберфизической интеллектуальной информационной системы с автоматизацией поддержки принятия решений в прецизионном орошении (рисунок 1).

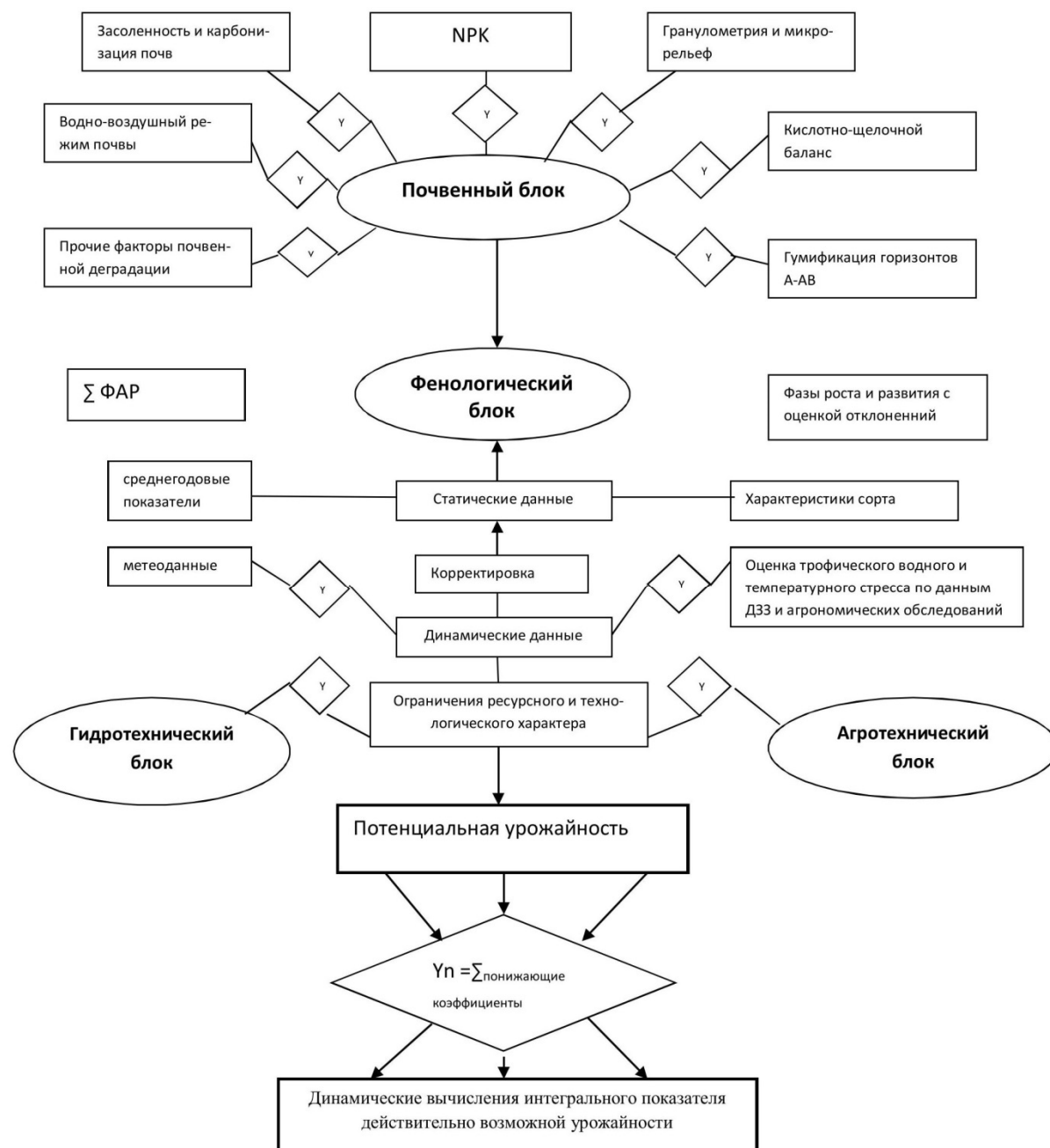


Рисунок 1 – Общая схема формализации параметров агроценоза в киберфизической интеллектуальной информационной системе

Figure 1 – General scheme of formalization of agroecosystem parameters in a cyberphysical intelligent information system

По своей системной архитектуре проект является интеграцией технологий дистанционного зондирования, интернета вещей (IoT) и машинного обучения на основе искусственной нейросети (ИНС), что включает следующие подсистемы: А) аэрофотосъемку орошаемых агроландшафтов в мультиспектральном диапазоне посредством БПЛА (ДЛ

Phantom 4 Multispectral) В) разработку IoT-системы мониторинга почвы по параметрам влажности почвы, химического состава и содержания почвенных агрегатов (аппаратный компонент: платформы Arduino либо Raspberry Pi, датчики Decagon MPS-6 (матричный потенциал), Decagon 10 HS (объемная влажность почвы), Decagon 5TE (температура и электропроводимость почвы) либо аналоги. Рабочая гипотеза проекта: выявление устойчивых корреляций между показателями NDVI и других вегетационных индексов + показаниями датчиков в разрезе оптимальности режимов орошения + факторов деградации почв. Выходы подсистем А) и В), будучи подвергнуты предобработке через регрессионные уравнения, поступают на входы подсистемы С), представляющей собой предварительно обученную ИНС на языке Python со свёрточными, рекуррентными и dropout-слоями. Классами для обучения ИНС являются: 1) фенологические показатели растений; 2) визуально определяемые на аэрофотоснимках колористические параметры почвы; 3) физические параметры почвенной агрегативности и влажности в прикорневом слое. Выходами ИНС являются: 1) данные об оптимальном режиме орошения для квазиоднородного участка агробиоценоза; 2) данные о тенденциях изменения почвенного плодородия. Также, по мере роста обученности ИНС и наработки датасета аэрофотоснимков в мультиспектральном и RGB-диапазоне высокого разрешения (≤ 5 см на пиксель) представляется возможным фенологический и морфологический анализ растений с автоматизированным распознаванием различных фитопатологий. Таким образом, выходы ИНС позволят сформировать цифровой двойник агрофитоценоза, осуществляющий поддержку принятия агрономических и управленческих решений, а также отработать технические решения по интеграции IoT с ИНС для дальнейшего тиражирования и масштабирования.

Разработка и обучение алгоритмов искусственного интеллекта предусматривает следующие подсистемы:

1) дешифровка аэрофотокосмических снимков с классификацией колористических признаков растений и почвенного покрова для выявления неоднородных участков агроценоза, коррелирующих с факторами недостаточной урожайности (температурный и водный стресс, фитопатологии, засоренность посевов, неравномерная всхожесть);

2) классификация корреляций показателей IoT-системы мониторинга почвы с признаками предыдущей задачи для предобработки и подачи на входы ИНС;

3) формирование и классификация датасетов для алгоритмов машинного обучения и глубокого обучения;

4) исследование архитектуры и гиперпараметров ИНС с поиском оптимума для вычислений статического (оценка состояния агробиоценоза) и динамического (прогнозирование и принятие решений) характера.

Разработка архитектуры базы данных с интеграцией данных различной физической природы для их предобработки и подачи на входы нейросетевых алгоритмов позволит решить задачу интеграции в машиночитаемой форме данных дистанционного зондирования, поступающих от аэрофотосъемки и датчиков, а также агроэкономических данных о фактической и действительно возможной урожайности и расходах на технологические операции, что, в свою очередь, позволит осуществить синтез классической научной школы программирования урожаев Г. Е. Листопада и В. И. Филина с современными интеллектуальными системами. Основой этого послужит разработка динамической модели агроэкономических параметров орошаемого агрофитоценоза с ее преобразованием в полноценный машиночитаемый код в формате .csv, что позволит осуществить его интеграцию с нейросетевыми алгоритмами и отработать первичные задачи поддержки принятия агрономических и управленческих решений в аспекте программирования урожаев.

Разработка алгоритмов глубокого машинного обучения для автоматизированного анализа эффективности режимов капельного орошения позволит осуществлять автоматизированную поддержку принятия решений по оптимизации расхода оросительной воды на основе автоматизированного анализа геометрических свойств контура увлажнения, формирующегося вокруг капельной линии.

Наличие устойчивой корреляция определенных значений вегетационных индексов с недостаточным внесением удобрений позволяет осуществлять формирование обучающих выборок с машиночитаемым вектором колористических признаков, что позволит выявлять внутри агробиоценоза квазиоднородные дискретные участки для точечного довнесения удобрений, в т.ч. посредством утилитарного октокоптера DJI Agras, экономическая эффективность которого, по ряду экспериментальных данных, в некоторых условиях превосходит применение конвенциональной буксируемой агрегатуры для внесения удобрений, не говоря о сокращении машинной нагрузки на почву агроценоза.

Разработка алгоритмов автоматизированного распознавания стрессовых состояний и фитопатологий для семеноводческих посевов позволит осуществить интеграцию технологий, отработанных на практике в защищенном грунте, с масштабами полевого растениеводства. Главной проблемой является крайняя трудоемкость формирования датасетов, однако направление даже для закрытого грунта обладает высокой инновационностью, не говоря о полевых участках. В то же время, отработка такого программно-аппаратного решения на небольших по размеру семеноводческих участках позволит осуществлять их дальнейшее тиражирование и масштабирование под товарные посевы.

Выводы. Дистанционное зондирование агроландшафтов и применение полученных данных в интеллектуальных киберфизических системах способно стать технологическим базисом для синтеза технологий прецизионного земледелия с орошаемым земледелием, разработки систем поддержки принятия решений, связанных с эксплуатацией орошаемых агробиоценозов. Анализ нормализованного вегетационного индекса NDVI и других вегетационных индексов формирует поток первичных данных о состоянии растительности в агробиоценозе, в обработке которых имеется значительный потенциал внедрения технологий машинного обучения. Для выявления наиболее адаптивных к специфике орошаемого земледелия направлений данной тематики в работе проведен анализ наиболее релевантных публикаций в рецензируемых журналах базы Web of Science, отражающих проблематику спутниковой фотосъемки агроландшафтов, применения беспилотных летательных аппаратов, технических особенностей различных вегетационных индексов и технологий их применения в прецизионном земледелии, технологий машинного обучения в обработке мультиспектральных фотоснимков агробиоценоза для анализа вегетационных индексов и распознавания образов. Выявлено существенное отставание технологий дистанционного зондирования влажности почв и содержания влаги в растениях от других направлений точного земледелия, например, прецизионного внесения азотных удобрений на основе карт урожайности, что, в свою очередь, повышает актуальность технологических исследований по данной теме. Для этого предложена концепция киберфизической системы прецизионного орошения, эмерджентным эффектом которой является сокращение неопределённости состояния орошаемого агробиоценоза в части фенологии растений, агрегатного состава и влажности прикорневого слоя почвы, что позволит увеличить урожайность, сократить затраты оросительной воды при капельном орошении, а также ускорить и облегчить исследование почвы в сравнении с традиционными методами лабораторных исследований. При этом интеграция данных аэрофотосъемки, IoT-датчиков и нейросетевой модели позво-

лит сформировать цифровой двойник орошаемого агробиоценоза, а обучение искусственной нейросети статическим и динамическим вычислениям позволит выявлять комплекс физических, а впоследствии и биологических, дефектов развития агробиоценоза как системы и прогнозировать дерево вариантов его развития, обеспечивая поддержку принятия агрономических и управленческих решений.

Библиографический список

1. Компьютерный анализ режимов водного стресса орошаемых агроценозов с использованием SWAP-модели, а также данных наземного и космического мониторинга / А. М. Зейлигер, О. С. Ермолаева, Е. Л. Музылев, З. П. Старцева, Ю. И. Сухарев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. № 3. С. 33–43.
2. Atzberger C. Advances in remote sensing of agriculture: Context description, existing operational monitoring systems and major information needs // Remote sensing. 2014. No 5 (2). P. 949-981.
3. Belgiu M., Dragut L. Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2016. No 114. P. 24-31.
4. Colaco A. F., Bramley R. G. Do crop sensors promote improved nitrogen management in grain crops? // Field Crops Research. 2018. No 218. P. 126-140.
5. Dannenberg M., Hakkenberg C. Consistent classification of Landsat time series with an improved automatic adaptive signature generalization algorithm // Remote Sensing. 2016. No 8 (8). Pp. 691-696.
6. Detecting late-season weed infestations in soybean (*Glycine max*) / C. H. Koger, D. R. Shaw, C. E. Watson, K. N. Reddy // Weed Technology. 2003. No 17 (4). P. 696-704.
7. Enabling Precision Agriculture Through Embedded Sensing With Artificial Intelligence / D. Shadrin, A. Menschikov, A. Somov, G. Bornemann, J. Hauslage, M. Fedorov // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. 2019. No 99. V. 1. P. 124-136.
8. Estimates of plant density of wheat crops at emergence from very low altitude UAV imagery / X. Jin, S. Liu, F. Baret, M. Hemerle, A. Comar // Remote Sensing of Environment. 2017. No 198. P. 105-114.
9. Generation of spectral-temporal response surfaces by combining multispectral satellite and hyperspectral UAV imagery for precision agriculture applications / C. M. Gevaert, J. Suomalainen, J. Tang, L. Kooistra // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2015. No 8 (6). P. 3140-3146.
10. Identifying tree crown areas in undulating eucalyptus plantations using JSEG multi-scale segmentation and UAV near-infrared imagery / J. Kang, L. Wang, F. Chen, Z. Niu // International journal of remote sensing. 2017. No 38 (8-10). P. 2296-2312.
11. Jones G., Gee C., Truchetet F. Modelling agronomic images for weed detection and comparison of crop/weed discrimination algorithm performance // Precision Agriculture. 2009. No 10 (1). P. 1-15.
12. Kurbanov R. K., Zakharova N. I. Application of vegetation indexed to assess the condition of crops // Agricultural machinery and technologies. 2020. No 4. P. 4-11.
13. Machine Learning in Agriculture: A Comprehensive Updated Review / L. Benos, A. C. Tagarakis, G. Dolias, R. Berruto, D. Kateris, D. Bochtis // Sensors. 2021. No 21. P. 3758.
14. Machine Learning Applications for Precision Agriculture: A Comprehensive Review / A. Sharma, A. Jain, P. Gupta, V. Chowdary // IEEE Access. 2021. No 9. P. 4843-73.
15. Sibanda M., Mutanga O., Rouget M. Examining the potential of Sentinel-2 MSI spectral resolution in quantifying above ground biomass across different fertilizer treatments // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2015. No 110. P. 55-65.
16. Torrez-Sanchez R., Navarro-Hellin H., Guillamon-Frutos A. A Decision Support System for Irrigation Management: Analysis and Implementation of Different Learning Techniques // Water. 2020. No 12. P. 548.
17. Yuan H., Yang G. Retrieving soybean leaf area index from unmanned aerial vehicle hyperspectral remote sensing: Analysis of RF, ANN, and SVM regression models // Remote Sensing. 2017. No 9 (4). P. 309.
18. Zhu Z., Wang S., Woodcock S. E. Improvement and expansion of the Fmask algorithm: Cloud, cloud shadow, and snow detection for Landsats 4–7, 8, and Sentinel 2 images // Remote Sensing of Environment. 2015. No 159. P. 269-277.

Информация об авторах

Боровой Станислав Евгеньевич, младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), ORCID: e-mail: borovoy.s.e@yandex.ru, тел. +79297876649

Комарова Ольга Петровна, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат сельскохозяйственных наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9129-6932>, e-mail: komarova62@rambler.ru, тел. +79047729774

Козенко Константин Юрьевич, старший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), кандидат экономических наук, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5407-1486>, e-mail: k-kozenko@rambler.ru, тел. +79610823554

DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-65

THEORETICAL ANALYSIS OF THE WORKING PROCESS OF THE CABBAGE HARVESTER MACHINE

A.V. Tseplyaev

Volgograd State Agrarian University, Volgograd

Received 15.04.2023

Submitted 29.05.2023

Abstract

Introduction. One of the most important vegetable crops is white cabbage. Its cultivation in the Russian Federation is 76.8 thousand hectares. Cabbage has long had high-value economic qualities. It has a high yield, is well stored and transported over long distances, has a unique shelf life. The culture itself is cold-resistant and is cultivated in almost all zones of the Russian Federation. Cabbage is used all year round and mainly as one of the main products in human nutrition. It serves as a raw material for pickling, pickling, preparation of salads, an indispensable component in the preparation of borscht, cabbage soup and other culinary products. Cabbage has pronounced medicinal properties. It is able to cure diseases of the gastrointestinal tract, heart, genitourinary system, etc. Some varieties of cabbage are cultivated for livestock feed. Leafy cabbage, kohlrabi, etc. are grown as roots. The positive effect of cabbage on the productivity and quality of milk when feeding it to dairy cows is known. The greatest costs in the production of cabbage fall on the cleaning of forks. The complexity of this process consists in the fact that the forks have a different size varying from 5 cm to 42 cm in diameter, and, accordingly, weight, as well as a poker not large in size (5 ... 15 cm), covered from above with a small fork. Therefore, conventional cutting machines of harvesting machines are not adapted to work in conditions of constant contact with wet soil, weeds and other negative conditions. In the work, it is proposed to use a special cutting device with an inertial rotary disc, which excludes contamination of forks, soil, winding of weed plants, damage to the forks themselves. **Object.** The technological process of cabbage harvesting using the developed cabbage harvesting machine was considered as an object of research. **Materials and methods.** A scheme of a cabbage harvesting machine with an inertial rotary cutting machine with the calculation of its main kinematic parameters is proposed. **Results and conclusions.** Reducing the cost of manual labor in the cultivation of white cabbage is possible due to the mechanization of the most labor-intensive work. Such works can certainly be attributed to the cleaning of forks, existing combines, including foreign production, do not fully fulfill agrotechnological requirements due to the design of the cutting apparatus. We propose to use an inertial rotary cutting mechanism. Its peculiarity is that the knife fixed on the disk turns in a vertical plane, cut the cabbage head. To ensure the technological process, its main parameters are calculated.

Keywords: *white cabbage, fork, poker, cutting apparatus, knife, screw rotor, cycloid.*

Citation. Tseplyaev A.V. Theoretical analysis of the working process of the cabbage harvester machine. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2023. 2(70). (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-65.

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 631.635.34

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА РАБОТЫ КАПУСТОУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ

А. В. Цепляев, аспирант

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

Дата поступления в редакцию 15.04.2023

Дата принятия к печати 29.05.2023

Актуальность темы. Наибольшие затраты при производстве капусты приходятся на уборку вилок. Сложность этого процесса состоит в том, что вилки имеют разный размер, изменяющийся от 5 см до 42 см в диаметре, а соответственно и вес, а также небольшую по размерам кочерыгу (5...15 см), прикрытую сверху самим вилок. Поэтому обычные режущие аппараты уборочных машин не приспособлены к работе в условиях постоянного контакта с влажной почвой, сорняками и другими негативными условиями. В работе предлагается использовать специальный режущий аппарат с инерционно-роторным диском, исключающим загрязненность вилок почвой, наматыванием растений-сорняков, повреждение самих вилок. **Объект.** В качестве объекта исследования рассматривался технологический процесс уборки капусты с применением разработанной капустоуборочной машины. **Материалы и методы.** Предлагается схема капустоуборочной машины с инерционно-роторным режущим аппаратом с расчетом основных его кинематических параметров. Теоретический анализ его работы проведен на основе законов и постулатов высшей математики, теоретической механики и теории сельскохозяйственных машин. **Результаты и выводы.** Снижение затрат ручного труда при возделывании белокочанной капусты возможно за счет механизации наиболее трудоемких работ. К таким работам, безусловно, можно отнести уборку вилок капусты. Существующие комбайны, в т.ч. и зарубежного производства, не выполняют в полной мере агротехнологические требования из-за конструкции режущего аппарата. Нами предлагается использовать инерционно-роторный режущий механизм. Его особенность состоит в том, что нож, закрепленный на диске, поворачивается в вертикальной плоскости и подрезает кочан капусты. Чтобы обеспечить технологический процесс, рассчитаны его основные параметры.

Ключевые слова: белокочанная капуста, вилки капусты, уборка капусты, режущие аппараты, циклоида, капустоуборочные машины.

Цитирование. Цепляев А. В. Теоретический анализ процесса работы капустоуборочной машины. *Известия НВ АУК.* 2023. 2(70). DOI: 10.32786/2071-9485-2023-02-65.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования принимал непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Автор настоящей статьи одобрил представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из наиболее важных овощных культур является белокочанная капуста. Её возделывание в РФ осуществляется на площади в 76,8 тыс. га. Капуста имеет высокоценные хозяйственные качества. Она обладает высокой урожайностью, хорошо хранится и транспортируется на дальние расстояния, обладает уникальной лежкостью. Сама культура холодостойкая и возделывается практически во всех зонах РФ. Капуста используется круглогодично как один из основных продуктов в питании человека. Она служит как сырье для квашения, мариновки, приготовления салатов, является неизменным компонентом в приготовлении борщей, щей и других изделий кулинарии. Капуста имеет выраженные лечебные свойства. Она способна излечивать заболевания желудочно-кишечного тракта, сердца, мочеполовой системы и т.д. Отдельные сорта капусты возделывают на корм скоту. В качестве кормовых выращивают листовую капусту, кольраби и т.д. Известно

о положительном влиянии капусты на продуктивность и качество молока при скормливании её дойным коровам. Особую сложность при уборке капусты представляет режущий аппарат. Известно, что у различных сортов капусты (слава, колобок, июньская и т.д.), высота которых не превышает 15 см [1, 2, 6, 7, 11], при созревании вилок капусты разрастается во всех направлениях, прикрывая таким образом и часть кочерыги [3-5, 8-10, 12]. Поэтому горизонтально расположенные рабочие органы с вертикальной осью ножа при вращении не только подрезают кочерыгу, но и захватывают нижнюю часть вилка, а смещение его ближе к поверхности почвы загрязняет вилок её частицами. Подобным рабочим органом снабжена капустоуборочная машина КДН-1 (капустоуборочная машина двухдисковая навесная-однорядная). Её особенность в том, что она снабжена оригинальным рабочим органом (рисунок 1). Он представлен двумя дисками с тремя лопастями каждый. Они вращаются оппозитно друг другу, но их угловые скорости равны, каждая лопасть выполнена по спирали. Сами диски наклонены к горизонту под некоторым углом, который обеспечивает положение передней части диска над поверхностью горизонта (с зазором 5 см), а задняя часть отстоит от дневной поверхности поля до 15 см.

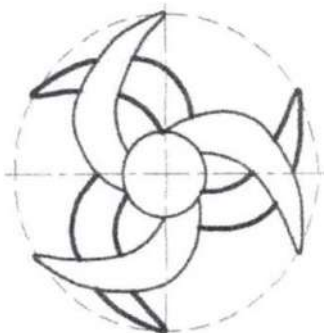


Рисунок 1 – Схема рабочего органа капустоуборочной машины КДН - 1

Figure 1 – Diagram of the working body of the KDN - 1 cabbage harvesting machine

Существенным недостатком такого рабочего органа является загрязнение кочанов почвой, подрезание вилок капусты, подрезание и подача сорняков вместе с продукцией. Поэтому нами предлагается машина с вертикальным расположением ножей (горизонтальной осью вращения), в нижней части которой установлена лыжа, исключаяющая контакт ножей с почвой.

С теоретической точки зрения такие режущие аппараты имеют небольшую подачу, т.к.:

$$\alpha = \pi d_n 1 / \lambda \quad (1)$$

где α – подача на 1 оборот диска с одним ножом, мм; d_n – диаметр ножа, м; λ – соотношение скоростей.

$$\lambda = U / V \quad (2)$$

где U – окружная скорость, м/с; V – поступательная скорость, м/с.

Окружная скорость у ротационных дисковых аппаратов – 50...60 м/с.

При таких параметрах диска скорости машины подача составляет всего 10 мм (Листопад Г. Е. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины).

Материалы и методы. При возделывании белокочанной капусты наиболее сложным и трудоемким является процесс уборки кочанов. Для этого разработана капустоуборочная машина с инерционно-роторным режущим аппаратом. Теоретический

анализ его работы проведен на основе законов и постулатов высшей математики, теоретической механики и теории с.-х. машин. В качестве траектории движения ножа режущего аппарата выбрана циклоида, по своей форме она удлиненная и обратная. Нож одновременно с движением машины совершает вращение против часовой стрелки. Параметры аппарата рассчитаны с учетом технологических и биологических свойств белокочанной капусты, что соответствует методике расчета с.-х. машин и рабочих органов. Угловая скорость машины определена с применением теорем геометрии и тригонометрии.

Результаты и выводы. При возделывании белокочанной капусты в перечне операций, выполняемых вручную, представлена уборка кочанов. Особенно остро нуждаются в механизации хозяйства с небольшими площадями возделывания. Комбайны зарубежных образцов весьма дороги, а их применение на ограниченных площадях невыгодно. Поэтому нами предложена машина, способная убирать белокочанную капусту в различных по площадям хозяйствах.

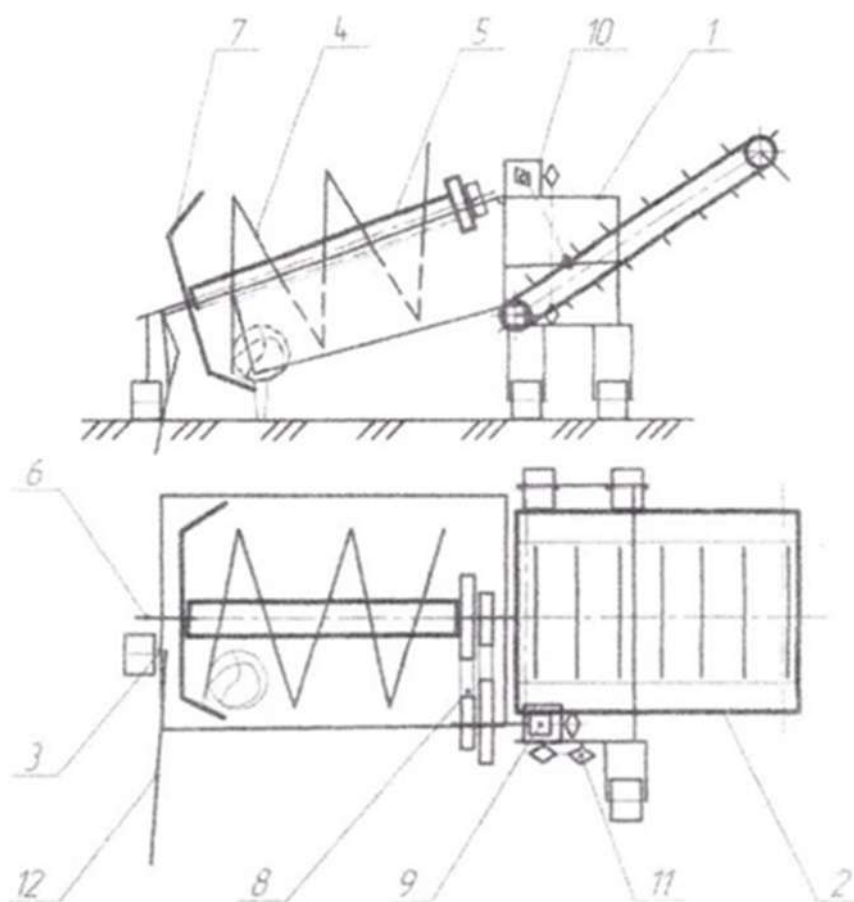


Рисунок 2 – Схема машины для уборки капусты с инерционным режущим аппаратом:

- 1 – шарнирная рама; 2 – ковшовый транспортер; 3 – шарнирная рама;
4 – винтовой ротор; 5 – вал винтового ротора; 6 – привод режущего аппарата; 7 – инерционный режущий аппарат; 8 – привод шнека; 9 – редуктор; 10 и 11 – клино-ременные передачи; 12 – подающий ролик

Figure 2 – Diagram of a cabbage harvesting machine with an inertial cutting device:

- 1 – hinged frame; 2 – bucket conveyor; 3 – hinged frame;
4 – screw rotor; 5 – screw rotor shaft; 6 – cutting machine drive; 7 – inertial cutting machine; 8 – screw drive; 9 – gearbox; 10 and 11 – V-belt drives; 12 – feed roller

Капустоуборочная машина состоит из следующих основных частей: шарнирной рамы 1, ковшового транспортера 2, шарнирной рамы 3, винтового ротора 4 и инерционного режущего аппарата 7.

Привод 6 режущего аппарата 7 напрямую связан с валом шнека 4, который имеет такое же направление вращения, как и инерционный режущий аппарат 7.

Ковшовый транспортер 2 устанавливается на шарнирной раме 1, которая жестко закреплена с ним. Рама 1 имеет вертикальное перемещение относительно шарнирной рамы 3, которые соединены между собой с помощью проушин. Впереди рамы 1 со стороны инерционного режущего аппарата установлен подающий ролик 12. Привод инерционного режущего аппарата 7, шнека 4 и ковшового транспортера 7 осуществляется от вала отбора мощности трактора путем передачи крутящего момента редуктором 9 через клино-ременные передачи 10 и 11.

При работе машины для уборки капусты следует учитывать, что вращающийся винтовой ротор способен повреждать наружную поверхность срезанного кочана либо выталкивать его из своей зоны работы. Для исключения этого явления в передней части машины на шарнирной раме смонтирован эластичный подающий ролик 12. Работает машина следующим образом.

При движении вдоль ряда капуста направляется в промежуток между шнеком и подающим роликом 12, а приближающиеся к винтовому ротору 4 кочаны отгибаются, при этом кочерыга подрезается ножом режущего аппарата 7. Срезанный кочан капусты перемещается по днищу и попадает на ковшовый транспортер 2, который направляет кочан в транспортное средство.

При работе режущего аппарата с горизонтальной осью вращения любая его точка, в т.ч. и нож, движутся по сложной траектории. В математике подобные траектории называются трохоидами. Одной из ее разновидностей является циклоида.

Скорость любой точки ножа режущего аппарата представляет собой геометрическую сумму окружной U и поступательной V_m скоростей машины. При этом вал режущего аппарата может вращаться как по часовой стрелке, так и против нее.

При вращении вала по часовой стрелке (сверху вниз) траектория движения ножа режущего аппарата будет представлена циклоидой с нижним расположением петли.

Определим зависимости, по которым будет изменяться траектория движения ножа. Для этого представим циклоиду в осях координат XOY (рисунок 3).

Очевидно, что координаты точки A_1 по осям X и Y можно представить в виде параметрических уравнений:

$$\begin{cases} X_1 = V_M t + R \cdot \cos \varphi_H \\ Y_1 = h_K + R - R \cdot \sin \varphi_H \end{cases} \quad (3)$$

где: X_1 – координата точки A_1 по оси OX ; Y_1 – координата точки A_1 – по оси OY ; V_M – скорость движения машины; t – время перемещения; R – радиус от центра вала до кромки ножа; φ_H – угол поворота ножа.

Учитывая, что $\varphi_H = \omega t$, где ω – угловая скорость вала режущего аппарата, h_K – высота кочерыги, после среза, то уравнения можно представить в виде:

$$\begin{cases} X_1 = V_M t + R \cdot \cos \omega t \\ Y_1 = h_K + R \cdot (1 - \sin \omega t) \end{cases} \quad (4)$$

Представленные уравнения и являются уравнениями циклоиды в параметрическом виде.

Наряду с рассмотренной траекторией, может быть перемещение ножа по циклоиде при вращении вала режущего аппарата против часовой стрелки, т.е. снизу вверх.

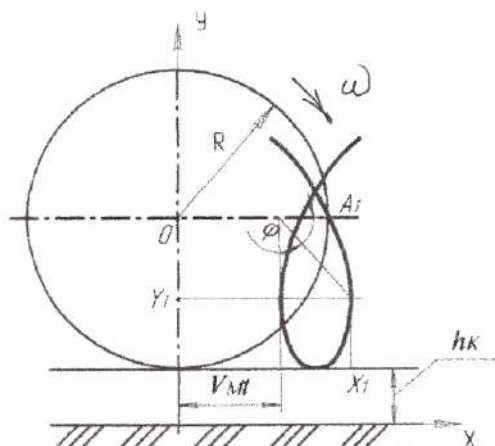


Рисунок 3 – Схема образования циклоиды при вращении вала режущего аппарата
Figure 3 – Diagram of the formation of a cycloid when the shaft of the cutting machine rotates
clockwise по часовой стрелке

Представим указанную циклоиду в осях координат и выразим уравнения траектории движения ножа в параметрическом виде для точки A_2 (рисунок 4).

Если продифференцировать выражение X_2 по времени t , то в результате определим абсолютную скорость. Анализируя уравнения 3 и 4 по X_1 и X_2 , приходим к выводу, что проекция пути на рабочей ветви циклоиды при X_2 по мере поворота вала увеличивается, в то время как для X_1 поворот вала на тот же угол приводит к уменьшению указанного пути:

$$\begin{cases} X_2 = V_M t + R \cdot \sin \omega t \\ Y_2 = h_K + R \cdot (1 - \cos \omega t) \end{cases} \quad (5)$$

Кроме того, если продифференцировать уравнения 1 и 2 для X_1 и X_2 по времени t , то в результате получим выражение абсолютных скоростей на ось X :

$$\frac{dx_1}{dt} = V_{x1} = V_M - R \cdot \omega \cdot \sin \omega t; \quad (6)$$

$$\frac{dx_2}{dt} = V_{x2} = V_M - R \cdot \omega \cdot \cos \omega t. \quad (7)$$

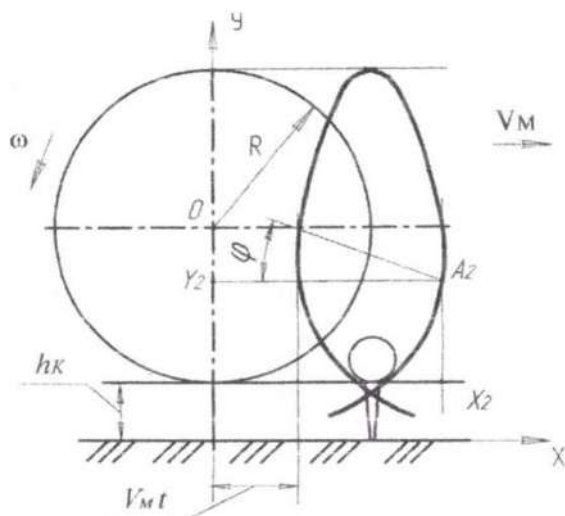


Рисунок 4 – Схема образования циклоиды при вращении вала режущего аппарата
против часовой стрелки

Figure 4 – Diagram of the formation of a cycloid when the shaft of the cutting machine rotates
counterclockwise

Отсюда следует, что проекция абсолютной скорости на ось X при вращении вала против часовой стрелки в выражении 6 выше, чем та же проекция при вращении вала в противоположную сторону – выражение 5.

Следовательно, более качественный срез кочерыг капусты, а также более высокая производительность машины будет получена при вращении вала режущего аппарата против часовой стрелки (рисунок 4).

Если в выражении 4 величину U_2 приравнять H_0 , где H_0 – допустимая высота среза кочана капусты, то можно записать:

$$H_0 = h_K + R \cdot (1 - \cos \omega t). \quad (8)$$

Отсюда выразим R :

$$R = \frac{H_0 - h_K}{1 - \cos \omega t}. \quad (9)$$

Полученное значение R подставим в выражение 2 по оси X , получим:

$$X_2 = V_M t + (H_0 - h_K) \cdot \frac{\sin \omega t}{1 - \cos \omega t}. \quad (10)$$

Полученное значение X_2 позволяет построить траекторию движения ножа в зависимости от изменения времени, угловой скорости вала режущего аппарата и скорости движения машины.

Для определения угловой скорости вращения вала режущего аппарата возьмем первую производную по Y_2 в выражении 4:

$$\frac{dy}{dt} = R \cdot \omega \cdot \cos \omega t, \quad \frac{dy}{dt} = U, \quad (11)$$

где U – окружная скорость ножа.

Если вместо R подставить его значение из выражения 9, то окружная скорость будет равна:

$$U = \frac{H_0 - h_K}{1 - \cos \omega t} \cdot \omega \sin \omega t$$

или

$$U = \frac{(H_0 - h_K) \cdot \omega \sin \omega t}{1 - \cos \omega t}. \quad (12)$$

Для определения угловой скорости ω введем коэффициент λ , учитывающий соотношение скоростей – окружной и поступательной, т.е.:

$$\lambda = \frac{\omega R}{V_M} = \frac{U}{V_M}. \quad (13)$$

Если вместо U в выражение 11 подставить значение $U = \lambda \cdot V_M$, то получим следующее выражение:

$$\lambda \cdot V_M = \frac{(H_0 - h_K) \cdot \omega \sin \omega t}{1 - \cos \omega t}.$$

Отсюда ω будет равна:

$$\omega = \frac{\lambda \cdot V_M \cdot (1 - \cos \omega t)}{(H_0 - h_K) \cdot \sin \omega t}. \quad (14)$$

Однако радиус вращения ножа должен быть больше радиуса шнека. Если ориентироваться, что в пределе радиус шнека равен максимальному диаметру кочана капусты D_K , а учитывая радиус вала шнека r_s , а также некоторый зазор Δ , исключаящий повреждение кочанов при транспортировке шнеком, получим радиус шнека равным:

$$R_{\text{шн}} = D_{\text{к}} + r_{\text{в}} + \Delta. \quad (15)$$

Нож, в соответствии с агротехническими требованиями, должен оставлять при срезе кочан с кочерыгой, размер которой менее, чем h'_k , недопустим. Отсюда радиус ножа будет равен:

$$R_{\text{н}} = R_{\text{шн}} + h_k^!. \quad (16)$$

Если вместо R в формулу 9 подставить величину $R_{\text{н}}$ (16), то получим:

$$\begin{aligned} R_{\text{шн}} + h_k^! &= \frac{H_0 - h_{\text{к}}}{1 - \cos \varphi}, \\ (R_{\text{шн}} + h_k^!) - (R_{\text{шн}} + h_k^!) \cdot \cos \varphi &= H_0 - h_{\text{к}}, \\ \cos \varphi &= \frac{R_{\text{шн}} + h_k^! - (H_0 - h_{\text{к}})}{R_{\text{шн}} + h_k^!}, \\ \varphi &= \arccos \frac{R_{\text{шн}} + h_k^! - (H_0 - h_{\text{к}})}{R_{\text{шн}} + h_k^!} \end{aligned} \quad (17)$$

Поскольку $H_0 - h_{\text{к}} = D_{\text{к}} + h_k^!$ то полученная формула примет вид:

$$\varphi = \arccos \frac{r_{\text{в}} + \Delta}{D_{\text{к}} + r_{\text{в}} + \Delta}. \quad (18)$$

Тогда полученная зависимость (14) примет следующий вид:

$$\omega = \frac{\lambda \cdot V_{\text{м}} \cdot (1 - \cos(\arccos \frac{r_{\text{в}} + \Delta}{D_{\text{к}} + r_{\text{в}} + \Delta}))}{(H_0 - h_{\text{к}}) \cdot \sin(\arccos \frac{r_{\text{в}} + \Delta}{D_{\text{к}} + r_{\text{в}} + \Delta})}. \quad (19)$$

Выводы. На основе анализа существующих машин предложена схема капустоуборочной машины с инерционно-роторным режущим аппаратом, оснащенный вертикально расположенным ножом для подрезания кочерыг капусты. По результатам теоретических исследований получена зависимость угловой скорости ротора от кинематического параметра « ω » скорости машины, а также конструкторских параметров режущего аппарата.

Библиографический список

1. Аналитическое обоснование конструктивных параметров приспособления для бережной загрузки кочанов при машинной уборке капусты / С. С. Алатырев, И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев, А. П. Юркин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2017. № 8. С. 29-34.
2. Костюченков Н. В., Даирбекова А. К. Методика определения размерно-массовой характеристики растений капусты // Вестник Курганской ГСХА. 2013. № 4 (8). С. 58-59.
3. Определение оптимального соотношения скоростей рабочих элементов машин при уборке арбузов и капусты / А. Н. Цепляев, А. В. Цепляев, В. А. Цепляев, М. В. Ульянов, С. А. Климов // Аграрный научный журнал. 2019. № 5. С. 89-94.
4. Оптимизация процесса отгрузки и укладки кочанов в контейнеры при машинной уборке капусты в щадящем режиме / С. С. Алатырев, П. В. Мишин, И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев // Вестник КрасГАУ. 2018. № 1 (136). С. 101-108.
5. Результаты определения технологических свойств белокочанной капусты / М. Н. Шапоров, А. В. Цепляев, А. Н. Цепляев, С. И. Богданов, В. Е. Бердышев // Известия НВ АУК. 2022. № 4 (68). С. 458-465.
6. Теоретические исследования по истории перекачивания сферических и тороидальных тел на поверхность плодов бахчевых культур / А. Н. Цепляев, М. В. Ульянов, С. В. Климов, А. В. Цепляев // Вестник Курганской ГСХА. 2019. № 1 (29). С. 62-65.

7. Тончева Н. Н., Лебедев В. Г., Егоров В. П. Технические средства для уборки овощей в малых формах хозяйствования // Известия ОГАУ. 2015. № 2 (52). С. 77-80.
8. Цепляев А. Н., Лазаренко Я. С. Результаты экспериментальных исследований по определению коэффициентов трения // Известия НВ АУК. 2012. № 4. С. 221-225.
9. Щадящая уборка белокочанной капусты как способ повышения ее лежкости / Н. Н. Тончева, В. В. Белов, А. Н. Самсонов, А. И. Никитин // Вестник евразийской науки. 2014. № 2 (21). 106TVN214.
10. Espinosa H. D., Prorok B. C., Fischer M. A methodology for determining mechanical properties of freestanding thin films and MEMS materials // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. 2003. V. 51. I. 1. P. 47-67.
11. Physical and Mechanical Experiments for Designing Cabbage Precision Trimming Device / Gongpei Cui, Xinmeng Zheng, Jingzheng Wang, Chen Yang, Zhihao Liu, Yongjie Cui // ASABE Annual International Meeting. 2019. 1901420.
12. Wang W., Wang S., Zhang J. Experiment and Research on Cutting Mechanical Properties of Little Cabbage // *Appl. Sci.* **2022**. V. 12, 2060. P. 1418-1423.

Информация об авторе

Цепляев Алексей Витальевич, аспирант ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, г. Волгоград, пр. Университетский 26), 8-937-551-55-47, e-mail: ceplyaev_aleksey@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

Слово ректора ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» Цепляева Виталия Алексеевича. Памяти Г. Е. Листонада.....	13

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

Шевченко В. А., Лытов М. Н. Концептуальные подходы к оценке эффективности и оптимизации управления балансом биогенных элементов Shevchenko A. V., Lytov M. N. Conceptual approaches to assessing the effectiveness and optimization of the management of the balance of biogenic elements.....	15
Балашов А. В., Набойченко К. В., Малахова А. А., Балашов В. А. Биостатистический анализ хозяйственных показателей сортов нута волгоградской селекции Balashov A. V., Naboychenko K. V., Malakhova A. A., Balashov V. A. Biostatistical analysis of economic indicators of chickpea varieties of volgograd selection.....	22
Беляев А. И., Крылов П. А., Пугачева А. М., Деревщикова Л. В. Анализ наличия геномов древесно-кустарниковых растений, используемых в агро- лесомелиорации южных регионов России Belyaev A. I., Krylov P. A., Pugacheva A. M., Derevschikova L. V. Assessment of the presence of genomes of woody shrubs used for agroforestry mileology in arid zones.....	30
Бондаренко А. Н., Костыренко О. В. Влияние многокомпонентных удобрений на урожайность свеклы столовой Bondarenko A. N., Kostyrenko O. V. Effect of multicomponent fertilizers on the yield of table beet.....	42
Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земляницына С. В., Ивина И. П. Тестирование биопрепаратов на посевах различных видов бобовых трав при орошении Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I., Zemlyanitsyna S. V. Ivina I. P. Testing of biological products on crops various types of legumes during irrigation.....	48
Иванцова Е. А., Аль-Чаабави М. Р. А., Солодовников Д. А. Состояние и структура сельскохозяйственных угодий на полигоне Джулуб в провинции Майсан (Ирак) Ivantsova E. A., Al-Chaabawi M. R. A., Solodovnikov D. A. Condition and structure of agricultural land at the Julub landfill in Maysan province (Iraq).....	56

Кирейчева Л. В., Супрун В. А.

Очистка дренажных вод – важное направление водосбережения
в орошаемом земледелии

Kireicheva L. V., Suprun V. A.

Drainage water treatment is an important area of water conservation in irrigated
agriculture..... 65

Кретинин В. М.

Морфологическое строение почв правобережья, поймы и дельты Волги.

Kretinin V. M.

Morphological structure of soils on the right bank, floodplain and delta of the Volga..... 72

Новиков А. А., Мелихов В. В., Комарова О. П.

Усовершенствованные приемы обработки почвы при возделывании картофеля
в зоне южных черноземов при орошении

Novikov A. A., Melikhov V. V., Komarova O. P.

Improved tillage techniques for potato cultivation in the southern chernozem zone dur-
ing irrigation..... 83

Петров В. С., Гусев С. Э., Цику Д. М., Марморштейн А. А.

Агробιοлогические свойства новых столовых сортов винограда в условиях
умеренно континентального климата Северо-Западного Предкавказья

Petrov V. S., Gusev S. E., Tsiku D. M., Marmorshtein A. A.

Agrobiological properties of new table grape varieties in the moderate continental
climate of the North-western Ciscaucasia..... 92

Толоконников В. В., Канцер Г. П., Набойченко К. В.

Результаты многолетней (1983-2022 гг.) селекции сои в условиях орошения

Tolokonnikov V. V., Chancellor G. P., Naboychenko K. V.

Results of long-term (1983-2022) soybean breeding under irrigation conditions..... 100

Храбров М. Ю., Майер А. В.

Системы комбинированного орошения для садовых и пропашных культур

Khrabrov M. Y., Mayer A. V.

Combined irrigation systems for garden and row crops..... 110

Чамурлиев О. Г., Феофилова Л. А., Йамоах Д. Г., Чамурлиев Г. О.

Эффективность способов обработки почвы и норм высева при возделывании
суданской травы на светло-каштановых почвах Волгоградской области

Chamurliiev O. G., Feofilova L. A., Yamoakh D. G., Chamurliiev G. O.

The effectiveness of tillage methods in the cultivation of Sudanese grass
on light chestnut soils of the Volgograd region..... 118

Юфєрев В. Г., Синельникова К. П., Берденгалиева А. Н.

Геоинформационное картографирование дефляционно-опасных участков земель
сельскохозяйственного назначения с использованием космоснимков

Yuferev V. G., Sinelnikova K. P., Berdigaliev A. N.

Geoinformation mapping of deflation-hazardous agricultural land plots using satellite
images..... 125

Айтпаева А. А., Тютюма Н. В.

Эффективность возделывания зерновых культур в структуре травянопропашных севооборотов в зонах неустойчивого увлажнения

Aitpaeva A. A., Tyutyuma N. V.

Efficiency of cultivation of grain crops in the structure of grass-tilled crop rotations in areas of unstable moisture..... 134

Власов М. В., Куприянова С. В.

К вопросу оценки качества дренажных вод орошаемых земель Алтайского края на примере Алейской оросительной системы

Vlasov M. V., Kupriyanova S. V.

On the issue of assessing the quality of drainage waters of irrigated lands of the Altai territory on the example of the Aley irrigation system..... 141

Казарина А. В., Атакова Е. А., Абраменко И. С.

Изучение и подбор исходного материала для селекции сои в неорошаемых условиях лесостепи Среднего Поволжья

Kazarina A. V., Atakova E. A., Abramenko I. S.

Study and selection of source material for soybean breeding in non-irrigated conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region..... 150

Камалеев Р. Д., Гречишкина О. С.

Зависимость урожайности ярового ячменя от метеорологических условий в центральной зоне Оренбургской области

Kamaleev R. D., Grechishkina O. S.

Dependence of spring barley yield on meteorological conditions in the central zone of the Orenburg region..... 160

Кинчаров А. И., Кинчарова М. Н., Дёмина Е. А., Таранова Т. Ю., Чекмасова К. Ю.

Линейные показатели начального роста растений и масса 1000 зерен сортов яровой мягкой пшеницы

Kincharov A. I., Kincharova M. N., Demina E. A., Taranova T. Y.,

Chekmasova K. Y. Linear indices of initial plants growth and 1000 grain weight of spring soft wheat varieties..... 167

Кониева Г. Н., Иванова В. И., Адучиева М. Г.

Анализ изменений основных климатических показателей на территории Республики Калмыкия за многолетний период

Konieva G. N., Ivanova V. I., Aduchieva M. G.

Analysis of changes in the main climatic indicators in the territory of the Republic of Kalmykia over a long-term period..... 177

Кошкарлова Т. С., Толоконников В. В.

Результаты расширенной мобилизации исходного материала для селекции сои на Юге России

Koshkarova T. S., Tolokonnikov V. V.

Results of extended mobilization of source material for soybean breeding in the South of Russia..... 184

Лытов М. Н.

Агроэкологическая оценка сортов и приемов возделывания орошаемой сои на повторно осваиваемых землях Волгоградского Заволжья

Lytov M. N.

Agroecological assessment of varieties and methods of cultivation of irrigated soybeans on re-developed lands of the Volgograd Volga region..... 191

Майер А. В., Пенькова Р. И.

Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур

Mayer A. V., Penkova R. I.

Development of a reclaim system for low-volume irrigation in vegetable and garden crops growing..... 201

Павлюченко Н. Г., Мельникова С. И., Зимина Н. И., Колесникова О. И.

Влияние салициловой кислоты на регенерацию и развитие виноградных саженцев

Pavlyuchenko N. G., Melnikova S. I., Zimina N. I., Kolesnikova O. I.

Effect of salicylic acid on regeneration and development of grapevine seedlings..... 209

Реут А. А., Аллаярова И. Н., Ласточкина О. В., Биглова А. Р.

Влияние разных спектров света в комбинации с *Bacillus Subtilis* на содержание фотосинтетических пигментов

Reut A. A., Allayarova I. N., Lastochkina O. V., Biglova A. R.

Influence of different spectrum of light in combination with *Bacillus Subtilis* on the content of photosynthetic pigments..... 218

Скороходов В. Ю.

Формирование урожайности проса в зависимости от предшественника и гидротермического стресса в условиях Южного Урала

Skorokhodov V. Yu.

Formation of millet yield depending on the predecessor and hydrothermal stress in the conditions of the Southern Urals..... 230

Дорошенко В. В., Мелихова А. В.

Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования земли

Doroshenko V. V., Melihova A. V.

Assessment of desertification manifestations in the astrakhan volga region according to remote sensing data..... 239

Мухаметханова С. С., Толоконников В. В.

Сорта сои Нижневолжской селекции

Mukhametkhanova S.S., Tolokonnikov V.V.

Soybean varieties of the Lower Volga selection..... 247

Варивода Е. А., Воронов С. И.

Исходный материал для селекции арбуза столового с различными цветами мякоти

Varivoda E. A., Voronov S. I.

Source material for selection of table watermelon with different flesh colors..... 256

Наумова Н. А.

Влияние климатических условий Астраханской области на продолжительность межфазных периодов роста и развития ярового овса

Naumova N. A.

Influence of climatic conditions of the Astrakhan region on the duration of interphase periods of growth and development of spring oats..... 263

Выприцкий А. А., Матвеев Ш.

Влияние государственных защитных лесных полос на сезонную динамику продуктивности пашни

Vypritskiy A. A., Matveev S.

Influence of state protective forest strips on seasonal dynamics of arable land productivity..... 271

Каракаджиев А. С., Кигашпаева О. П., Гулин А. В., Мачулкина В. А.

Изучение коллекционных образцов перца сладкого и отбор доноров хозяйственно ценных признаков

Karakadzhiev A. S., Kigashpaeva O. P., Gulin A. V., Machulkina V. A.

Study of collection samples of sweet pepper and selection of donors of economically valuable traits..... 280

Подопригоров Ю. Н., Хюпинин А. А.

Джужгун безлистный (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) – эффективный фитомелиорант в засушливых условиях Северного Прикаспия

Podoprigorov Yu. N., Khyupinin A. A.

Leafless Dzhuzgun (*Calligonum aphyllum* (Pall.) Gürke) is an effective phytomeliorant in arid conditions of the Northern Caspian Sea..... 288

Синельникова К. П.

Анализ защитных лесных насаждений на территории Донской гряды с использованием ГИС-технологий и аэрокосмических данных

Sinelnikova K. P.

Analysis of protective forest stands on the territory of the Don ridge using GIS technologies and aerospace data..... 299

Шатровская М. О., Шатровский Н. О.

Сравнительный анализ цифровых моделей рельефа водосбора реки Донская Царица.

Shatrovskaya M. O., Shatrovsky N. O.

Comparative analysis of digital elevation models of the Donskaya Tsaritsa river watershed.... 306

Алматар А., Кузнецов Е. В., Хаджиди А. Е.

Сравнение продуктивности сои при капельном и внутриводосборном орошении на рисовых почвах

Almatar A., Kuznetsov Y. V., Khadzhidi A. E.

Comparison of soybean productivity with drip and sub-surface irrigation on rice soils..... 315

Сытин Г. О., Беляков А. М.

Влияние полезащитных лесных полос на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы в зоне каштановых почв Волгоградской области

Sytin G. O., Belyakov A. M.

Influence of forest shelter belts on productivity and grain quality of winter wheat in the zone of chestnut soils of Volgograd region..... 323

ЗООТЕХНИКА И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE

- Горлов И.Ф., Калинина Н.В., Хорошевская Л.В., Сложенкина М.И., Струк Е.А., Рудковская А.В.**
Влияние нетрадиционных кормов в рационе кур-несушек на их хозяйственно-биологические показатели
Gorlov I.F., Kalinina N.V., Khoroshevskaya L.V., Slozhenkina M.I., Struk E.A., Rudkovskaya A.V.
The influence of non-traditional feeds in the diet of laying hens on their economic and biological indicators..... 330
- Карапетян А. К., Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Воронцова Е. С., Бородин С. М.**
Использование люпина в комбикормах для свиноматок
Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Danilenko I. Yu., Vorontsova E. S., Borodin S. M. Use of lupin in compound feed for sows..... 339
- Коханов М. А., Злепкин В. А., Коханов А. П., Фролова Н. М., Фролов Р. В., Коробкин Т. А.**
Использование кросса линий в стадах скота голштинской породы
Kohanov M. A., Zlepkin V. A., Kohanov A. P., Frolova N. M., Frolov R. V., Korobkin T. A.
The use of intra-linear selection in herds of Holstein cattle..... 346
- Мосолова Н. И., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Ткаченко-ва Н. А., Завгороднева А.Г.**
Получение качественных молочных продуктов питания с использованием регионального сырья
Mosolova N. I., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Zavgorodneva A. G.
Obtaining high-quality dairy food products using regional raw materials..... 353
- Николаев С. И., Карапетян А. К., Дмитриева А. А., Воронцова Е. С.**
Реализация генетического потенциала продуктивности у кур яичного кросса Декалб Уайт
Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Dmitrieva A. A., Vorontsova E. S.
Realization of the genetic potential of productivity in egg cross Dekalb White..... 364
- Панин В. А.**
Гистологическое строение кожи коз оренбургской породы разных типов
Panin V. A.
Histological structure of the skin of Orenburg goats of different types..... 370
- Ряднов А. А., Горлов И. Ф., Хорошевская Л.В., Сложенкина М. И., Мосолов А. А., Сложенкина А. А.**
Эффективность применения нового препарата для лечения и профилактики патологий копыт у коров в условиях промышленных технологий производства молока.
Ryadnov A. A., Gorlov I. F., Khoroshevskaya L. V., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., Slozhenkina A. A.
The effectiveness of the use of a new drug for the treatment and prevention of hoof pathologies in cows in the conditions of industrial milk production technologies 379

Чехранова С. В., Николаев С. И., Коловоротная В. И., Шарапкалиева Э. М., Воронцова Е. С. Эффективность использования низкотанинового зерна сорго в кормлении дойных коров Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Kolovorotnaya V. I., Sharapkalieva E. M., Vorontsova E. S. Efficiency of using low-tannin sorgo grain in feeding dairy cows.....	386
Швецов Н. Н., Звонарев А. С., Чехранова С. В., Коловоротная В. И. Влияние ритмичного кормления на молочную продуктивность коров Shvetsov N. N., Zvonarev A. S., Chekhranova S. V., Kolovorotnaya V. I. Influence of rhythmic feeding on dairy cows productivity.....	394
Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Кравченко Ю. В., Новокщенко А. И. Эффективность применения белкового сырья микробного синтеза - гаприн на показатели роста и развития стерляди Agapova V. N., Randelin D. A., Kravchenko Yu. V., Novokshchenova A. I. The effectiveness of the use of protein raw materials of microbial synthesis - gaprin on the growth and development of starlet.....	402
Бразжник Е. А., Биконя С. Н., Лаптев Г. Ю., Кочеткова О. В. Управление качеством кормовых добавок с использованием метода нечеткой логики Brazhnik E. A., Bikonya S. N., Laptev G. Yu. Kochetkova O. V. Feed additives quality management using fuzzy logic.....	407
АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ/ AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES	
Новиков А. Е., Цепляев А. Н., Семененко С. Я. Ресурсосберегающие технологии возделывания картофеля при дождевании с применением гидрогеля Novikov A. E., Tseplyaev A. N., Semenenko S. Y. Resource-saving technologies of potato cultivation during sprinkling using hydrogel.....	416
Гамаюнов П. П., Балберов Р. В., Фомин С. Д. Анализ распределения температур в поддоне картера двигателя при использовании предпускового подогревателя методом конечных элементов Gamayunov P. P., Balberov R. V., Fomin S. D. Analysis of the temperature distribution in the engine crankcase when using a starting preheater by the finite element method.....	423
Голиков А. А., Филюшин О. В., Лимаренко Н. В., Успенский И. А., Юхин И. А., Паршков А. В. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции Golikov A. A., Filyushin O. V., Limarenko N. V., Uspensky I. A., Yukhin I. A., Parshkov A. V. Improving the efficiency of on-farm transportation of fruit and vegetable products.....	429

Григораш О. В., Воробьев Е. В., Денисенко Е. В., Барышев П. М. Структурно-схемные решения солнечных инверторов Grigorash O. V., Vorobyev E. V., Denisenko E. V., Baryshev P. M. Structural and circuit solutions of solar inverters.....	439
Кузнецов Е. В., Алматар А., Новиков А. Е. Оценка влияния водного режима почвы на продуктивность сои при внутривидовом орошении Kuznetsov Y. V., Almatar A., Novikov A. E. Evaluation of the influence of soil water regime on soybean productivity under subsoil irrigation.....	451
Леонов О. А., Шкаруба Н. Ж., Гринченко Л. А., Пупкова Д. А. Создание цифровой модели процесса комплектации и сборки для ремонтного производства Leonov O. A., Shkaruba N. Zh., Grinchenko L. A., Pupkova D. A. Creating a digital process model packages and assembly for repair production.....	458
Неверов Е. Н., Короткий И. А., Горелкина А. К., Задесенец А. Е. Исследование параметров работы дегидрататора для реализации конвективной сушки влажностесодержащих пищевых продуктов Neverov E. N., Korotkiy I. A., Gorelkina A. K., Zadesenets A. E. Investigation of the parameters of the dehydrator for the implementation of convective drying of moisture-containing foods.....	466
Ряднов А. И., Курахтенков А. К. Повышение устойчивости соргоуборочного комбайна при работе на склонах Ryadnov A. I., Kurakhtenkov A. K. Improving the stability of the sorghum harvester when working on slopes.....	480
Храмова В. Н., Сурков Д. И. Исследование предпочтений потребителей мясных продуктов Волгоградской области Khramova V. N., Surkov D. I. Research on the demand for meat products in the Volgograd region.....	489
Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование параметров машины для посадки картофеля с гидрогелем при орошении Tseplyaev A. N. Theoretical justification of the parameters of a potato planting machine with hydrogel during irrigation.....	499
Грибенченко А. В., Ряднов А. И., Гапич Д. С., Моторин В. А. Характеристика показателей надёжности работы деталей машин сельскохозяйственного назначения Gribenchenko A. V., Ryadnov A. I., Gapich D. S., Motorin V. A. Characteristics of reliability indicators of work of agricultural machinery parts.....	507

Даус Ю.В., Денисенко Е.А., Десятниченко Д.А., Грищенко Д.Н. Определение точной информации об интенсивности солнечной радиации Daus Yu. V. Denisenko Ye. A., Desyatnichenko D. A., Grischenko D. N. Determination of accurate information on solar radiation intensity.....	515
Малюков С. В., Поздняков Е. В., Шавков М. В., Петков А. Ф., Шанин И. И., Болгов А. В. Анализ современных конструкций комбинированных почвообрабатывающих машин и агрегатов Malyukov S. V., Pozdnyakov E. V., Shavkov M. V., Petkov A. F., Shanin I. I., Bolgov A. V. Analysis modern designs of combined tillage machines and units.....	523
Мартынов И. С., Шапров М. Н., Мисюряев В. Ю., Бородин В. И. Разработка и исследование рабочего органа для междурядной обработки бахчевых культур Martynov I. S., Shaprov M. N., Misyuryaev V. Yu., Borodin V. I. Development and research of a working body for row-to-row processing of melons.....	534
Абдулгалимов М. М., Магомедов Ф. М., Сенькевич С. Е., Меликов И. М., Гасанова Э. С., Магомедова Н. Ф., Сергеев Н. В. Совершенствование технологии и техники для укладки внутрипочвенных увлажнителей Abdulgalimov M. M., Magomedov F. M., Senkevich S. E., Melikov I. M., Gasanova E. S., Magomedova N. F., Sergeev N. V. Improvement in technology and techniques for laying subsoilhumidifiers.....	542
Боровой С. Е., Комарова О. П., Козенко К. Ю. Киберфизические системы в мониторинге орошаемых агроценозов Borovoy S. E., Komarova O. P., Kozenko K. Y. Cyberphysical systems for monitoring of irrigated agrocenoses.....	552
Цепляев А. В. Теоретический анализ процесса работы капустоуборочной машины Tseplyaev A. V. Theoretical analysis of the cabbage harvester operation process.....	562
Содержание	571

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**

№ 2(70), 2023

Известия

**Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 2 (70), 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 18.07.2023.

Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 232.

Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

Proceedings

**of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 2 (70), 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 18.07.2023.

Edition 1000 (first factory 100). Order 232.

Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price