

ИЗВЕСТИЯ

НИЖНЕВОЛЖСКОГО АГРОУНИВЕРСИТЕТСКОГО КОМПЛЕКСА:

НАУКА И ВЫСШЕЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

№ 1 (79), 2025

Группы специальностей:

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

Волгоград
Волгоградский ГАУ
2025

PROCEEDINGS

OF NIZHNEVOLZSKIY AGROUNIVERSITY COMPLEX:

SCIENCE AND HIGHER VOCATIONAL EDUCATION

№ 1 (79), 2025

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
2025

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА
ФГБОУ ВО Волгоградский
государственный аграрный
университет**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 1 (79), 2025***Группы специальностей:*

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

**ББК 4 (2Рос–4Вор)
И-33**THE MAGAZINE FOUNDER
Volgograd State
Agrarian University**ISSN 2071-9485
DOI: 10.32786/2071-9485****№ 1 (79), 2025***Specialty groups:*

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

ИЗВЕСТИЯНижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование**№ 1 (79), 2025**

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:

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

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

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

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

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

PROCEEDINGSof Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
science and higher vocational education**№ 1 (79), 2025**

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:

Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products

Deputy Editors in Chief:

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

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

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

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

**Международный редакционный совет
научного журнала**

Главный редактор – Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Заместители главного редактора:

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

Фомин С.Д., доктор технических наук, зав. Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, Волгоградский ГАУ
<http://www.volgau.com/izvestiya>

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

Бочарников В.С., доктор технических наук, Ученый секретарь Волгоградского 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 им. К.А. Тимирязева
<http://www.timacad.ru/catalog/pps/detail.php?ID=1636>

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

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

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

**International Editorial Board
of the Scientific Journal**

Editor in Chief – Gorlov I.F., Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Deputy Editor in Chief:

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

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

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

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

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

Dubenok N.N., **Academician of the 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)

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

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

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 (Республика 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 (Республика 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 (Республика Сербия)

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>

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

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

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**4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство****4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки)**

Дубенок Н.Н., академик РАН, член бюро отделения РАН, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

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

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агrobiотехнологий, Волгоградский ГАУ

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

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

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

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

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

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

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

Зеленев А.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

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

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

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

Editorial Board of the Scientific Journal**4.1. Agronomy, forestry and water management****4.1.1. General agriculture and crop production (agricultural sciences)**

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

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

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

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

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

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

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

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

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

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

Zelenev A.V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Research Center "Nemchinovka"

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

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

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

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

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

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

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

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

Чамурлиев О.Г., доктор сельскохозяйственных наук, директор НИИ фундаментальных и прикладных агробιοтехнологий, Волгоградский ГАУ

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

Овчинников А.С., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Волгоградский ГАУ

Дубенок Н.Н., **академик РАН**, член бюро отделения **РАН**, РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Chamurliev O.G., Doctor of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnologies, Volgograd State Agrarian University

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Иванцова Е.А., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, директор института естественных наук, Волгоградский госуниверситет

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

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

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

4.2. Зоотехния и ветеринария

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

Племышов К.В., член-корреспондент РАН, доктор ветеринарных наук, ректор ФГБОУ ВО «СПбГУВМ», г. Санкт-Петербург

Стекольников А.А., академик РАН, доктор ветеринарных наук, профессор, ФГБОУ ВО «СПбГУВМ»

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

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, Самарский ГАУ

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

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

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

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

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

Ivantsova E.A., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of the Institute of Natural Sciences, Volgograd State University

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

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

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

4.2. Animal science and veterinary medicine

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

Plemyashov K.V., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Veterinary Sciences, Rector of St. Petersburg State University of Veterinary Medicine

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

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

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 GAU

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

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

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

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

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

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, проректор, Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины

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

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

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

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Мосолов А.А., доктор биологических наук, Поволжский НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

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

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

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

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

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

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Mosolov A.A., Doctor of Biological Sciences, Volga Research Institute of Production and Processing of Meat and Dairy Products

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

Сложеникина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

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

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

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции

Арылов Ю.Н., доктор биологических наук, профессор, Калмыцкий государственный университет им. Б. Б. Городовикова

Дускаев Г.К., доктор биологических наук, профессор РАН, первый заместитель директора, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий РАН

Шлыков С.Н., доктор биологических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет

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

Горлов И.Ф., **академик РАН**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор, Самарский ГАУ

Волохов И.М., доктор биологических наук, профессор, ВНИИплем

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

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

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

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

4.2.4 Private animal husbandry, feeding, technologies of feed preparation and production of livestock products (biological sciences)

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

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

Arylov Yu.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, B. B. Gorodovikov Kalmyk State University

Duskaev G.K., Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, First Deputy Director, Federal Scientific Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences

Shlykov S.N., Doctor of Biological Sciences, Professor, Stavropol State Agrarian University

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

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

Baimishev Kh.B., Doctor of Biological Sciences, Professor, Samara GAU

Volokhov I.M., Doctor of Biological Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Breeding

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

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

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

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

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

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

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

Сложеникина М.И., **член-корреспондент РАН**, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, Главный научный сотрудник Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

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

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

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

Гусева Ю.А., доктор сельскохозяйственных наук, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Guseva Yu.A., Doctor of Agricultural Sciences, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

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

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

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

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, Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова

Бахарева А.А., доктор сельскохозяйственных наук, 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)

Зиганшин Б.Г., доктор технических наук, **профессор РАН**, первый проректор – проректор по научной работе и цифровой трансформации, Казанский ГАУ

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 сельскохозяйственных 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, профессор, Кубанский ГАУ

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

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, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N.I. Vavilov

Bakhareva A.A., Doctor of Agricultural Sciences, 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)

Ziganshin B.G., Professor of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, First Vice-Rector – Vice-Rector for Scientific Work and Digital Transformation, Kazan State University

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 Agricultural 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, professor, Kuban State University

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

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

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

4.3.3. Пищевые системы (биологические науки)

Чернуха И.М., академик РАН, доктор технических наук, профессор, ФНЦ пищевых систем им. В. М. Горбатова»

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

Горлов И.Ф., академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции, профессор Волгоградского ГАУ, зав. кафедрой "Технология пищевых производств" ВолГТУ, Заслуженный деятель науки РФ, дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники

Сложеникина М.И., член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, директор Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

Гиро Т.М., доктор технических наук, профессор, РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева

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

Золотокопова С.В., доктор технических наук, профессор, Астраханский ГТУ, Ученый секретарь

Мосолова Н.И., доктор биологических наук, главный научный сотрудник Поволжского НИИ производства и переработки мясомолочной продукции

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

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

4.3.3. Food systems (biological sciences)

Chernukha I.M., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Technical Sciences, Professor, V. M. Gorbato Food Science Research Center"

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

Gorlov I.F., **Academician of the Russian Academy of Sciences**, Doctor of Agricultural Sciences, scientific director of the Volga Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products, professor of the Volgograd State Agrarian University, Head of the Department of Food Production Technology of VolGTU, Honored Scientist of the Russian Federation, twice laureate of the Russian Government Prize in science and technology

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

Giro T.M., Doctor of Technical Sciences, Professor, RGAU-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev

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

Zolotokopova S.V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Astrakhan State Technical University, Scientific Secretary

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

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

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-01

**WATER-SAVING TECHNOLOGY OF POTATO CULTIVATION WITH THE USE OF MODERN
AMELIORANTS****Novikov A. E., Tseplyaev V. A., Semenenko S. Ya., Tseplyaev A. N.**

*All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Scientific Center
of Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation
Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: can_volgau@mail.ru

Received 29.11.2024

Submitted 24.01.2025

The research was conducted in accordance with the state task FNFR-2025-0004 "To develop innovative water-saving agricultural technologies for crop irrigation using precision software based on digital control systems that ensure sustainable yields in the face of global climate change"

Abstract

Introduction. The emerging trend of agricultural production growth is accompanied by changes in the structure of irrigated agricultural land, increasing the share of vegetable growing. Climatic factors, which have changed significantly over the past decades, make adjustments to the volume of water demand in the upward direction, which significantly affects the financial costs of growing water-intensive crops. It is possible to reduce the cost of irrigation water by using natural and/or artificial ameliorants capable of accumulating it, preventing the process of infiltration below the root zone of plants and the formation of surface runoff. The territory of the Lower Volga, with a high amount of thermal resources, is becoming more and more attractive for growing food potatoes. In the cost structure for its cultivation, about 34-36% is accounted for by the irrigation water supply service, including the irrigation process. Therefore, reducing irrigation water costs is a top priority in potato growing technology. **Object.** Reduction of irrigation water consumption during potato cultivation due to application of hydrosorbents enriched with fertilizers. **Materials and methods.** The study used methods of analyzing scientific literature and field experience based on the use of modern scientific equipment acquired as part of the Federal Project "Development of Infrastructure for Scientific Research and Training" of the national project "Science and Universities". **Results and conclusions.** When using hydrogels based on potassium and sodium (respectively "Aquasin" and "Aquasorb") during potato cultivation, a significant reduction in irrigation water consumption was achieved with different doses of hydrogel and hydrogel with fertilizers applied during potato planting. For this purpose, the potato planter was equipped with an additional system in the form of a feeder knife, packing lines and devices for supplying hydrogel fertilizers. This method of application reduced the consumption of hydrogel and fertilizers, and contributed to a more efficient use of hydrogel as an absorption material. The use of this technology reduces the number of irrigations, reduces irrigation water consumption by 900 m³/ha, and increases the efficiency of fertilizers, since they are absorbed as a solution in the hydrogel itself, which, in turn, increases the commercial yield of potato tubers by 10.7 t/ha relative to the control.

Keywords: potato growing, potato cultivation technologies, potato water consumption, water-saving technologies.

Citation. Novikov A. E., Tseplyaev V. A., Semenenko S. Ya., Tseplyaev A. N. Water-saving technology of potato cultivation with the use of modern ameliorants. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 13-21 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-01.

Authors' contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, implementation and analysis of this study. All authors of this article approved the presented final version.

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

УДК 631.4:635.21:631.67

**ВОДОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СОВРЕМЕННЫХ МЕЛИОРАНТОВ**¹Новиков А. Е., член-корреспондент РАН, доктор технических наук²Цепляев В. А., кандидат технических наук, доцент¹Семененко С. Я., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

**Исследования проведены в соответствии с государственным заданием FNFR-2025-0004
«Разработать инновационные водосберегающие агротехнологии при орошении
сельскохозяйственных культур с использованием прецизионного полива на основе цифровых
систем управления, обеспечивающие получение устойчивой урожайности в условиях
глобального изменения климата»**

Актуальность. Наметившаяся тенденция роста сельскохозяйственного производства сопровождается изменениями в структуре орошаемых сельскохозяйственных угодий, увеличивая долю овощеводства. Климатические факторы, существенно изменяющиеся в течение последних десятилетий, вносят коррективы в объёмы водопотребности в сторону увеличения, что существенно влияет на финансовые затраты при выращивании водоёмких сельскохозяйственных культур. Уменьшить затраты поливной воды возможно применением естественных и/или искусственных мелиорантов, способных её аккумулировать, препятствуя процессу инфильтрации ниже корнеобитаемой зоны растений и образованию поверхностного стока. Территория Нижней Волги, с высоким количеством тепловых ресурсов, становится всё более привлекательной для выращивания продовольственного картофеля. В структуре затрат на его возделывание около 34-36% приходится на услугу по подаче оросительной воды, включая процесс полива. Поэтому снижение расходов оросительной воды является первоочередной задачей в технологии выращивания картофеля. **Цель.** Снижение затрат оросительной воды при возделывании картофеля за счет применения гидросорбентов, обогащенных удобрениями. **Материалы и методы.** В исследовании применялись методы анализа научной литературы, полевого опыта, основанного на применении современного научного оборудования, приобретённого в рамках исполнения Федерального проекта «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров» национального проекта «Наука и университеты». **Результаты и обсуждение.** При применении гидрогелей на основе калия и натрия (соответственно «Аквасин» и «Аквасорб») при возделывании картофеля получено существенное снижение расхода оросительной воды при различных дозах внесения гидрогеля и гидрогеля в композиции с удобрениями, которые вносились при посадке картофеля. Для этого картофелесажалку оборудовали дополнительной системой в виде ножа-питателя, туюпроводов и аппаратов для подачи гидрогеля и удобрений. Такой способ внесения уменьшал расход гидрогеля, удобрений и способствовал более эффективному использованию гидрогеля как абсорбционного материала. Применение данной технологии уменьшает количество поливов, снижает расход оросительной воды на 900 кубометров на га, повышает эффективность удобрений, поскольку они абсорбируются в виде раствора в самом гидрогеле. Это, в свою очередь, повышает товарный выход клубней картофеля на 10,7 т/га относительно контроля.

Ключевые слова: картофелеводство, технологии возделывания картофеля, водопотребление картофеля, водосберегающие технологии.

Цитирование. Новиков А. Е., Цепляев В. А., Семененко С. Я., Цепляев А. Н. Водосберегающая технология возделывания картофеля с применением современных мелиорантов. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 13-21. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-01.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Применение прошитых сополимеров в качестве гидросорбентов, аккумулирующих влагу, известно, судя по литературным источникам, достаточно давно. Еще в начале 60-х годов академиком Прянишниковым Д. Н. (1955) отмечалась возможность накопления влаги с последующей ее передачей культурным растениям в таких веществах, как измельченный ракушечник. Наиболее интенсивно вопросом использования гидрогелей в сельскохозяйственном производстве начали заниматься с начала 2000-х годов (Агафонов О. В. 2017; Годунов Е. И. 2018) [1, 2]. Указанные исследования направлены, в первую очередь, на накопление влаги гидросорбентами в осенне-весенний период при ее избытке, а затем передаче растениям через корневую систему при наступлении засухи. Основная часть исследований проводилась на богаре и была направлена на поддержание необходимой влажности в корнеобитаемом слое растений (Зайцев Р. Н. 2016) [3, 4, 5]. Исследования проводились в большей степени на пропашных культурах, таких как картофель, овощные, кукуруза, тыква и т.д. [6, 7, 8, 9].

Во всех исследованиях, проведенных с применением гидрогелей Штокосорб, Вермикулит, Аквасорб и т.д., полученные результаты отмечают положительное их влияние на урожайность культур, динамику развития, состояние почвы и другие показатели [10, 11].

При использовании сополимеров сокращается количество и частота поливов. Гидрогели не содержат удобрений, но, набухая, они могут абсорбировать в себе до 40% удобрений. При этом они легко отдают накопленную воду и питательные вещества растениям. Первоначально растения потребляют доступную влагу из почвы, а потом используют воду, находящуюся в гранулах. Применение сорбентов позволяет получить следующие выгоды: уменьшение полива растений по периодичности и объему до 30-50%; повышение эффективности действия удобрений, средств защиты растений; повышение урожайности; улучшение условий для восстановления и сохранения биологических, химико-физических свойств плодородного слоя почвы; снижение восприимчивости растений к стрессам; эффективное впитывание воды даже при незначительном увлажнении; повышение влагоудерживающей способности почвы; использование в зонах с жарким и засушливым климатом; контролируемый отток влаги из почвы; улучшение аэрации и дренажа почвы; пролонгированное применения.

С учетом тенденции изменения климата, особенно в засушливый период вегетации, актуальность применения водоудерживающих сорбентов значительно повышается [12, 13].

Максимальную эффективность, в плане ресурсосбережения, представляемая технология обеспечивает на пропашных культурах, особенно картофеле. Результаты опытов свидетельствуют о положительном влиянии гидросорбентов на урожайность, которая повышается, по заключению авторов, на 18...22%, а также состояние почвы, судя по ее структуре. Доказано, что коэффициент структурности повышается на 10-13% [14].

Однако исследований, связанных с применением гидрогеля при возделывании картофеля на орошении в условиях Нижней Волги, недостаточно. Поэтому на опытном поле ВНИИОЗ проводятся эксперименты по изучению влияния различных типов гидрогелей, их дозировки, способа и орудий внесения, эффективность минеральных удобрений на возможность экономии оросительной воды [13, 14].

Материалы и методы. В исследованиях применялись общепринятые научные методы и методики (Доспехов Б. А. 1985, Плешаков В. Н. 1983 и др.). Схема размещения полевого опыта представлена на рисунке 1.

Для исследования использовали картофель сорта «Гулливёр». В опыте изучались три фактора: фактор А – типы гидрогелей (A_1 – «Аквасин» на основе калия, A_2 – «Аквасорб» – на натриевой основе); фактор В – дозы гидрогелей – 150 кг/га (11,4 г/п.м.), 200 кг/га (14,8 г/п.м.), 250 кг/га (18,2 г/п.м.); фактор С – гидрогели по вариантам доз плюс удобрения (нитроаммофоска) нормой 450 кг/га (33,3 г/п.м.). Контроль – без гидрогелей (поливы + фон NPK – 100 кг/га нитроаммофоски).

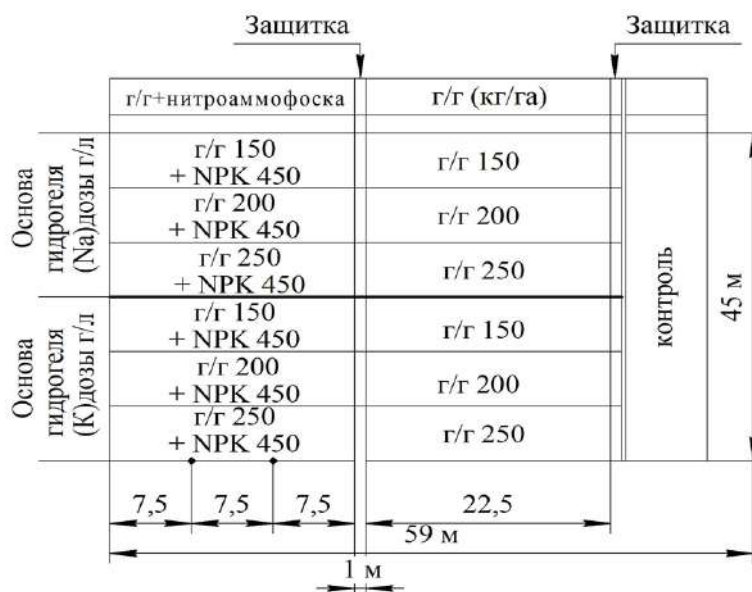


Рисунок 1 – Схема опыта
Figure 1 – Scheme of the experiment

Посадку картофеля с одновременным локальным внесением гидрогеля и удобрений в борозду, образованную ножом ниже посадочной борозды, проводили модернизированной картофелесажалкой, защищенной патентом на изобретение.

Способ полива – дождевание, расчетная поливная норма 275, принятая 300 м³/га, расчетная глубина активного слоя почвы – 0,40 м, предполивной порог влажности почвы не ниже 80% НВ. Гидрогель вносили на глубину 0,08 м.

Определение режимов орошения рассматривали с учетом эффективных осадков в период вегетации, температуры воздуха, его относительной влажности, а также их взаимосвязи, учитываемой гидротермическим коэффициентом (ГТК).

Таблица 1 – Оценка погодных условий вегетационного периода
Table 1 – Assessment of weather conditions during the growing season

Месяц / Month	Осадки / Precipitation				Температура среднемесячная / Average monthly temperature	Сумма температур / Sum of tem- peratures	ГТК / SCC
	дата	слой, мм	μ	P _{эфф}			
Июнь / June							
Июль / July	19	24,32	0,7	17,0	22,3	785	0,42
	23	12,16	0,8	9,7			
	24	6,6		6,6			
		43,08		33,3			
Август / August	02	0,85		0,85	21,26	659	0,26
	03	0,28		0,46			
	05	0,28		0,46			
	07	5,48		5,48			
	08	10,15		10,15			
		17,04		17,4			
Сентябрь / September	10	0,28		0,28	17,07	512	0,01
	22	0,28		0,28			
		0,54		0,56			
Октябрь, до 09 / October, before 09				0,0	14,6	117	0,0

Вегетационный период был весьма засушливым, поскольку суммарное количество осадков не превысило 60,6 мм, из них эффективные составили 51,3 мм, т.е. их влияние на влажность расчетного слоя почвы практически ничтожна (таблица 1).

Результаты и обсуждение. В данной статье представлено решение задачи экономии оросительной воды при использовании различных типов гидрогелей, их доз в чистом виде и в композиции с минеральными удобрениями. Опытами установлен водосберегающий эффект от использования гидрогелей, поскольку на варианте контроль проведено 14 поливов, а на участках гидрогель, обогащенный удобрениями, 11 поливов. За время вегетации межполивной период составил: на контроле 4...5 суток, в опытах по применению гидрогеля 6...7 суток, а гидрогеля обогащенного удобрениями 8...9 суток, то есть он увеличивался на 28,5% по гидрогелю и на 44,7% гидрогелю обогащенному удобрениями.

Полученный эффект сопровождался снижением оросительной нормы на участках с гидрогелем на 600 м³/га, а в опытах с обогащенным гидрогелем на 900 м³/га (таблица 2).

Таблица 2 – Поливной режим по вариантам опыта

Table 2 – Irrigation regime for experimental variants

Вариант опыта / Experience Option	Количество поливов по фазам развития картофеля / Number of waterings by phases of potato development				Всего поливов / Total waterings	Оросительная норма, м ³ /га Irrigation rate, m ³ /ha
	Всходы / Shoots	Бутонизация / budding	Цветение / flowering	Увядание ботвы / wilting of the tops		
Контроль / Control, A ₀	2	6	6	2	16	4800
A _{1,2} B ₁₋₃	1	5	6	2	14	4200
A _{1,2} B ₁₋₃ C	1	5	5	2	13	3900

Поскольку суммарное водопотребление связано с оросительной нормой, то его значение также уменьшилось с 4800 на контроле до 3900 м³/га на вариантах с гидрогелями, при этом использование атмосферных осадков и запасов почвенной влаги остались идентичными (таблица 3).

Таблица 3 – Структура суммарного водопотребления

Table 3 – Structure of total water consumption

Вариант опыта / Experience Option	Оросительная норма / Irrigation rate		Атмосферные осадки / Precipitation		Использование почвенных влагозапасов / Use of soil moisture reserves		Суммарное водопотребление / Total water consumption	
	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%	м ³ /га	%
Контроль / Control A ₀	4800	87,1	513	9,3	196	3,6	5509	100
A ₁ B ₁	4200	86,3	513	10,5	151	3,2	4864	100
A ₁ B ₂	4200	86,3	513	10,5	151	3,2	4864	100
A ₁ B ₃	4200	86,3	513	10,5	151	3,2	4864	100
A ₁ B ₁ C	3900	86,3	513	10,5	105	3,2	4518	100
A ₁ B ₂ C	3900	86,3	513	10,5	105	3,2	4518	100
A ₁ B ₃ C	3900	86,3	513	10,5	105	3,2	4518	100
A ₂ B ₁	4200	86,3	513	10,5	151	3,2	4864	100
A ₂ B ₂	4200	86,3	513	10,5	151	3,2	4864	100
A ₂ B ₃	4200	86,3	513	10,5	151	3,2	4864	100
A ₂ B ₁ C	3900	86,3	513	10,5	105	3,2	4518	100
A ₂ B ₂ C	3900	86,3	513	10,5	105	3,2	4518	100
A ₂ B ₃ C	3900	86,3	513	10,5	105	3,2	4518	100

Графики динамики изменения влажности почвы от поливов и атмосферных осадков, а также их календарные сроки представлены на рисунках 2 и 3.

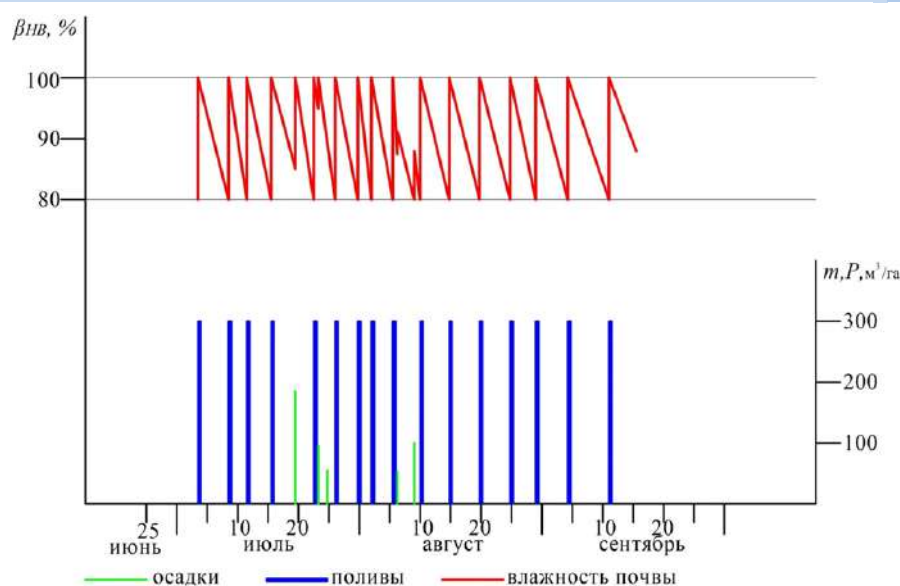


Рисунок 2 – Динамика влажности почвы, вариант контроль
Figure 2 – Soil moisture dynamics, control variant

На межполивной период серьезное влияние оказывает температура воздуха и фазы развития картофеля. Летний сезон 2024 г. был весьма жарким и температура с 19.07 до 08.08 2024 г. доходила до 42 °С. Поэтому межполивной период на контроле составлял 4-5 дней, а в опытах с применением обогащенного гидрогеля – 8-9 дней. Кроме абсорбционных способностей гидрогеля, следует отметить их влияние на разрастание вегетационной массы картофеля за счет удержания питательных элементов в прикорневом слое и снижение испарения с поверхности почвы из-за увеличенного проективного покрытия междового пространства посевов.

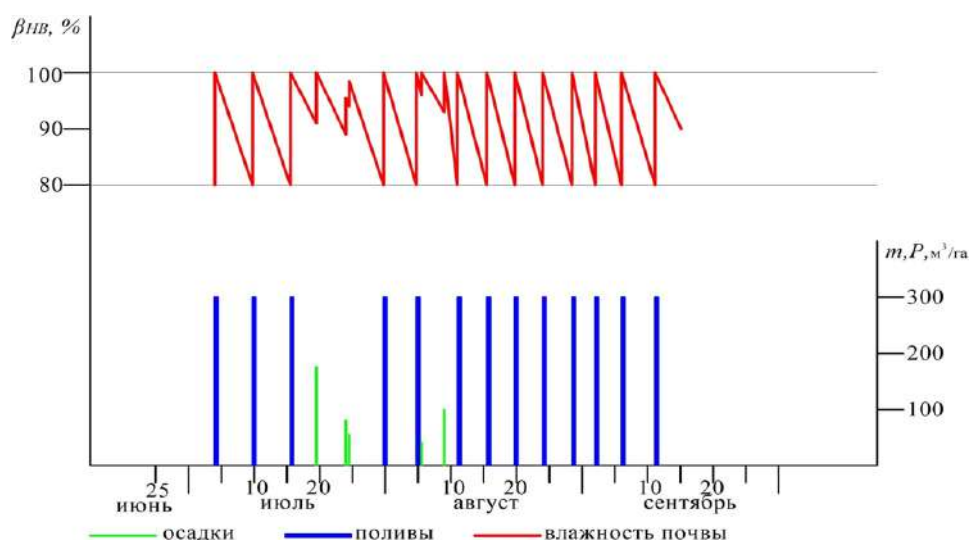


Рисунок 3 – Динамика влажности почвы, вариант A1.2 B1-3 C
Figure 3 – Soil moisture dynamics, option A1.2 B1-3 C

Сравнительный анализ выхода товарной продукции по исследуемым факторам и вариантам опыта указывает на наличие следующих закономерностей:

- по фактору А – тип гидрогелей, наилучшими показателями обладает гидрогель на натриевой основе «Аквасорб», на котором при использовании гидрогелей в чистом виде средняя прибавка товарного выхода была получена на 21, а при обогащении гидрогелей аммофоской (фактор С) – на 15% выше, чем на калиевой основе «Аквасин»;

- по фактору В – дозы внесения гидрогелей, установлена прямая зависимость урожайности от увеличения дозы с 11,4 до 18,2 г/п. м. независимо от типа гидрогеля, при этом максимальная прибавка товарного выхода продукции получена при внесении дозы 18,2 г/п, м в чистом виде гидрогелей: «Аквасин» – 2,5, «Аквасорб» – 2,7 т/га, при обогащении гидрогелей амофоской (фактор С) – на 2,4 и 1,7 т/га соответственно.

Таблица 4 – Влияние типа, доз и обогащения удобрениями гидрогелей на товарный выход клубней картофеля

Table 4 – The effect of the type, doses and fertilization of hydrogels on the commercial yield of potato tubers

Варианты типов гидрогелей / Hydrogel Type Options	Дозы гидрогелей / Hydrogel Doses	Товарная продукция, т/га / Marketable products, t/ha		Прибавка от дозы гидрогеля, т/га / Hydrogel dose increase, t/ha	Прибавка от дозы насыщенных удобрениями гидрогелей, т/га / Increase in the dose of fertilizer-saturated hydrogels, t/ha
		чистый гидрогель / прибавка к контролю / Pure hydrogel / control supplement	гидрогель с удобрениями / прибавка к контролю / Hydrogel with fertilizer / increase in control		
Контроль / Control	–	18,5	18,5	-	-
Аквасин (К) / Aquasin (K)	11,4	21,4 / 2,9	25,7 / 7,2	-	-
	14,8	23,0 / 4,5	26,9 / 8,4	1,6	1,2
	18,2	23,9 / 5,4	28,1 / 9,6	2,5 / 0,9	2,4 / 1,2
Аквасорб (На) / Aquasorb (Na)	11,4	22,5 / 4,0	27,5 / 9,0	-	-
	14,8	24,0 / 5,5	28,4 / 9,9	1,5	0,9
	18,2	25,2 / 6,7	29,2 / 10,7	2,7 / 1,2	1,7 / 0,8

Однако максимальная эффективность гидрогеля проявилась от его использования вместе с удобрениями. Разница урожайности в зависимости от доз гидрогеля с удобрениями относительно чистого гидрогеля составила: Аквасин – доза 18,2 г/п. м. (250 кг/га) 29,3 т/га, доза – 14,8 г/п. м. (200 кг/га) 27,8 т/га, т.е. 1,5 т/га (7,2%), товарный выход 28,1 т/га и 26,9 т/га – 1,2 т/га (6,6%). Что касается смеси гидрогеля Аквасорб с удобрениями, то показатели урожайности и товарного выхода клубней картофеля существенно выше, по сравнению с гидрогелем Аквасин.

Таким образом, с точки зрения получения максимального выхода товарной продукции, рекомендуется использование гидрогеля на натриевой основе «Аквасорб» с дозой внесения 18,2 г/п, м и минерального удобрения амофоска с дозой внесения 450 кг/га.

Заключение. В результате проведенных исследований получены новые знания по использованию водоудерживающих сорбентов (гидрогелей), обеспечивших увеличение межполивного периода от 40 до 80% в зависимости от комбинации – в чистом или обогащенном удобрением варианте. Экономия оросительной воды при использовании гидрогеля в «чистом виде» составила 600 м³/га, а с обогащенным гидрогелем 900 м³/га. Эффективность использования оросительной воды по сравнению с традиционной технологией возделывания картофеля увеличилась в 1,58 раза.

Экономически оптимальным вариантом является использование гидрогеля «Аквасорб» в ленточной дозе 14,8 г/п. м. (200 кг/га) в смеси с удобрением амофоска в ленточной дозе 33,8 г/п. м. (450 кг/га)). Урожайность достигает 29,8 т/га, а рентабельность составляет 122,4%.

Conclusions. As a result of the conducted research, new knowledge was gained on the use of water-retaining sorbents (hydrogels), which provided an increase in the inter-watering period from 40 to 80%, depending on the combination – in a pure or fertilized version. The savings of irrigation water when using hydrogel in its "pure form" amounted to 600 m³/ha, and with enriched hydrogel 900 m³/ha. The efficiency of irrigation water use has increased by 1.58 times compared to traditional potato cultivation technology. The economically optimal option is to use Aquasorb hydrogel in a band dose of 14.8 g/ppm (200 kg/ha) mixed with amofoska fertilizer in a band dose of 33.8 g/ppm (450 kg/ha)). The yield reaches 29.8 t/ha, and the profitability is 122.4%.

Библиографический список

1. Годунова Е. И., Шаповалова Н. Н. Динамика последствий различных доз гидрогеля на урожайность возделываемых культур на черноземах обыкновенных Центрального Предкавказья. *Агрохимический вестник*. 2022. № 4. С. 44-48.
2. Данилова Т. Н., Аннабаева А. В. Возможности применения полимерных гелей для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: материалы конференции. Краснодар, 2020. С. 540–542.
3. Мещерякова Е. Г. и др. Эффективность применения гумино-кремниевого мелиоранта в технологиях рекультивации деградированных земель на объектах АПК. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 1 (69). С. 587-594.
4. Бочарников В. С., Мещерякова Е. Г., Бочарникова О. В. Влияние природных мелиорирующих сорбентов на органоминеральные свойства почвенных горизонтов. *Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции*. Волгоград, 2021. С. 37-43.
5. Цепляев А. Н. Ресурсосберегающие технологии и средства при возделывании сельскохозяйственных культур с обогащённым гидрогелем на богаре и в орошении. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 5 (77). С. 360-369.
6. Шахмалиева С. М. Сильно набухающие полимерные гидрогели для управления водообеспеченности сельскохозяйственных культур. Мелиорация и водное хозяйство – основа продовольственной и экологической безопасности: материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова. 2024. С. 214-220.
7. Цепляев А. Н., Семенов С. Я., Куприянов А. А. Комплексное решение проблемы ресурсосбережения при выращивании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов. *Мелиорация и гидротехника*. 2024. Т. 14. № 3. С. 31-45.
8. Василук Д. И. и др. Пути снижения расхода оросительной воды при возделывании картофеля в Нижнем Поволжье. *Земледелие*. 2023. № 5. С. 7-11.
9. Старовойтов В. И. и др. Технология возделывания картофеля с использованием влагосберегающих полимеров. М.: ФГБНУ ВНИИКС, 2014. 27 с.
10. Вдовина Т. А. и др. Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области. *Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География*. 2020. Т. 99. № 3. С. 29–35.
11. Семенов С. Я. и др. Динамика изменения агрохимического состава почвы при возделывании картофеля на орошении с использованием гидросорбентов. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 5 (77). С. 45-55.
12. Смирнова А. В., Хлопов А. А., Лыбенко Е. С. Агроэкологическая оценка монокультуры картофеля на торфяных почвах. *Картофель и овощи*. 2023. № 9. С. 25-29.
13. Сердеров В. К., Сердерова Д. В. Эффективность ресурсосберегающей технологии при испытании новых сортов и гибридов картофеля. *Орошаемое земледелие*. 2023. № 1 (40). С. 38-40.
14. Цепляев А. Н. Результаты экспериментальных исследований сошки сеялки для посева семян сои с гидросорбентом в орошении. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2024. № 1(73). С. 289-298.

References

1. Godunova E. I., Shapovalova N. N. Dynamics of Consequences of Different Doses of Hydrogel on the Yield of Cultivated Crops on Common Black Earths of the Central Ciscaucasia. *Agrochemical Bulletin*. 2022. № 4. Pp. 44-48.
2. Danilova T. N., Annabaeva A. V. Possibilities of Using Polymer Gels to Increase the Productivity of Agricultural Crops. Agrarian landscapes, their stability and features of development: conference materials. Krasnodar, 2020. Pp. 540-542.
3. Meshcheryakova E. G., et al. Efficiency of the use of humic-silicon ameliorant in technologies for the reclamation of degraded lands at agricultural facilities. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. № 1 (69). Pp. 587-594.
4. Bochamnikov V. S., Meshcheryakova E. G., Bochamnikova O. V. Influence of natural reclamation sorbents on organomineral properties of soil horizons. *Innovative technologies in the agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the International Scientific and Practical Conference*. Volgograd, 2021. Pp. 37-43.
5. Tseplyaev A. N. Resource-saving technologies and means in the cultivation of agricultural crops with enriched hydrogel on bogar and in irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. № 5 (77). Pp. 360-369.
6. Shakhmalieva S. M. Strongly swelling polymer hydrogels for managing the water supply of agricultural crops. Land reclamation and water management as the basis of food and environmental safety: materials of the Jubilee International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the formation of VNIIGiM named after A. N. Kostyakov. 2024. Pp. 214-220.
7. Tseplyaev A. N., Semenenko S. Ya., Kupriyanov A. A. Comprehensive Solution to the Problem of Resource Saving in Growing Potatoes on Irrigation Using Hydrosorbents. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2024. V. 14. № 3. Pp. 31-45.
8. Vasilyuk D. I. et al. Ways to reduce irrigation water consumption in potato cultivation in the Lower Volga region. *Agriculture*. 2023. № 5. Pp. 7-11.
9. Starovoytov V. I., et al. Technology of potato cultivation using moisture-saving polymers. Moscow, VNIKH Publ., 2014. 27 p.
10. Vdovina T. A. et al. Study of water-physical properties of soil with the use of hydrogel in the Kurchum district of the East Kazakhstan region. *Bulletin of Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography*. 2020. V. 99. № 3. Pp. 29-35.

11. Semenenko S. Y., et al. Dynamics of changes in the agrochemical composition of soil during the cultivation of potatoes on irrigation using hydrosorbents. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. № 5 (77). Pp. 45-55.
12. Smirnova A. V., Khlopov A. A., Lybenko E. S. Agroecological assessment of potato monoculture on peat soils. *Potatoes and vegetables*. 2023. № 9. Pp. 25-29.
13. Serderov V. K., Serderova D. V. Efficacy of resource-saving technology in testing new varieties and hybrids of potatoes. *Irrigated agriculture*. 2023. № 1 (40). Pp. 38-40.
14. Tseplyaev A. N. Results of Experimental Studies of the Seeder Coulter for Sowing Soybean Seeds with Hydrosorbent in Irrigation. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2024. № 1 (73). Pp. 289-298.

Информация об авторах

Новиков Андрей Евгеньевич, доктор технических наук, член-корреспондент РАН, директор, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID: <https://org/0000-0002-8051-4786>, e-mail: ae_novikov@mail.ru

Цепляев Виталий Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: volgau@volgau.com

Семененко Сергей Яковлевич, главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID ID: 0000-0001-5992-8127, e-mail: semenenkossy.vniioz@yandex.ru

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), orcid.org/0000-0003-1454-5784, e-mail: can_volgau@mail.ru

Author's Information

Novikov Andrey Evgenyevich, Doctor of Engineering Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://org/0000-0002-8051-4786>, e-mail: ae_novikov@mail.ru

Semenenko Sergey Yakovlevich, Chief Scientific Officer, Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID ID: 0000-0001-5992-8127, e-mail: semenenkossy.vniioz@yandex.ru

Tseplyaev Vitaly Alekseevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Rector, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com

Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), orcid.org/0000-0003-1454-5784, e-mail: can_volgau@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-02

THE WAYS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF WHEAT GRAIN PROCESSING (REVIEW)^{1,2}Pakhomov V. I., ^{1,2}Braginets S. V., ¹Bakhchevnikov O. N.¹*Agricultural Research Centre Donskoy
Zernograd, Rostov Region, Russian Federation*²*Don State Technical University
Rostov-on-Don, Russian Federation*Corresponding author: oleg-b@list.ru

Received 02.12.2024

Submitted 24.01.2025

*The research was carried out as part of the implementation of state project, financed by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation***Summary**

The article presents the results of a review of ways to improve the efficiency of wheat grain processing. The innovations and process improvement strategies presented in the review will improve the efficiency of grain processing.

Abstract

Introduction. Scientific research and development work in the field of grain processing has been intensified in Russia recently. But grain enterprises with insufficiently effective equipment are an obstacle to improve the efficiency of processing. **Object.** The object of the research was the technological process of wheat grain processing. **Materials and methods.** Search of scientific literature by keywords for 2014-2024, its selection, synthesis of data and their analysis were performed. **Results.** The introduction of early harvesting of wheat grain by stripping method will increase its protein content, improving baking qualities, and increase gluten yield, while reducing its cost. Innovations and strategies for improving the technological process have been identified that will increase the efficiency of grain processing in Russia. Application of combination of hot air and microwave radiation is the most effective for grain drying. Preliminary ozonation of grain is a promising direction of intensification of its drying. Progress in the field of grain cleaning consists in application of optical separators. Duration of grain tempering can be reduced by applying hot water or steam

treatment, intensive stirring, vacuuming. Automatic adaptive change of process parameters, in particular the gap between rollers, is a way to improve grain milling. **Conclusions.** Presented in this review innovations and strategies for improving the technological process will increase the efficiency of grain processing. For this purpose it is necessary to expand the scope of development work on creation of innovative domestic import-substituting equipment for grain processing.

Keywords: wheat grain, grain processing, harvesting, grain drying, grain cleaning, grain grinding, early stages of wheat ripeness, protein, gluten.

Citation. Pakhomov V. I., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N. The ways to improve the efficiency of wheat grain processing (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 21-32 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-02.

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

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

УДК 664.7:664.723:664.73+664.236

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦЫ (ОБЗОР)

^{1,2}Пахомов В. И., член-корреспондент РАН, доктор технических наук

^{1,2}Брагинец С. В., доктор технических наук, ведущий научный сотрудник

¹Бахчевников О. Н., кандидат технических наук, старший научный сотрудник

¹Аграрный научный центр «Донской»

Ростовская обл., г. Зерноград, Российская Федерация

²Донской государственный технический университет

г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания финансируемого Министерством науки и высшего образования Российской Федерации

Актуальность. В последнее время в России активизированы научные исследования и опытно-конструкторские работы в области переработки зерна. Но препятствием для повышения эффективности переработки зерна является оснащение предприятий недостаточно эффективным оборудованием. **Объект.** Объектом исследования являлся технологический процесс переработки зерна пшеницы. **Материалы и методы.** Выполнен поиск научной литературы по ключевым словам за 2014-2024 гг., ее отбор, синтез данных и их анализ. **Результаты и обсуждение.** Внедрение ранней уборки зерна пшеницы способом очеса позволит увеличить содержание в нем протеина, повысить хлебопекарные качества, и увеличить выход глютена, снизив при этом его себестоимость. Выявлены инновации и стратегии совершенствования технологического процесса, которые позволят повысить эффективность переработки зерна в России. Наиболее эффективным является применение для сушки зерна комбинации действия горячего воздуха и СВЧ-излучения. Перспективным направлением интенсификации сушки зерна является его предварительное озонирование. Прогресс в области очистки зерна связан с применением оптических сепараторов. Длительность отволаживания зерна возможно сократить, применяя обработку горячей водой или паром, интенсивное перемешивание, вакуумирование. Путем совершенствования измельчения зерна является автоматическое адаптивное изменение параметров процесса, в частности зазора между вальцами. **Выводы.** Представленные в данном обзоре инновации и стратегии совершенствования технологического процесса позволяют повысить эффективность переработки зерна. Для этого необходимо расширить объем опытно-конструкторских работ по созданию инновационного отечественного импортозамещающего оборудования для переработки зерна.

Ключевые слова: зерно пшеницы, переработка зерна, уборка очесом, сушка зерна, очистка зерна, измельчение зерна, ранние фазы спелости пшеницы, протеин, глютен.

Цитирование. Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н. Пути повышения эффективности переработки зерна пшеницы (обзор). *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 21-32.. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-02.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В последнее время в России активизированы научные исследования и опытно-конструкторские работы в области переработки зерна колосовых культур [1]. Это было обусловлено действующими и потенциальными внешними санкциями, которые привели к сокращению импорта продуктов глубокой переработки зерна и оборудования для его осуществления, а также росту их стоимости [2, 3].

Как известно, основными первичными продуктами глубокой переработки зерна являются глютен (сухая клейковина) и крахмал. Но если российский рынок крахмала близок к насыщению, то производство клейковины может быть увеличено с учетом ее экспортного потенциала и более высокой стоимости [4]. Но препятствием для роста выпуска глютена является его низкое содержание в выращенном в России зерне. Так, из урожая мягкой пшеницы 2023 г. 25% приходится на зерно 5 класса (менее 18% клейковины и 10% белка), а 48,5% отнесено к 4 классу (18% клейковины и 10% белка) [5]. К 3 классу (23% клейковины и 12% белка) отнесено еще 26% зерна, тогда как к самым качественным 1 и 2 классам – всего 0,1% !

Такое низкое содержание клейковины в отечественном зерне вызывает необходимость ее добавления к муке для улучшения свойств теста и качества хлеба, создавая устойчивый спрос на сухой глютен [6]. Но это же осложняет его производство из имеющегося в наличии зерна, увеличивая требуемое количество исходного сырья и повышая себестоимость конечного продукта [7].

В качестве средства повышения содержания клейковины и, соответственно, белка в зерне в отечественной научной литературе обычно предлагается увеличение дозы внесения минеральных удобрений [8], что ввиду их высокой стоимости не является приемлемым решением. Поэтому необходимо найти другие возможные пути увеличения производства глютена из имеющегося зернового сырья.

Также препятствием на пути повышения эффективности переработки зерна в нашей стране является оснащение отечественных предприятий недостаточно эффективным оборудованием [9, 10]. Поэтому необходимо изучить технические инновации для улучшения предварительных технологических операций переработки зерна, а именно его кондиционирования, сушки и измельчения, как играющих важную роль в эффективности последующего производства продуктов глубокой переработки, включая глютен [11, 12, 13].

Учитывая важное значение отрасли переработки зерна для продовольственной безопасности страны, особую роль играет выявление основных перспективных направлений ее научно-технологического развития для составления прогноза долгосрочных тенденций и разработки ответов на существующие и возможные угрозы и вызовы.

Все вышеизложенное определило необходимость выполнения обзора и анализа возможных способов повышения эффективности глубокой переработки зерна колосовых культур, особенно мягкой пшеницы, в том числе увеличения производства клейковины.

Цель исследования – определить пути повышения эффективности переработки зерна пшеницы, в том числе увеличения производства глютена.

Методика. Работа над настоящим обзором включала в себя нижеследующие этапы: поиск научной литературы, ее отбор, систематизация научных данных, их обобщение и анализ.

Отбор и систематический обзор научных статей по изучаемой теме был осуществлен по методике M. D. Peters [14] и W. Mengist [15]. Для отбора научных статей (оригинальные статьи и обзоры) был выполнен поиск по ключевым словам и их сочетаниям на русском и английском языках в научных библиографических базах «eLIBRARY», «Google Scholar», «Springer Link», MDPI и «ScienceDirect». Поиск выполнен по следующим типам научных публикаций: Article (статья в журнале), Review и Overview (обзор), Conference Paper (статья в сборнике конференции), Chapter (глава). При отборе статей для данного обзора приоритет был отдан публикациям с наибольшим числом цитирований (кроме недавно опубликованных статей).

В выбранных статьях были просмотрены приставные списки литературы для обнаружения дополнительных релевантных источников информации.

В качестве временных рамок для рассматриваемых в данном обзоре статей был принят период 2014–2024 гг. Научные статьи, опубликованные ранее 2014 г., были включены в настоящий обзор в случаях, когда отсутствовали более новые публикации по конкретным аспектам рассматриваемой темы.

Результаты. Уборка зерна в ранние фазы спелости. Существует возможность получения зерна пшеницы с более высоким, чем обычно, содержанием протеина без изменения технологии выращивания и увеличения доз вносимых удобрений. Эта возможность заключается в уборке зерна не после достижения им полной спелости, а в более ранние фазы созревания [16]. Ведь известно, что самое высокое содержание протеина в зерне пшеницы приходится на фазу восковой, а не полной спелости [17]. Соответственно, при переработке такого зерна может быть получено большее количество глютена.

До последнего времени препятствием для уборки зерна ранней спелости являлась высокая влажность как самого зерна, так и соломы, что значительно затрудняло его уборку традиционными жатками и дальнейший обмолот [18]. Возможность уборки влажного зерна дает использование новой технологии очеса, при реализации которой зерно «счесывается» со стеблей и поступает в молотильную камеру почти без соломы [19, 20].

Результаты исследований российских ученых последнего времени показывают хорошие результаты по повышению содержания протеина в зерне мягкой пшеницы при ранней уборке очесом. По данным О. Н. Бахчевникова и соавторов, содержание протеина в зерне пшеницы, убранном в фазе середины восковой спелости, составляло 14,86% (1 класс), тогда как при полной спелости лишь 12,66% (3 класс), что означает итоговое увеличение количества белка в собранном зерне на 17,4% (рисунок 1) [21].

По данным Д. В. Рудого, максимальное содержание белка 13% наблюдалось в зерне пшеницы твердой восковой спелости, тогда как при полной спелости оно снижалось до 12% [17]. Ю. Ф. Лачуга и соавторы также установили, что наибольшее содержание протеина 13-13,5% имеет зерно пшеницы в фазе твердой восковой спелости, что превышает его содержание относительно содержания в зерне полной спелости на 8-10% [22].

Таким образом, за счет более ранней уборки зерна пшеницы способом очеса возможно значительное увеличение содержания в нем протеина и, соответственно, повышение хлебопекарных качеств и увеличение выхода клейковины.

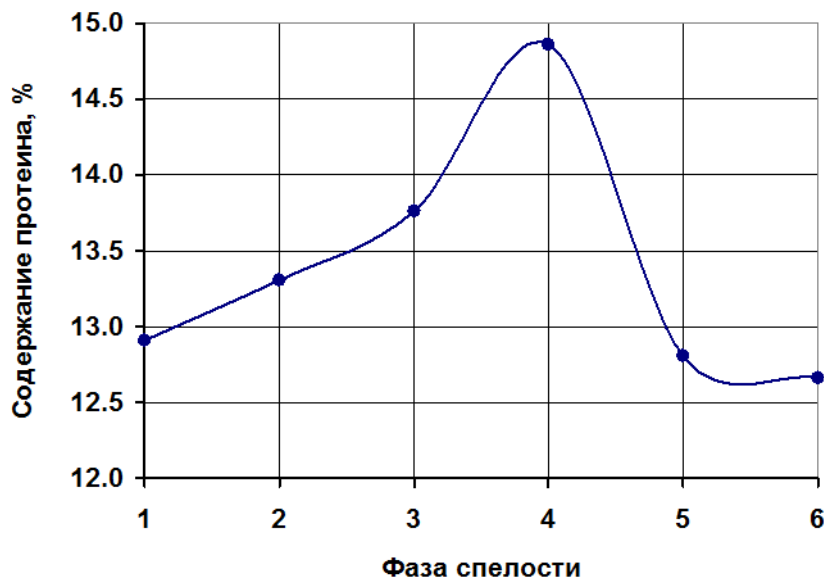


Рисунок 1 – Динамика содержания протеина в зерне озимой пшеницы в процессе созревания:

- 1 – молочная спелость, 2 – тестообразная спелость, 3 – начало восковой спелости,
4 – середина восковой спелости, 5 – конец восковой спелости, 6 – полная спелость [21]
Figure 1 – Dynamics of protein content in winter wheat grain in the process of ripening:
1 – milk ripeness, 2 – pasty ripeness, 3 – beginning of waxy ripeness, 4 – middle of waxy ripeness,
5 – end of waxy ripeness, 6 – full ripeness [21]

Сушка зерна. Влажность зерна пшеницы, убранного в фазы начала и середины восковой спелости, составляет 30-40%, что значительно выше кондиционной 13-14%. Поэтому сушка является важной технологической операцией при переработке влажного зерна ранней спелости.

Процесс сушки существенно влияет на качество зерна и оказывает значительное влияние на производительность операций его измельчения [13, 23]. На сушку зерна приходится значительная часть (от 27 до 70%) энергопотребления при переработке на промышленных предприятиях [24]. Поэтому энергоэффективность процесса сушки имеет решающее значение для зерноперерабатывающей промышленности [13].

В настоящее время в зерноперерабатывающей промышленности России доминирует конвективная сушка зерна, отличающаяся высокой энергоемкостью. Многие исследователи считают, что в настоящее время исчерпаны возможности дальнейшего совершенствования этого способа сушки в направлении снижения потребления энергии [13, 25]. По этой причине в последние годы активно ведутся исследования комбинированных способов сушки зерна, т.е. конвективная сушка + дополнительный способ воздействия [26]. К дополнительным способам воздействия на зерно относятся использование СВЧ-излучения, вакуума, ультразвука, инфракрасного излучения, влагопоглотителя, перегретого пара и др. [13]. Кроме того, активно изучаются способы интенсификации сушки, такие как сушка в кипящем слое.

Важным аспектом повышения эффективности сушки зерна является уменьшение ее продолжительности и температуры воздействия для предотвращения разрушения питательных веществ, в том числе протеина [27].

В результате исследований было показано, что использование комбинированной конвективной сушки зерна нагретым воздухом с дополнительным способом воздействия сокращает продолжительность сушки и уменьшает потребление энергии [28].

Было установлено, что из дополнительных способов сушки наиболее эффективным в комбинации с действием горячего воздуха является применение обработки зерна СВЧ-излучением (рис. 2), в том числе в вакуумной камере [29, 30].

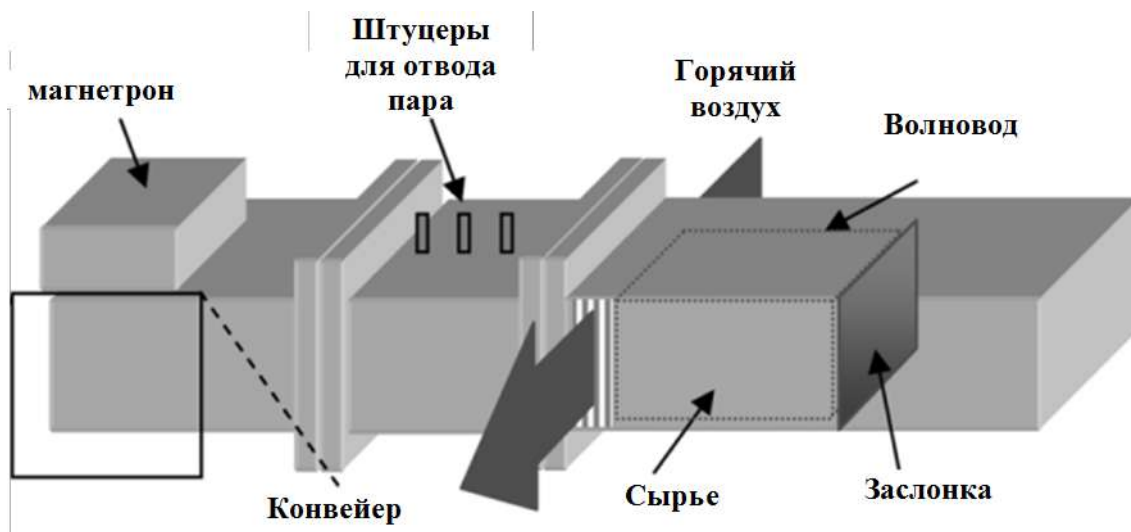


Рисунок 2 – Схема установки для комбинированной (конвективная + СВЧ) сушки [30]
Figure 2 – Schematic diagram of apparatus for combined (convection + microwave) drying [30]

Под действием СВЧ-излучения содержащаяся в зернах вода нагревается и закипает, превращаясь в водяной пар, который выходит из зерновки. Если этот процесс происходит в вакуумной камере, то температура кипения воды значительно снижается, благодаря чему процесс сушки зерна происходит при более низкой температуре без деградации содержащихся в нем протеина и витаминов [31]. После испарения поток горячего воздуха удаляет влагу из сушильной установки.

Такая технология обеспечивает сокращение продолжительности сушки и затрат энергии, а также значительно снижает температуру нагрева зерна в процессе обработки, способствуя сохранности протеина [13, 27]. Однако эти результаты были получены в лабораторных условиях. Поэтому для применения этой технологии в промышленных масштабах необходимо выполнить дополнительные исследования и конструкторские работы по ее масштабированию.

Новым направлением для интенсификации сушки зерна является его предварительное озонирование. И. В. Баскаков установил, что газообразный озон вызывает повышение проницаемости клеточных мембран зерновки и ослабляет связь влаги с органическими веществами внутри зерна, облегчая процесс выхода воды на поверхность зерновки, благодаря чему процесс сушки интенсифицируется [32]. В результате экспериментов он установил, что предварительное озонирование (концентрация газообразного озона 5-15 мг/м³) влажного зерна в буферной емкости перед зерносушилкой позволяет увеличить скорость сушки в 1,51-1,84 раза [33]. При этом действие озона не оказывает влияния на содержание белка и витаминов в зерне [34].

Следует отметить, что процесс сушки зерна продолжает оставаться самым энергоемким в технологическом процессе его переработки. Поэтому следует исследовать возможность использования отработанной энергии, выходящей из установки для сушки зерна, для других целей, таких как преобразование в электрическую энергию для снижения стоимости обработки.

Подготовка зерна к помолу. Очистка зерна – важный этап, предшествующий процессу его помола. Эффективность процесса очистки зерна пшеницы может оказать значительное влияние на качество и выход конечного продукта [35]. По мере развития технологий появились машины, сочетающие различные принципы очистки зерна, такие как просеивание, разделение по плотности и аспирация [12]. Последние инновации в этой области позволили эффективно просеивать и сортировать зерно по размеру, удаляя при этом примеси [36]. Но возможности серьезного усовершенствования этих технологических операций уже практически исчерпаны.

В последние годы прогресс в очистке зерна пшеницы связан с использованием машин для сортировки по цвету (фотосепараторов) [12, 37]. Современные сортировальные машины используют цифровые камеры для проверки зерен на основе различий в их цвете и удаления примесей с помощью сжатого воздуха. Эта технология вначале нашла широкое применение в переработке риса, а в последние годы начато ее использование для сортировки и очистки пшеницы [12, 36]. В процессе очистки зерна пшеницы цветковые (оптические) сортировщики используются для выявления и удаления различных примесей, таких как спорынья, черная верхушка, фузариоз, подгоревшие зерна, обесцвеченные зерна и др. [38]. Эти машины отличаются компактностью и низкой энергоемкостью. В целом машины для сортировки по цвету зарекомендовали себя как эффективные и действенные инструменты для улучшения процесса очистки зерна пшеницы и других зерновых культур (рисунок 3).



Рисунок 3 – Размещение оптического сортировщика в технологической линии переработки зерна
(источник <https://agro-centre.ru/>)

Figure 3 – Placement of optical sorter in the grain processing manufacturing line
(source <https://agro-centre.ru/>)

Цветовая (оптическая) сортировка зерна стала зрелой и надежной технологией, которую следует рассматривать для использования на любом современном перерабатывающем предприятии.

Для зерна, убранного в фазу полной спелости и имеющего низкую влажность (14% и менее), важным этапом подготовки к помолу является его кондиционирование (отволаживание), т.е. процесс увеличения содержания влаги в среднем до 14,5-17,0% для повышения эффективности извлечения муки [12, 39]. Этот этап необходим для достижения оптимальной текстуры зерна пшеницы для помола [40]. Отволаживание способствует отделению отрубей от эндосперма и позволяет получить муку с достаточным содержанием влаги [40].

Процесс кондиционирования зерна включает добавление воды в емкости с ним, и выдерживание до достижения нужной влажности. Последние исследования показали, что длительность отволаживания оказывает значительное влияние на качество пшеничной муки и свойства хлеба [41]. Для получения высококачественной муки и, следовательно, качественного хлеба, пшеничное зерно необходимо отволаживать в течение 12-24 часов [40], что значительно увеличивает длительность технологического цикла переработки зерна.

Но длительность отволаживания возможно сократить, применяя различные способы, такие как предварительное шелушение [12], обработка горячей водой или паром [42], использование оборудования для интенсивного перемешивания зерна и воды [43], вакуумная пропитка [44], действие ультразвука [45] (рисунок 4).



Рисунок 4 – Перспективные способы сокращения длительности отволаживания зерна

Figure 4 – Promising ways to reduce the duration of grain tempering

Y. X. Chen et al. установили, что использование пара для кондиционирования пшеницы перед помолом привело к ускоренному распределению воды внутри зерна и значительному сокращению длительности отволаживания. Кроме того, действие пара привело к агрегации белков и частичной желатинизации крахмала, что улучшило качество муки [42]. Также установлено, что обработка паром не оказывает негативного влияния на крахмал и компоненты клейковины [46].

Новейшими технологиями, позволяющими сократить время кондиционирования зерна и повысить качество муки, являются дополнительная обработка ультразвуком в процессе отволаживания [45] и вакуумирование [44].

Y. Yüksel и A. Elgün установили, что отволаживание с дополнительным действием ультразвука увеличивало скорость диффузии воды в центр зерновки. Индекс клейковины муки, полученной классическим способом, составил 87,17%, тогда как после отволаживания с действием ультразвука – 93,33% [45]. Но эта новая технология все еще изучается на лабораторном уровне, а промышленное внедрение требует ее усовершенствования.

Вакуумная пропитка сухих материалов жидкостями – это хорошо известный в пищевой и комбикормовой промышленности процесс. Но в начальных стадиях переработки зерна он пока не нашел применения из-за высокой себестоимости этой операции. L. Rydzak et al. установили, что вакуумная пропитка зерна водой значительно ускоряет процесс отволаживания, не изменяя гранулометрический состав получаемой муки [44].

Ускорить процесс отволаживания зерна позволяет использование высокоскоростных мешалок [12, 43]. Быстрое перемешивание зерен при добавлении воды обеспечивает ее равномерное распределение по каждой зерновке. Кроме того, интенсивное перемешивание снижает поверхностное натяжение воды, способствуя более быстрому ее проникновению внутрь зерновки [43].

Измельчение зерна. В настоящее время преобладающим способом измельчения зерна для производства муки и дальнейшей глубокой переработки является вальцовый помол [11].

Этот метод стал преобладающим в современной переработке зерна благодаря своей эффективности, постоянству и способности производить высококачественную муку в больших масштабах [47]. Техническое достижение последних лет – это автоматизированная система регулировки зазора между вальцами [48]. Эта система играет важнейшую роль в облегчении дистанционного управления процессом помола, позволяя беспрепятственно регулировать зазор между валками при переходе от одного сорта муки к другому. Еще одна стратегия улучшения вальцового помола заключается в разработке и совершенствовании автоматических адаптивных мельничных установок [49]. В частности, для крупных промышленных предприятий необходима разработка и использование программируемых логических контроллеров, блоков автоматизации и адаптивных машин, способных изменять в каждом конкретном случае одновременно несколько параметров, таких как: количество воды на стадии кондиционирования, скорость подачи зерна, расстояние между вальцами и другие важные параметры помола, что может привести к повышению производительности, улучшению качества муки и крупы, снижению энергопотребления [12]. Современные вальцовые мельницы должны быть оснащены датчиками, позволяющими измерять параметры процесса помола. Вместе с данными о скорости потока сырья это обеспечивает поддержание стабильной производительности помола, что приведет к производству конечных продуктов переработки зерна высокого качества [50].

Выводы. Представленные в данном обзоре инновации и стратегии совершенствования технологического процесса позволяют повысить эффективность переработки зерна. Но для этого необходимо провести научные исследования в указанных в обзоре направлениях в области сушки зерна, его подготовки к помолу и измельчения. Необходимо расширить объем опытно-конструкторских работ по созданию инновационного отечественного импортозамещающего оборудования для переработки зерна.

Внедрение ранней уборки зерна пшеницы способом очеса позволит увеличить содержание в нем протеина и, соответственно, повысить хлебопекарные качества и увеличить выход глютена, снизив при этом его себестоимость, без изменения технологии выращивания зерновых культур и увеличения доз вносимых удобрений.

Выявленные направления повышения эффективности переработки зерна пшеницы имеют особую важность для научно-технологического развития этой отрасли промышленности в России в качестве основы для прогноза долгосрочных тенденций и разработки ответов на возможные вызовы и угрозы.

Conclusions. Presented in this review innovations and strategies to improve the technological process will increase the efficiency of grain processing. But for this purpose it is necessary to conduct scientific research in the directions indicated in the review in the field of grain drying, preparation for milling and milling. It is necessary to expand the scope of experimental and design work to create innovative domestic import-substituting equipment for grain processing. Introduction of early harvesting of wheat grain by stripping method will allow to increase its protein content and, accordingly, to improve baking qualities and increase gluten yield, while reducing its cost price, without changing the cultivation technology and increasing the doses of fertilizers. The identified directions for improving the efficiency of wheat grain processing are of particular importance for the scientific and technological development of this industry in Russia as a basis for forecasting long-term trends and developing responses to possible challenges and threats.

Библиографический список

1. Андреев Н. Р., Гольдштейн В. Г., Носовская Л. П., Адикаева Л. В., Дегтярев В. А. Перспективы развития глубокой переработки зерна. Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 11. С. 98-103.
2. Бундина О. И. Моделирование кластеров зерновой направленности по традиционной и глубокой переработке зерна. Пищевая промышленность. 2024. № 5. С. 29-32.
3. Сердюкова Л. О., Колотырин К. П., Ребров А. А. Перспективы развития проектов по глубокой переработке зерна (на примере Саратовской области). Инновационная деятельность. 2023. № 4. С. 33-45.

4. Сидак М. В. Развитие глубокой переработки зерна в России: от простого крахмала к продуктам с высокой добавленной стоимостью. Хлебопродукты. 2022. № 2. С. 18-23.
5. Фоменко М. А., Олейникова Т. А., Бабровская Е. А., Бирюкова О. В. Варьирование признаков качества зерна озимой пшеницы в степной зоне Ростовской области. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 3. С. 4-10.
6. Hu X., Cheng L., Hong Y., Li Z., Li C., Gu Z. An extensive review: How starch and gluten impact dough machinability and resultant bread qualities. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2023. V. 63. No 13. Pp. 1930-1941.
7. Gasparre N., Rosell C. M. Wheat gluten: A functional protein still challenging to replace in gluten free cereal based foods. *Cereal Chemistry*. 2023. V. 100. No 2. Pp. 243-255.
8. Мударисов Ф. А., Костин В. И., Садыгова М. К., Миначева Э. Ш. Влияние серосодержащих азотных удобрений на качество белка зерна озимой пшеницы. Сахарная свекла. 2020. № 2. С. 38-42.
9. Анисимов А. В. Перспективы глубокой переработки зерна на малых предприятиях. Аграрный научный журнал. 2019. № 2. С. 61-65.
10. Петриченко В., Ксенчук Е. Предприятия по глубокой переработке зерна теряют более 1000000 рублей каждую неделю ещё на этапе размола зерна. Хлебопродукты. 2023. № 11. С. 50-53.
11. Cappelli A., Cini E. Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: A systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. *Sustainability*. 2021. V. 13. No 5. P. 2608.
12. Dzik D. The latest innovations in wheat flour milling: A review. *Agricultural Engineering*. 2023. V. 27. No 1. Pp. 147-162.
13. Jimoh K. A., Hashim N., Shamsudin R., Man H. C., Jahari M., Onwude D. I. Recent advances in the drying process of grains. *Food Engineering Reviews*. 2023. V. 15. No 3. Pp. 548-576.
14. Peters M. D., Marnie C., Colquhoun H., Garrity C. M., Hempel S., Horsley T., Tricco A. C. Scoping reviews: reinforcing and advancing the methodology and application. *Systematic reviews*. 2021. V. 10. Pp. 263.
15. Mengist W., Soromessa T., Legese G. Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*. 2020. V. 7. P. 100777.
16. Alt D. S., Paul P. A., Lindsey A. J., Lindsey L. E. Early wheat harvest influenced grain quality and profit but not yield. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2019. V. 5. No 1. Pp. 1-6.
17. Рудой Д. В. Исследование питательной ценности зерна на разных стадиях спелости. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 190. С. 128-136.
18. Чемоданов С. И., Патрин П. А., Патрин В. А., Сабашкин В. А. Результаты очеса высоковлажной растительной массы пшеницы. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2019. Т. 49. № 6. С. 96-103.
19. Buryanov A., Chervyakov I. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies. *INMATEH-Agricultural Engineering*. 2019. V. 58. No 3. Pp. 27-32.
20. Даманский Р. В., Чекусов М. С., Кем А. А., Михальцов Е. М., Шмидт А. Н. Оценка технологии уборки зерновых культур методом очеса на корню. Вестник Омского государственного аграрного университета. 2023. № 1. С. 145-151.
21. Бахчевников О. Н., Брагинец С. В., Кравченко Н. С., Пахомов В. И. Колосья зерновых культур ранних фаз спелости как источник повышения питательной ценности кормов для рыб. *Известия НВ АУК*. 2024. № 2. С. 230-240.
22. Лачуга Ю. Ф., Месхи Б. Ч., Пахомов В. И., Рудой Д. В., Камбулов С. И., Мальцева Т. А. Исследование изменения аминокислотного состава зерновых колосовых культур в процессе созревания. Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 4. С. 508-523.
23. Hassoon W. H., Dzik D., Miś A., Biernacka B. Wheat grinding process with low moisture content: A new approach for wholemeal flour production. *Processes*. 2021. V. 9. No 1. P. 32.
24. Dai A., Zhou X., Liu X., Liu J., Zhang C. Intelligent control of a grain drying system using a GA-SVM-IMPC controller. *Drying Technology*. 2018. V. 36. No 12. Pp. 1413-1435.
25. Menon A., Stojceska V., Tassou S. A. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. V. 100. Pp. 67-76.
26. Hii C. L., Ong S. P., Yap J. Y., Putranto A., Mangindaan D. Hybrid drying of food and bioproducts: A review. *Drying Technology*. 2021. V. 39. No 11. Pp. 1554-1576.
27. Алтухова Т. А., Алтухов С. В., Шуханов С. Н. Обзор и анализ способов сушки зерна. *Известия Международной академии аграрного образования*. 2024. № 70. С. 14-18.
28. Kumar C., Karim M. A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. V. 59. No 3. Pp. 379-394.
29. Vasilyev A. A., Vasilyev A. N., Budnikov D., Tikhomirov D. Studying the Influence of Moisture Content in Grain on the Efficiency of the Microwave Field Transfer into a Grain Layer with the Use of a Computer Model. *Applied Sciences*. 2024. V. 14. No 5. P. 1772.
30. Loredana M., Lamberti G., Barba A. A., Raaholt B., Holtz E., Ahrné L. Combined convective and microwave assisted drying: Experiments and modeling. *Journal of Food Engineering*. 2012. V. 112. No 4. Pp. 304-312.
31. Zielinska M., Ropelewska E., Xiao H. W., Mujumdar A. S., Law C. L. Review of recent applications and research progress in hybrid and combined microwave-assisted drying of food products: Quality properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. V. 60. No 13. Pp. 2212-2264.
32. Баскаков И. В. Интенсификация процесса сушки зерна озоновоздушной смесью. *Food Metaengineering*. 2023. Т. 1. № 3. С. 21-32.

33. Баскаков И. В., Оробинский В. И., Химченков А. В., Кирмасов В. Ю., Чернова О. В. Целесообразность применения предварительного озонирования влажного зерна перед сушкой. Наука в Центральной России. 2024. Т. 70. № 4. С. 114-126.
34. Sivaranjani S., Prasath V. A., Pandiselvam R., Kothakota A., Khaneghah A. M. Recent advances in applications of ozone in the cereal industry. LWT. 2021. V. 146. P. 111412.
35. Krzysiak Z., Samociuk W., Skic A., Bartnik G., Zarajczyk J., Szmigielski M., Dzikowski D., Wierzbicki S., Krzywonos L. Effect of sieve drum inclination angle on wheat grain cleaning in a novel rotary cleaning device. Transactions of the ASABE. 2017. V. 60. No 5. Pp. 1751-1758.
36. Sarkar A., Fu B. X. Impact of quality improvement and milling innovations on durum wheat and end products. Foods. 2022. V. 11. No 12. P. 1796.
37. Inamdar A. A., Suresh D. S. Application of color sorter in wheat milling. International Food Research Journal. 2014. V. 21. No 6. Pp. 2083-2089.
38. Carmack W. J., Clark A. J., Lyerly H. J., Dong Y., Brown-Guedira G., Van Sanford D. A. Optical sorter-augmented genomic selection lowers deoxynivalenol accumulation in wheat. Crop Science. 2021. V. 61. No 5. Pp. 3254-3263.
39. Gruppi A., Garrido G. D., Dordoni R., De Faveri D. M., Spigno G. Enzymatic wheat conditioning. Chemical Engineering Transactions. 2017. V. 57. Pp. 1777-1782.
40. Abo-Dief M., Abo-Bakr T., Youssef M., Moustafa A. Quality of wheat flour and pan bread as influenced by the tempering time and milling system. Cereal Chemistry. 2019. V. 96. No 3. Pp. 429-438.
41. Suprabha Raj A., Boyacioglu M. H., Dogan H., Siliveru K. Investigating the contribution of blending on the dough rheology of roller-milled hard red wheat. Foods. 2023. V. 12. No 10. P. 2078.
42. Chen Y. X., Guo X. N., Xing J. J., Zhu K. X. Effects of tempering with steam on the water distribution of wheat grains and quality properties of wheat flour. Food Chemistry. 2020. V. 323. No 9. P. 126842.
43. Abo-Dief M., Abo-Bakr T., Youssef M., Moustafa A. Physicochemical and rheological properties of Australian and Russian wheat flour mill streams. Cereal Chemistry. 2022. V. 99. No 2. Pp. 421-431.
44. Rydzak L., Sagan A., Andrejko D., Starek A., Ślaska-Grzywna B., Blicharz-Kania A., Kobus Z., Natoniowski M. Changes in particle size distribution of bran and flour obtained from vacuum impregnated and infrared heated wheat grain. Food and Bioprocess Technology. 2017. V. 10. No 11. Pp. 1997-2004.
45. Yüksel Y., Elgün A. Determination of the effect of high energy ultrasound application in tempering on flour quality of wheat. Ultrasonics Sonochemistry. 2020. V. 67. P. 105129.
46. Poudel R., Rose D. J. Changes in enzymatic activities and functionality of whole wheat flour due to steaming of wheat kernels. Food Chemistry. 2018. V. 263. Pp. 315-320.
47. Alfin F. Controlling wheat milling operation-break release. Miller Magazine. 2019. V. 13. No 115. Pp. 84-90.
48. Cappelli A., Mugnaini M., Cini E. Improving roller milling technology using the break, sizing, and reduction systems for flour differentiation. LWT – Food Science and Technology. 2020. V. 133. No 11. P. 110067.
49. Cappelli A., Oliva N., Cini E. Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. Trends in Food Science & Technology. 2020. V. 97. Pp. 147-155.
50. Carcea M., Narducci V., Turfani V., Finotti E. Stone milling versus roller milling in soft wheat (Part 2): influence on nutritional and technological quality of products. Foods. 2022. V. 11. No 3. P. 339.

References

1. Andreev N. R., Goldstein V. G., Nosovskaya L. P., Adikaeva L. V., Degtyarev V. A. Prospects for the development of deep grain processing. Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK. 2020. V. 34. No 11. Pp. 98-103.
2. Bundina O. I. Modeling of grain clusters in traditional and deep grain processing. Food Industry. 2024. No 5. Pp. 29-32.
3. Serdyukova L. O., Kolotyryn K. P., Rebrov A. A. Prospects for the development of projects on deep grain processing (based on the example of Saratov areas). Innovation Activity. 2023. No 4. Pp. 33-45.
4. Sedak M. V. Development of deep grain processing in Russia: from simple starch to high value-added products. Bakery. 2022. No 2. Pp. 18-23.
5. Fomenko M. A., Oleynikova T. A., Babrovskaya E. A., Biryukova O. V. Variation of winter wheat grain quality traits in the steppe zone of the Rostov region. Vestnik of the Russian Agricultural Sciences. 2024. No 3. Pp. 4-10.
6. Hu X., Cheng L., Hong Y., Li Z., Li C., Gu Z. An extensive review: How starch and gluten impact dough machinability and resultant bread qualities. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2023. V. 63. No 13. Pp. 1930-1941.
7. Gasparre N., Rosell C. M. Wheat gluten: A functional protein still challenging to replace in gluten free cereal based foods. Cereal Chemistry. 2023. V. 100. No 2. Pp. 243-255.
8. Mudarisov F. A., Kostin V. I., Sadygova M. K., Minacheva E. Sh. Влияние серосодержащих азотных удобрений на качество белка зерна озимой пшеницы. Sugar Beet. 2020. No 2. Pp. 38-42.
9. Anisimov A. V. Prospects of deep processing of grain on small enterprises. Agrarian Scientific Journal. 2019. No 2. Pp. 61-65.
10. Petrichenko V., Ksenchuk E. Deep grain processing enterprises lose more than 1000000 rubles every week at the stage of grain milling. Khleboproduct Magazine. 2023. No 11. Pp. 50-53.
11. Cappelli A., Cini E. Challenges and opportunities in wheat flour, pasta, bread, and bakery product production chains: A systematic review of innovations and improvement strategies to increase sustainability, productivity, and product quality. Sustainability. 2021. V. 13. No 5. Pp. 2608.
12. Dzikowski D. The latest innovations in wheat flour milling: A review. Agricultural Engineering. 2023. V. 27. No 1. Pp. 147-162.
13. Jimoh K. A., Hashim N., Shamsudin R., Man H. C., Jahari M., Onwude D. I. Recent advances in the drying process of grains. Food Engineering Reviews. 2023. V. 15. No 3. Pp. 548-576.
14. Peters M. D., Colquhoun H., Garrity C. M., Horsley T., Tricco A. C. Scoping reviews: reinforcing and advancing the methodology and application. Systematic reviews. 2021. V. 10. P. 263.

15. Mengist W., Soromessa T., Legese G. Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. *MethodsX*. 2020. V. 7. P. 100777.
16. Alt D. S., Paul P. A., Lindsey A. J., Lindsey L. E. Early wheat harvest influenced grain quality and profit but not yield. *Crop, Forage & Turfgrass Management*. 2019. V. 5. No 1. Pp. 1-6.
17. Rudoy D. V. Study of the nutritional value of grain at different stages of ripeness. *Scientific Journal of KubSAU*. 2023. No 190. Pp. 128-136.
18. Chemodanov S. I., Patrin P. A., Patrin V. A., Sabashkin V. A. The results of stripping high-moisture wheat plant mass. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2019. V. 49. No 6. Pp. 96-103.
19. Buryanov A., Chervyakov I. Using combines for cleaning grain crops by non-traditional technologies. *IN-MATEH-Agricultural Engineering*. 2019. V. 58. No 3. Pp. 27-32.
20. Damanskij R. V., Chekusov M. S., Kem A. A., Mikhailov E. M., Shmidt A. N. Evaluation of the technology of harvesting grain crops by the method of combing the standing crops. *Vestnik of Omsk SAU*. 2023. No 1. Pp. 145-151.
21. Bakhchevnikov O. N., Braginets S. V., Kravchenko N. S., Pakhomov V. I. Cereal crops ears of early ripening stages as a source of increasing the nutritive value of fish feeds. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2024. No 2. Pp. 230-240.
22. Lachuga Yu. F., Meskhi B. Ch., Pakhomov V. I., Rudoy D. V., Kambulov S. I., Maltseva T. A. Study of Changes in the Amino Acid Composition of Spiked Cereals during the Ripening Process. *Engineering Technologies and Systems*. 2023. V. 33. No 4. Pp. 508-523.
23. Hassoon W. H., Dziki D., Miś A., Biernacka B. Wheat grinding process with low moisture content: A new approach for wholemeal flour production. *Processes*. 2021. V. 9. No 1. P. 32.
24. Dai A., Zhou X., Liu X., Liu J., Zhang C. Intelligent control of a grain drying system using a GA-SVM-IMPC controller. *Drying Technology*. 2018. V. 36. No 12. Pp. 1413-1435.
25. Menon A., Stojceska V., Tassou S. A. A systematic review on the recent advances of the energy efficiency improvements in non-conventional food drying technologies. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. V. 100. Pp. 67-76.
26. Hii C. L., Ong S. P., Yap J. Y., Putranto A., Mangindaan D. Hybrid drying of food and bioproducts: A review. *Drying Technology*. 2021. V. 39. No 11. Pp. 1554-1576.
27. Altukhova T. A., Altukhov S. V., Shukhanov S. N. Review and analysis of grain drying methods. *International Journal of Agrarian Science and Education*. 2024. No 70. Pp. 14-18.
28. Kumar C., Karim M. A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2019. V. 59. No 3. Pp. 379-394.
29. Vasilyev A. A., Vasilyev A. N., Budnikov D., Tikhomirov D. Studying the Influence of Moisture Content in Grain on the Efficiency of the Microwave Field Transfer into a Grain Layer with the Use of a Computer Model. *Applied Sciences*. 2024. V. 14. No 5. P. 1772.
30. Loredana M., Lamberti G., Barba A. A., Raaholt B., Holtz E., Ahrné L. Combined convective and microwave assisted drying: Experiments and modeling. *Journal of Food Engineering*. 2012. V. 112. No 4. Pp. 304-312.
31. Zielinska M., Ropelewska E., Xiao H. W., Mujumdar A. S., Law C. L. Review of recent applications and research progress in hybrid and combined microwave-assisted drying of food products: Quality properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2020. V. 60. No 13. Pp. 2212-2264.
32. Baskakov I. V. Intensification of the Grain Drying Process with an Ozone-Air Mixture. *Food Metaengineering*. 2023. V. 1. No 3. Pp. 21-32.
33. Baskakov I., Orobinsky V., Khimchenkov A., Kirmasov V., Chernova O. Reducing irrigation water hardness by ozonation. *Science in the Central Russia*. 2024. V. 70. No 4. Pp. 114-126.
34. Sivaranjani S., Prasath V. A., Pandiselvam R., Kothakota A., Khaneghah A. M. Recent advances in applications of ozone in the cereal industry. *LWT*. 2021. V. 146. P. 111412.
35. Krzysiak Z., Samociuk W., Skic A., Bartnik G., Zarajczyk J., Szmigielski M., Dziki D., Wierzbicki S., Krzywonos L. Effect of sieve drum inclination angle on wheat grain cleaning in a novel rotary cleaning device. *Transactions of the ASABE*. 2017. V. 60. No 5. Pp. 1751-1758.
36. Sarkar A., Fu B. X. Impact of quality improvement and milling innovations on durum wheat and end products. *Foods*. 2022. V. 11. No 12. P. 1796.
37. Inamdar A. A., Suresh D. S. Application of color sorter in wheat milling. *International Food Research Journal*. 2014. V. 21. No 6. Pp. 2083-2089.
38. Carmack W. J., Clark A. J., Lysterly H. J., Dong Y., Brown-Guedira G., Van Sanford D. A. Optical sorter-augmented genomic selection lowers deoxynivalenol accumulation in wheat. *Crop Science*. 2021. V. 61. No 5. Pp. 3254-3263.
39. Gruppi A., Garrido G. D., Dordoni R., De Faveri D. M., Spigno G. Enzymatic wheat conditioning. *Chemical Engineering Transactions*. 2017. V. 57. Pp. 1777-1782.
40. Abo-Dief M., Abo-Bakr T., Youssef M., Moustafa A. Quality of wheat flour and pan bread as influenced by the tempering time and milling system. *Cereal Chemistry*. 2019. V. 96. No 3. Pp. 429-438.
41. Suprabha Raj A., Boyacioglu M. H., Dogan H., Siliveru K. Investigating the contribution of blending on the dough rheology of roller-milled hard red wheat. *Foods*. 2023. V. 12. No 10. P. 2078.
42. Chen Y. X., Guo X. N., Xing J. J., Zhu K. X. Effects of tempering with steam on the water distribution of wheat grains and quality properties of wheat flour. *Food Chemistry*. 2020. V. 323. No 9. P. 126842.
43. Abo-Dief M., Abo-Bakr T., Youssef M., Moustafa A. Physicochemical and rheological properties of Australian and Russian wheat flour mill streams. *Cereal Chemistry*. 2022. V. 99. No 2. Pp. 421-431.
44. Rydzak L., Sagan A., Andrejko D., Starek A., Ślaska-Grzywna B., Blicharz-Kania A., Kobus Z., Natoniowski M. Changes in particle size distribution of bran and flour obtained from vacuum impregnated and infrared heated wheat grain. *Food and Bioprocess Technology*. 2017. V. 10. No 11. Pp. 1997-2004.
45. Yüksel Y., Elgün A. Determination of the effect of high energy ultrasound application in tempering on flour quality of wheat. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. V. 67. P. 105129.

46. Poudel R., Rose D. J. Changes in enzymatic activities and functionality of whole wheat flour due to steaming of wheat kernels. *Food Chemistry*. 2018. V. 263. Pp. 315-320.
47. Alfin F. Controlling wheat milling operation-break release. *Miller Magazine*. 2019. V. 13. No 115. Pp. 84-90.
48. Cappelli A., Mugnaini M., Cini E. Improving roller milling technology using the break, sizing, and reduction systems for flour differentiation. *LWT – Food Science and Technology*. 2020. V. 133. No 11. P. 110067.
49. Cappelli A., Oliva N., Cini E. Stone milling versus roller milling: A systematic review of the effects on wheat flour quality, dough rheology, and bread characteristics. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. V. 97. Pp. 147-155.
50. Carcea M., Narducci V., Turfani V., Finotti E. Stone milling versus roller milling in soft wheat (Part 2): influence on nutritional and technological quality of products. *Foods*. 2022. V. 11. No 3. P. 339.

Информация об авторах

Пахомов Виктор Иванович, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, директор, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), профессор ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: 0000-0002-8715-0655, e-mail: vniptim@gmail.com

Брагинцев Сергей Валерьевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), доцент ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), ORCID: 0000-0001-7137-5692, e-mail: sbragincts@mail.ru

Бахчевников Олег Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, ул. Ленина, д. 14), ORCID: 0000-0002-3362-5627, e-mail: oleg-b@list.ru

Author's Information

Pakhomov Viktor Ivanovich, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Director, Agricultural Scientific Center Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), Professor, Don State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), ORCID: 0000-0002-8715-0655, e-mail: vniptim@gmail.com

Bragincts Sergey Valereyovich, Doctor of Engineering Sciences, Leader Researcher, Agricultural Scientific Centre Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), Associate Professor, Don State Technical University (Russian Federation, 344000, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), ORCID: 0000-0001-7137-5692, e-mail: sbragincts@mail.ru

Bakhchevnikov Oleg Nikolayevich, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Agricultural Scientific Center Donskoy (Russian Federation, 347740, Rostov region, Zernograd, Lenin str., 14), ORCID: 0000-0002-3362-5627, e-mail: oleg-b@list.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-03

THE ROLE OF TECHNOLOGIES OF DIFFERENT INTENSITY LEVELS IN THE FORMATION OF YIELD AND GRAIN QUALITY OF WINTER WHEAT NEW VARIETIES

¹Kapranov V. N., ^{1,2}Zelenev A. V., ¹Kiselyov E. F., ¹Tegesov D. S., ¹Pleskachyov N. Yu.

¹Federal Research Center «Nemchinovka»
Moscow, Russian Federation

²Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zelenev.a@bk.ru

Received 19.10.2024

Submitted 21.12.2024

Summary

The article analyses the effectiveness of the effect of susceptibility of new winter wheat varieties and agro-technologies of different degrees of intensity on photosynthetic activity of plants, as well as yield and quality of grain products.

Abstract

Introduction. Domestic researchers are extremely interested in developing their own technologies of breeding, seed production and cultivation of grain crops to improve the efficiency of agro-industrial production in order to ensure food independence. **Materials and methods.** Observations were carried out by 2-factor combination on experimental lands of FIC "Nemchinovka". Soil type – sod-podzolic, characterized by low nitrogen, high phosphorus and high potassium. Humus – 1.8-2.0%. Steam with mustard for siderate was a predecessor. Winter wheat varieties and agro-technologies were analyzed. Agro climatic conditions were favorable for the zone, with little difference in temperature and rainfall in 2021 and 2022, where the hydrothermal coefficient was 1.52 and 1.50, respectively. The year 2020 was overwatered (hydrothermal coefficient 2.79). **Results and conclusions.** The maximum photosynthetic potential was provided by winter wheat Nemchinovskaya 85 at high-intensive agrotechnique – 8.18 million m²/ha per day. In terms of net photosynthetic productivity the best was the control variant (variety Moskovskaya 40 (St) under basic agrotechnics) – 1.34 kg of grain per thousand m² per day. The maximum yield was provided by the variety Moskovskaya 27 under high-intensive agrotechnics – 9.40 t/ha. The other variants also significantly exceeded the control, except for the variety Nemchinovskaya 85 at basic technology, where the yield was significantly inferior to the control variant by 0.43 t/ha. The best variety for protein content in winter wheat grain was Moskovskaya 40 (St) under intensive and high-intensive technologies – 15.3%, and for crude gluten content

the same variety, but only under high-intensive technology – 32.0%. Moskovskaya 27 variety also significantly exceeded the control variant in protein by 0.6% under high-intensive technology and the same variety in crude gluten under high-intensive technology by 1.4%.

Keywords: winter wheat, winter wheat varieties, winter wheat cultivation technologies, winter wheat grain quality.

Citation. Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kiselyov E. F., Tegesov D. S., Pleskachyov N. Yu. The role of technologies of different intensity levels in the formation of yield and grain quality of winter wheat new varieties. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 32-43 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-03.

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

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

УДК 631.5:631.559:631.526.32:633.11

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИЙ РАЗНОГО УРОВНЯ ИНТЕНСИВНОСТИ В ФОРМИРОВАНИИ УРОЖАЙНОСТИ И КАЧЕСТВА ЗЕРНА НОВЫХ СОРТОВ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

¹Капранов В. Н., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
^{1,2}Зеленев А. В., доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, профессор
¹Киселёв Е. Ф., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
¹Тегесов Д. С., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
¹Плескачев Н. Ю., лаборант-исследователь

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»
г. Москва, Российская Федерация

²ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»
г. Москва, Российская Федерация

Введение. Отечественные исследователи крайне заинтересованы в разработке собственных технологий селекции, семеноводства и выращивания зерновых культур для повышения эффективности агропромышленного производства в целях обеспечения продовольственной независимости. **Материалы и методы.** Наблюдения осуществляли по 2-х факторной комбинации на экспериментальных землях ФИЦ «Немчиновка». Тип почвы – дерново-подзолистый, характеризовался низким содержанием азота, высоким – фосфора и повышенным – калия. Гумуса – 1,8-2,0%. Пар с горчицей на сидерат был предшественником. Анализировали сорта пшеницы озимой и агротехнологии. Агроклиматические условия были благоприятны для данной зоны, мало различались по температуре и выпадению осадков в 2021 и 2022 гг., где гидротермический коэффициент был равен 1,52 и 1,50, соответственно. Переувлажненным был 2020 год (ГТК 2,79). **Результаты и обсуждение.** Максимальный фотосинтетический потенциал обеспечивала пшеница озимая Немчиновская 85 при высокоинтенсивной агротехнике – 8,18 млн м²/га в сутки. По показателю чистой продуктивности фотосинтеза наилучшим был контрольный вариант (сорт Московская 40 при базовой агротехнике) – 1,34 кг зерна/тыс. м² в сутки. Максимальный показатель урожайности обеспечивал сорт Московская 27 при высокоинтенсивной агротехнике – 9,40 т/га. Остальные варианты также существенно превышали контроль, кроме сорта Немчиновская 85 при базовой технологии, где урожайность существенно уступала контрольному варианту на 0,43 т/га. Наилучшим сортом по содержанию белка в зерне пшеницы озимой был Московская 40 (St) при интенсивной и высокоинтенсивной технологиях – 15,3%, а по содержанию сырой клейковины этот же сорт, но только при высокоинтенсивной технологии – 32,0%. Существенно превышал контрольный вариант по белку также сорт Московская 27 по высокоинтенсивной технологии на 0,6% и этот же сорт по сырой клейковине при высокоинтенсивной технологии на 1,4%.

Ключевые слова: озимая пшеница, сорта озимой пшеницы, технологии возделывания озимой пшеницы, качество зерна озимой пшеницы.

Цитирование. Капранов В. Н., Зеленев А. В., Киселёв Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачев Н. Ю. Роль технологий разного уровня интенсивности в формировании урожайности и качества зерна новых сортов озимой пшеницы. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 32-43. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-03.

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. Отечественные исследователи крайне заинтересованы в развитии собственных селекции, семеноводства и технологий возделывания зерновых агрокультур, чтобы обеспечить повышение эффективности агропромышленного производства для большей продовольственной независимости [1, 2].

На сегодняшний день, согласно информации Министерства науки и высшего образования РФ, выращивание зерновой продукции на 98% складывается из первоклассных национальных сортов пшеницы [3, 4].

Вновь созданные, обеспечивающие наибольший потенциал продуктивности сорта пшеницы озимой, обязаны оказать ощутимую помощь в урегулировании этой сложной ситуации [5, 6].

Осознанная деятельность селекционных специалистов в направлении усовершенствования настоящей агрокультуры и ее акклиматизация к метеорологическим факторам Московской области, реализовывающаяся в течение века, позволила выращивать в условиях субъекта 11-14 т/га отменной зерновой продукции [7, 8].

Показатель количества выращиваемых зерновых озимых агрокультур напрямую коррелирует с гетерогенными элементами. К таковым приурочиваются рациональные комплексы защитных мер и удобрения растений, селекция вновь выведенных сортов, обладающих устойчивостью к заболеваниям, почвенно-климатическим параметрам территории землепользования [9-12].

Деятели науки испокон веков общеизвестно, что задействование главных питательных компонентов и химзащиты агрокультур благоприятствует совершенствованию агрофизических и агрохимических признаков почвенного покрова, фитосанитарного статуса царства организмов, выделяющих кислород и возделываемых под посев участков земли, что в комплексе гарантирует поддержание запланированного урожая первоклассной зерновой продукции в пределах 5 т/га (клейковина 34-40%, белок 14-19%) [13-16].

Вследствие этого целью конкретного исследования было проанализировать эффективность влияния восприимчивости сортов пшеницы озимой и агротехники возделывания всяческой степени интенсивности на фотосинтетическую деятельность растений, а также урожайность и качество зерновой продукции.

Материалы и методы. Наблюдения осуществляли по 2-х факторной комбинации на экспериментальных землях ФИЦ «Немчиновка». Тип почвы – дерново-подзолистый, характеризовался низким значением азота, высоким – фосфора и повышенным – калия. Гумуса – 1,8-2,0%. Пар с горчицей на сидерат был предшественником. Анализ сортов пшеницы озимой и технологий выполняли по соответствующей схеме (таблица 1).

Таблица 1 – Двухфакторная схема изучения сортов и технологий пшеницы озимой
Table 1 – Two-factor scheme for studying winter wheat varieties and technologies

Сорт (фактор А)	1) Московская 40 (St) – высокоадаптивный, короткостебельный, зимостойкий, устойчивый к полеганию, бурой ржавчине, мучнистой росе, твердой головне.
	2) Московская 27 – обладает высокой зимостойкостью, устойчивый к полеганию, мучнистой росе, бурой и стеблевой ржавчине, септориозу.
	3) Немчиновская 85 – среднеспелый, морозоустойчивый, устойчивый к бурой ржавчине, септориозу, мучнистой росе и снежной плесени.
Технология (фактор В)	1) Базовая (контроль). Внесение макроэлементов составило $N_{30}P_{60}K_{90}$ – основное внесение под вспашку + N_{30} – весной в фазу ВВСН 21. (ВВСН – шкала определения фенологических стадий развития растений). Систему защиты растений применяли в начале вегетации: (дикамба 659 г/кг + триасульфурон 41 г/кг + гамма-цигалотрин 6,4 г/л + диметоат 400 г/л + флутриафол 250 г/л).
	2) Интенсивная. Дозы внесения макроэлементов составили $N_{150}P_{90}K_{120}$. ($N_{30}P_{90}K_{120}$ – основное внесение + N_{60} весной ВВСН 21-23 + N_{30} в фазу ВВСН 30 + N_{30} . ВВСН 51 по растительной и почвенной диагностике). Осенью применяли химзащиту растений (гербициды, инсектициды и фунгициды) – дикамба 659 г/кг + триасульфурон 41 г/кг + гамма-цигалотрин 60 г/л + флутриафол 250 г/л + тринексапак-этил 250 г/л в фазу ВВСН 21-22. В весенний период для борьбы со злаковыми сорняками (Gramineae) применяли феноксапроп-П-Этил 69 г/л + клоквиносет-мексил 34,5 г/л, 2,4-Д + МЦПА 750 г/л, тринексапак-этил 250 г/л (ВВСН 31-32).
	3) Высокоинтенсивная. Внесение макроэлементов $N_{180}P_{120}K_{180}$ ($N_{60}P_{120}K_{180}$ – основное внесение под вспашку + N_{60} весной в фазу ВВСН 21 + N_{30} в фазу ВВСН 30 + N_{30} в фазу ВВСН 51 по результатам почвенной диагностики). Применение химической защиты растений осенью – (метсульфурон-метил 70 г/кг + тифенсульфурон – метил 680 г/кг) + гамма-цигалотрин 6,4 г/л + диметоат 400 г/л, флутриафол 117,5 г/л + карбендазим 250 г/л, весной – тифенсульфурон-метил 750 г/кг + флорасулам 200 г/л + трибенурун-метил 600 г/кг, гамма-цигалотрин 60 г/л + тринексапак-этил 250 г/л (фаза ВВСН 21-22) + флутриафол 117,5 г/л + карбендазим 250 г/л; Флутриафол 75 г/л + тебуконазол 225 г/л + тринексапак-этил 250 г/л (фаза ВВСН 31-32) + феноксапроп-П-этил 69 г/л + клоквиносет-мексил 34,5 г/л + азоксистробин 125 г/л + флутриафол 125 г/л + гамма-цигалотрин 6,4 г/л + диметоат 400 г/л; (в фазу ВВСН 51) применяли – азоксистробин 125 г/л + флутриафол 125 г/л + гамма-цигалотрина 60 г/л.

Агроклиматические условия были благоприятны для данной зоны, мало различались по температуре и выпадению осадков в 2021 и 2022 гг., где гидротермический коэффициент был равен 1,52 и 1,50, соответственно. Переувлажненным был 2020 год (ГТК 2,79).

Исследования выполнены традиционными методами. Фотосинтетическая деятельность по Ничипоровичу. Содержание белка в зерне определяли исходя из содержания азота (по методу Кьельдаля) с пересчетом на коэффициент 5,7, клейковину по ГОСТ 13586.1. Статистическая обработка данных выполнена по методике Б. А. Доспехова в компьютерной версии «AGROS» 2.07.

Результаты и обсуждение. При условии обеспечения устойчивой защиты листьев и растений минеральными веществами допустимо усиление продуктивности процесса фотосинтеза агрокультурой. Синтез органических веществ, каковой считается фундаментом установления урожайности, стимулирует активное поглощение питающих элементов. К снижению фотосинтетического потенциала, приводит пораженность растений болезнями, вредителями и засоренность посевов сорняками [17, 18]. Чистая продуктивность фотосинтеза и фотосинтетический потенциал считаются центральными параметрами процесса продуктивности (таблицы 2, 3).

Таблица 2 – Фотосинтетический потенциал растений пшеницы озимой в условиях агротехнологий разной степени интенсивности, млн $\text{м}^2/\text{га}$ в сутки

Table 2 – Photosynthetic potential of winter wheat plants under agrotechnologies of different degrees of intensity, million m^2/ha per day

Сорт (фактор А) / Variety (factor A)	Технология (фактор В) / Technology (factor B)												Среднее по фактору А / Average for factor A			
	Базовая (контроль) / Basic (control)				Интенсивная / Intensive				Высокоинтенсивная / High Intensive							
	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average
Московская 40 (St) / Moskovskaya 40 (St)	5,95	4,45	4,22	4,87	7,69	7,09	5,22	6,67	8,87	7,95	6,74	7,85	7,50	6,50	5,39	6,46
Московская 27 / Moskovskaya 27	6,16	5,57	4,95	5,56	7,24	7,98	6,07	7,10	8,76	8,32	7,01	8,03	7,39	7,29	6,01	6,90
Немчинов- ская 85 / Nemchinovs kaya 85	6,28	5,49	4,07	5,28	8,14	8,02	5,35	7,17	8,99	8,89	6,63	8,18	7,80	7,47	5,35	6,87
Среднее по фактору В / Average for factor B	6,13	5,17	4,41	5,24	7,69	7,70	5,55	6,98	8,87	8,39	6,79	8,02	7,56	7,09	5,58	6,74
2020 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,17 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ А = 0,09 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ В = 0,98 млн м ² /га в сутки / 2020: НСР05 (total) = 0.17 million m ² /ha per day; НСР05 А = 0.09 million m ² /ha per day; НСР05 В = 0.98 million m ² /ha per day																
2021 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,87 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ А = 0,14 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ В = 0,36 млн м ² /га в сутки / 2021: НСР05 (total) = 0.87 million m ² /ha per day; НСР05 А = 0.14 million m ² /ha per day; НСР05 В = 0.36 million m ² /ha per day																
2022 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,25 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ А = 0,46 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ В = 0,69 млн м ² /га в сутки / 2022: НСР05 (total) = 0.25 million m ² /ha per day; НСР05 А = 0.46 million m ² /ha per day; НСР05 В = 0.69 million m ² /ha per day																
В среднем за 2020-2022 гг.: НСР ₀₅ (общая) = 0,29 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ А = 0,30 млн м ² /га в сутки; НСР ₀₅ В = 0,84 млн м ² /га в сутки / Average for 2020-2022: НСР05 (total) = 0.29 million m ² /ha per day; НСР05 А = 0.30 million m ² /ha per day; НСР05 В = 0.84 million m ² /ha per day																

Анализ таблицы 2 показал, что самый высокий фотосинтетический потенциал (ФП) пшеницы озимой обеспечивался в 2020 году у сорта Немчиновская 85 при высокоинтенсивной агротехнике (8,99 млн м²/га в сутки), самый низкий – в 2022 году у этого же сорта, но при базовой технологии (4,07 млн м²/га в сутки). На этот показатель в опыте активное влияние оказывали факторы, которые изучали, – это сорта (фактор А) и агротехнологии разной интенсивности (фактор В). В среднем максимальный фотосинтетический потенциал обеспечивали растения пшеницы озимой сорта Немчиновская 85 при высокоинтенсивной агротехнике – 8,18 млн м²/га в сутки, что значительно превысило по этому показателю контрольный вариант – сорт Московская 40 (St) при базовой технологии на 3,31 млн м²/га в сутки. Все остальные варианты также существенно превышали контроль.

Таблица 3 – Чистая продуктивность фотосинтеза растений пшеницы озимой в условиях агротехнологий разной степени интенсивности, кг зерна/тыс. м² в сутки
Table 3 – Net photosynthetic productivity of winter wheat plants in conditions of agrotechnologies of different degrees of intensity, kg grain/ thousand m² per day

Сорт (фактор А) / Variety (factor A)	Технология (фактор В) / Technology (factor B)												Среднее по фактору А / Average for factor A			
	Базовая (контроль) / Basic (control)				Интенсивная / Intensive				Высокоинтенсивная / High Intensive							
	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average
Московская 40 (St) / Moskovskaya 40 (St)	1,54	1,38	1,10	1,34	1,35	1,24	1,02	1,20	1,27	1,18	0,93	1,13	1,39	1,27	1,02	1,23
Московская 27 / Moskovskaya 27	1,37	1,29	1,19	1,28	1,27	1,25	1,08	1,20	1,17	1,23	1,02	1,14	1,27	1,26	1,10	1,21
Немчинов- ская 85 / Nemchinovs kaya 85	1,22	1,17	1,11	1,17	1,20	1,14	1,06	1,13	1,19	1,07	0,97	1,08	1,20	1,13	1,05	1,13
Среднее по фактору В / Average for factor B	1,38	1,28	1,13	1,26	1,27	1,21	1,05	1,18	1,21	1,16	0,97	1,12	1,29	1,22	1,06	1,19
2020 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,15 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ А = 0,10 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ В = 0,07 кг зерна/тыс. м ² в сутки / 2020: НСР05 (total) = 0.15 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 А = 0.10 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 В = 0.07 kg of grain/thousand m ² per day																
2021 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,05 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ А = 0,12 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ В = 0,04 кг зерна/тыс. м ² в сутки / 2021: НСР05 (total) = 0.05 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 А = 0.12 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 В = 0.04 kg of grain/thousand m ² per day																
2022 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,07 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ А = 0,06 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ В = 0,05 кг зерна/тыс. м ² в сутки / 2022: НСР05 (total) = 0.07 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 А = 0.06 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 В = 0.05 kg of grain/thousand m ² per day																
В среднем за 2020-2022 гг.: НСР ₀₅ (общая) = 0,09 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ А = 0,08 кг зерна/тыс. м ² в сутки; НСР ₀₅ В = 0,07 кг зерна/тыс. м ² в сутки / Average for 2020-2022: НСР05 (total) = 0.09 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 А = 0.08 kg of grain/thousand m ² per day; НСР05 В = 0.07 kg of grain/thousand m ² per day																

Сравнение средних арифметических значений по фактору А (сорта пшеницы озимой) говорит о том, что фотосинтетический потенциал у сортов Московская 27 и Немчиновская 85 сопровождался существенным повышением по сравнению со стандартом Московская 40, соответственно на 0,44 и 0,41 млн м²/га в сутки. Применение интенсивной и высокоинтенсивной агротехнологий (фактор В) также обеспечивало существенное повышение фотосинтетического потенциала по сравнению с контрольным вариантом, соответственно на 1,74 и 2,78 млн м²/га в сутки, где этот показатель составлял 5,24 млн м²/га в сутки.

Оценивая различия между вариантами опыта по показателю чистой продуктивности фотосинтеза (таблица 3) с помощью HCP_{05} для частных средних значений (0,09 кг зерна/тыс. m^2 в сутки), находим, что наилучшим был контрольный вариант (сорт Московская 40 при базовой агротехнике) – 1,34 кг зерна/тыс. m^2 в сутки, то есть наблюдалась обратная зависимость по сравнению с фотосинтетическим потенциалом. Этот вариант существенно превышал по чистой продуктивности фотосинтеза все остальные, кроме одного, где возделывался сорт Московская 27 при базовой технологии – 1,28 кг зерна/тыс. m^2 в сутки. Сопоставление средних по фактору А с HCP_{05} показало, что использование сорта пшеницы озимой Немчиновская 85 сопровождается существенным снижением показателя ЧПФ до 1,13 кг зерна/тыс. m^2 в сутки по сравнению со стандартом Московская 40 (1,23 кг зерна/тыс. m^2 в сутки) на 8,1 % (разность между средними по фактору А превышала 0,08 кг зерна/тыс. m^2 в сутки). Сорт Московская 27 по этому показателю был на уровне стандарта (1,21 кг зерна/тыс. m^2 в сутки). Относительно влияния агротехники в данном опыте, можно сказать, что повышение степени до интенсивного и высокоинтенсивного уровня оказалось неэффективным, так как оно сопровождалось существенным снижением чистой продуктивности фотосинтеза по сравнению с контролем (базовая агротехника), соответственно на 0,08 и 0,14 кг зерна/тыс. m^2 в сутки.

Таблица 4 – Урожайность пшеницы озимой, т/га

Table 4 – Winter wheat yield, t/ha

Сорт (фактор A) / Variety (factor A)	Технология (фактор B) / Technology (factor B)												Среднее по фактору A / Average for factor A			
	Базовая (контроль) / Basic (control)				Интенсивная / Intensive				Высокоинтенсивная / High Intensive							
	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average
Московская 40 (St) / Moskovskaya 40 (St)	9,14	6,13	4,62	6,63	10,38	8,81	5,33	8,17	11,25	9,34	6,24	8,94	10,26	8,09	5,40	7,92
Московская 27 / Moskovskaya 27	8,44	7,21	5,91	7,19	9,16	9,96	6,55	8,56	10,23	10,83	7,15	9,40	9,28	9,33	6,54	8,38
Немчинов- ская 85 / Nemchinovs kaya 85	7,65	6,44	4,52	6,20	9,74	9,15	5,66	8,18	10,68	9,54	6,43	8,88	9,36	8,38	5,54	7,76
Среднее по фактору B / Average for factor B	8,41	6,59	5,02	6,67	9,76	9,31	5,85	8,31	10,72	9,90	6,61	9,08	9,63	8,60	5,83	8,02
2020 г.: HCP ₀₅ (общая) = 0,28 т/га; HCP ₀₅ A = 0,43 т/га; HCP ₀₅ B = 0,73 т/га / 2020: HCP ₀₅ (total) = 0.28 t/ha; HCP ₀₅ A = 0.43 t/ha; HCP ₀₅ B = 0.73 t/ha																
2021 г.: HCP ₀₅ (общая) = 0,19 т/га; HCP ₀₅ A = 0,21 т/га; HCP ₀₅ B = 1,12 т/га / 2021: HCP ₀₅ (total) = 0.19 t/ha; HCP ₀₅ A = 0.21 t/ha; HCP ₀₅ B = 1.12 t/ha																
2022 г.: HCP ₀₅ (общая) = 0,08 т/га; HCP ₀₅ A = 0,11 т/га; HCP ₀₅ B = 0,43 т/га / 2022: HCP ₀₅ (total) = 0.08 t/ha; HCP ₀₅ A = 0.11 t/ha; HCP ₀₅ B = 0.43 t/ha																
В среднем за 2020-2022 гг.: HCP ₀₅ (общая) = 0,24 т/га; HCP ₀₅ A = 0,35 т/га; HCP ₀₅ B = 0,27 т/га / Average for 2020-2022: HCP ₀₅ (total) = 0.24 t/ha; HCP ₀₅ A = 0.35 t/ha; HCP ₀₅ B = 0.27 t/ha																

Исследовательски подтвержденные агротехники с задействованием высокопродуктивных сортов, защитных средств растений и всевозможных степеней использования макроэлементов считаются ключевыми причинами сбора обильных урожаев пшеницы озимой. При всем том, что результативность отдельных элементов агротехники максимальная, неупорядоченная механическая интеграция их в технологическую систему, в целом, не ведет к желаемому увеличению урожайности сортов. Речь идет о снижении агрофизических и агрохимических характеристик почвенного покрова, его переуплотнении, несоблюдении правильного сочетания зерновых культур в агрофитоценозе и их полегании, а также повышенной инфекции [19, 20]. В нашем опыте на урожайность пшеницы озимой влияние оказывали как сорта, так и технологии (таблица 4).

Рассмотрение таблицы 4 позволяет утверждать, что в 2020 году урожайность пшеницы озимой на фоне базовой агротехнологии варьировала от 7,65 т/га у Немчиновской 85 до 9,14 т/га у стандарта Московская 40, от 9,16 т/га у Московской 27 до 10,38 т/га у стандарта по интенсивной агротехнологии и от 10,23 т/га у Московской 27 до 11,25 т/га у стандарта по высокоинтенсивной технологии. Московская 40 (St) достигла отличных результатов, в среднем 10,26 т/га, в указанном году. Урожайность Московской 40 (St) и Московской 27 в 2021 году колебалась от 6,13 т/га до 7,21 т/га по базовой агротехнологии, от 8,81 т/га до 9,96 т/га по интенсивной и от 9,34 т/га до 10,83 т/га по высокоинтенсивной агротехнике. В указанном году, в среднем по применявшимся агротехнологиям (9,33 т/га), высокие показатели обеспечила Московская 27. Урожайность в 2022 году варьировалась по базовой агротехнологии от 4,52 т/га у Немчиновской 85 до 5,91 т/га у Московской 27, при интенсивной агротехнике от 5,33 т/га у Московской 40 до 6,55 т/га у Московской 27 и при высокоинтенсивной технологии от 6,24 т/га у Московской 40 до 7,15 т/га у Московской 27. В этом году наилучшие результаты обеспечивал сорт Московская 27 в среднем по всем технологиям – 6,54 т/га. Сорт Московская 27 был более пластичным к внешним условиям выращивания, чем Немчиновская 85, и тем более чем Московская 40. Применение макроэлементов и химической защиты растений позволяет получать более высокую урожайность пшеницы озимой, отвечающий потребительским качествам.

В среднем за три года максимальную урожайность обеспечивал сорт Московская 27 при высокоинтенсивной агротехнике – 9,40 т/га, что значительно превысило по этому показателю контрольный вариант – сорт Московская 40 (St) при базовой технологии на 2,77 т/га. Все остальные варианты также существенно превышали контроль, кроме сорта Немчиновская 85 при базовой технологии, где урожайность существенно уступала контрольному варианту на 0,43 т/га. Сравнение средних арифметических значений по фактору А (сорта пшеницы озимой) говорит о том, что существенным повышением по сравнению со стандартом Московская 40 сопровождалась урожайность только у сорта Московская 27, на 0,44 т/га. Сорт Немчиновская 85 по урожайности находился на уровне со стандартом Московская 40, разница в показателе не выходила за пределы НСР₀₅ и равнялась 0,16 т/га. По фактору В задействование 2-х интенсивных агротехнологий содействовало росту урожайности в противовес базовой агротехнологии на 1,64-2,4 т/га.

Исследованиями, проведенными ранее, было установлено, что содержание белка и сырой клейковины в зерне пшеницы озимой зависит от сортов и технологий разной степени интенсивности. Сорта сильной пшеницы имели содержание белка в зерне более 14 процентов, а клейковины первой группы качества – более 28 процентов. Сорта средней пшеницы содержали 11-13,9 процента белка в зерне и 25-27 процентов клейковины (вторая группа качества). Сорта слабой пшеницы имели содержание белка менее 11 процентов и клейковины менее 25 процентов (третья группа качества). При внесении удобрений показатели этих параметров в зерне пшеницы озимой сорта Московская 39 составили 13,5 и 29 процентов, соответственно, а в контроле – 10,5 и 19,5 процентов, соответственно [21, 22, 23, 24]. С ростом интенсивности технологии возделывания изменялись показатели качества зерна сортов пшеницы озимой – содержание клейковины и белка в зерне (таблицы 5, 6).

Таблица 5 – Содержание белка в зерне пшеницы озимой, %
Table 5 – Protein content in winter wheat grain, %

Сорт (фактор А) / Variety (factor A)	Технология (фактор В) / Technology (factor B)												Среднее по фактору А / Average for factor А			
	Базовая (контроль) / Basic (control)				Интенсивная / Intensive				Высокоинтенсивная / High Intensive							
	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average
Московская 40 (St) / Moskovskaya 40 (St)	12,3	16,1	14,1	14,2	14,1	16,8	14,9	15,3	14,2	16,5	15,3	15,3	13,5	16,5	14,8	14,9
Московская 27 / Moskovskaya 27	12,4	14,5	15,1	14,0	12,9	14,9	15,3	14,4	13,4	15,6	15,5	14,8	12,9	15,0	15,3	14,4
Немчинов- ская 85 / Nemchinovs- kaya 85	11,3	14,8	14,2	13,4	11,4	14,4	14,7	13,5	12,4	15,3	14,7	14,1	11,7	14,8	14,5	13,7
Среднее по фактору В / Average for factor B	12,0	15,1	14,5	13,9	12,8	15,4	15,0	14,4	13,3	15,8	15,2	14,8	12,7	15,4	14,9	14,3
2020 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,18 %; НСР ₀₅ А = 0,15 %; НСР ₀₅ В = 0,27 % / 2020: НСР ₀₅ (total) = 0.18%; НСР ₀₅ А = 0.15%; НСР ₀₅ В = 0.27 %																
2021 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,16 %; НСР ₀₅ А = 0,46 %; НСР ₀₅ В = 0,31 % / 2021: НСР ₀₅ (total) = 0.16%; НСР ₀₅ А = 0.46 %; НСР ₀₅ В = 0.31 %																
2022 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,16 %; НСР ₀₅ А = 0,22 %; НСР ₀₅ В = 0,34 % / 2022: НСР ₀₅ (total) = 0.16%; НСР ₀₅ А = 0.22 %; НСР ₀₅ В = 0.34 %																
В среднем за 2020-2022 гг.: НСР ₀₅ (общая) = 0,14 %; НСР ₀₅ А = 0,58 %; НСР ₀₅ В = 0,26 % / Average for 2020-2022: НСР ₀₅ (total) = 0.14%; НСР ₀₅ А = 0.58%; НСР ₀₅ В = 0.26 %																

По результатам исследований установлено (таблица 5), что с увеличением уровня макроэлементов и химической защиты растений увеличивается содержание белка в основной продукции пшеницы озимой. Анализ расхождений среди вариантов наблюдений по количеству белка в основной продукции за 2020-2022 гг. с помощью НСР₀₅ (общая) для частных средних, равной 0,14%, находим, что наилучшим вариантом был тот, где высевался сорт Московская 40 по интенсивной и высокоинтенсивной технологиям – 15,3%. Также существенно превышал контрольный вариант сорт Московская 27 по этим же технологиям на 0,2-0,6%. Сорт Немчиновская 85 был на уровне с контролем – 14,1%. Остальные варианты по содержанию белка в зерне существенно уступали контролю на 0,2-0,8%. Сравнение средних по фактору А показывает, что сорт Московская 27 по данному показателю находился на уровне со стандартом Московская 40, 14,4% против 14,9%. Сорт Немчиновская 85 существенно уступал контролю на 1,2%. Применение интенсивной и высокоинтенсивной технологий в нашем опыте было эффективным, так как способствовало существенному увеличению содержания белка в зерне пшеницы озимой, соответственно на 0,5 и 0,9%. Средние данные по сортам и технологиям указывают, что зерно озимой пшеницы относилось к высоким 1 и 2 классам.

Анализ таблицы 6 свидетельствует о том, что содержание сырой клейковины находится в тесной взаимосвязи с массовой долей белка в зерне ($r = 0,92$). Оценивая различия между вариантами опыта по содержанию клейковины в зерне пшеницы озимой с помощью НСР₀₅ для частных средних (0,37%), находим, что наилучшим сортом был Московская 40 (St) при высокоинтенсивной агротехнике – 32,0%. Также существенно, на 1,4%, превышали контрольный вариант сорт Московская 27 на фоне высокой агротехники и стандарт на 0,5% при интенсивной агротехнологии. Культивируемая на фоне интенсивной агротехнологии

Московская 27 была по содержанию сырой клейковины на уровне с контрольным вариантом, где этот показатель составлял 30,4%. Остальные варианты опыта существенно уступали контролю на 1,4-2,8%.

Таблица 6 – Содержание клейковины в зерне пшеницы озимой, %

Table 6 – Gluten content in winter wheat grain, %

Сорт (фактор А) / Variety (factor A)	Технология (фактор В) / Technology (factor B)												Среднее по фактору А / Average for factor A			
	Базовая (контроль) / Basic (control)				Интенсивная / Intensive				Высокоинтенсив- ная / High Intensive							
	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average	2020	2021	2022	Среднее / Average
Московская 40 (St) / Moskovskaya 40 (St)	27,1	33,7	30,3	30,4	27,6	33,2	31,9	30,9	28,2	34,0	33,7	32,0	27,6	33,6	32,0	31,1
Московская 27 / Moskovskaya 27	25,2	30,5	30,8	28,8	26,4	32,9	32,3	30,5	26,8	34,4	34,1	31,8	26,1	32,6	32,4	30,4
Немчинов- ская 85 / Nemchinovs kaya 85	22,8	28,4	31,7	27,6	23,6	30,5	30,9	28,3	24,8	31,1	31,0	29,0	23,7	30,0	31,2	28,3
Среднее по фактору В / Average for factor B	25,0	30,9	30,9	28,9	25,9	32,2	31,7	29,9	26,6	33,2	32,9	30,9	25,8	32,1	31,9	29,9
2020 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,24%; НСР ₀₅ А = 0,43%; НСР ₀₅ В = 0,56% / 2020: НСР ₀₅ (total) = 0.24%; НСР ₀₅ А = 0.43%; НСР ₀₅ В = 0.56%																
2021 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,12%; НСР ₀₅ А = 0,34%; НСР ₀₅ В = 0,61% / 2021: НСР ₀₅ (total) = 0.12%; НСР ₀₅ А = 0.34%; НСР ₀₅ В = 0.61%																
2022 г.: НСР ₀₅ (общая) = 0,29%; НСР ₀₅ А = 0,14%; НСР ₀₅ В = 0,43% / 2022: НСР ₀₅ (total) = 0.29%; НСР ₀₅ А = 0.14%; НСР ₀₅ В = 0.43%																
В среднем за 2020-2022 гг.: НСР ₀₅ (общая) = 0,37%; НСР ₀₅ А = 0,21%; НСР ₀₅ В = 0,30% / Average for 2020-2022: НСР ₀₅ (total) = 0.37%; НСР ₀₅ А = 0.21%; НСР ₀₅ В = 0.30%																

Сопоставление средних по фактору А с НСР₀₅ (А) показало, что лучшим был сорт стандарт Московская 40 – 31,1%, ему существенно уступали сорта Московская 27 – на 0,7%, а Немчиновская 85 – на 2,8%. Относительно фактора В (агротехнологии), эффективность их возрастала с наращиванием степени интенсивности и сочеталось со значительным увеличением количества клейковины в основной продукции пшеницы озимой: при интенсивной технологии на 1,0%, при высокоинтенсивной – на 2,0%. Средние данные по сортам и технологиям указывают, что зерно озимой пшеницы относилось к высокому 2 классу.

Заключение. Экспериментальные данные показывают, что с ростом интенсивности технологии урожайность сорта Московская 40 (St) возрастала на 23,2-34,8% по сравнению с базовой технологией, где урожайность в среднем составляла 6,63 т/га. У сорта Московская 27 на 19,0-30,7% при урожайности по базовой 7,19 т/га, у сорта Немчиновская 85 – на 31,9-43,2% относительно базовой технологии с урожайностью 6,20 т/га.

В переувлажненный 2020 год формировался самый высокий фотосинтетический потенциал (5,95-8,99 млн м²/га в сутки). Наибольший ФП, составляющий в среднем 7,17 и 8,18 млн м²/га в сутки, фиксировался у Немчиновской 85 при интенсивной и высокоинтенсивной технологиях, соответственно.

Согласно существующим классификациям в среднем по содержанию белка зерно Московской 40 (St) при интенсивной и высокоинтенсивной технологиях относилось к 1 классу, Московской 27 при интенсивной агротехнике ко 2 классу и при высокоинтенсивной – к 1 классу, Немчиновской 85 при интенсивной и высокоинтенсивной технологиях – ко 2 классу. По содержанию сырой клейковины зерно всех сортов пшеницы озимой при возделывании по интенсивной и высокоинтенсивной технологиям относилось ко второму классу и только Московской 40 при высокоинтенсивной технологии к 1 классу.

Conclusions. Experimental data show that with increasing technology intensity the yield of the variety Moskovskaya 40 (St) increased by 23.2-34.8% compared to the basic technology, where the yield averaged 6.63 t/ha. In the variety Moskovskaya 27 by 19.0-30.7% with a basic yield of 7.19 t/ha, in the variety Nemchinovskaya 85 – by 31.9-43.2% relative to the basic technology with a yield of 6.20 t/ha.

The highest photosynthetic potential (5.95-8.99 million m²/ha per day) was formed in the overwatered year 2020. The highest FP, averaging 7.17 and 8.18 million m²/ha per day, was recorded at Nemchinovskaya 85 under intensive and high-intensive technologies, respectively.

According to the existing classifications in average protein content grain of Moskovskaya 40 (St) under intensive and high-intensive technologies belonged to the 1st class, Moskovskaya 27 under intensive agrotechnics to the 2nd class and under high-intensive - to the 1st class, Nemchinovskaya 85 under intensive and high-intensive technologies – to the 2nd class. According to the content of crude gluten, the grain of all varieties of winter wheat under intensive and high-intensive technologies belonged to the second class and only Moscow 40 under high-intensive technology to the 1st class.

Библиографический список

1. Воронов С. И. Научное обеспечение развития селекции и семеноводства зерновых и зернобобовых культур, технологическая модернизация земледелия. Труды Кубанского государственного университета. 2024. № 110. С. 77-82.
2. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Магомедов А. И. Оценка сортов озимой мягкой пшеницы по урожайности, параметрам адаптивности и окупаемости при применении расчетных норм минеральных удобрений. Аграрная Россия. 2024. № 4. С. 16-20.
3. Беленков А. И., Мазиров М. А., Зеленев А. В. Взаимосвязь урожайности и слагаемых элементов, влияющих на ее величину. Агропромышленные технологии Центральной России. 2024. № 2 (32). С. 76-83.
4. Лаптина Ю. А., Набойченко К. В., Гиченкова О. Г. и др. Параметры адаптивности сортов озимой пшеницы в условиях Волгоградской области. Аграрная Россия. 2024. № 1. С. 11-18.
5. Зайнуллов Ф. Д., Расулзода Б. Р. Особенности возделывания пшеницы в богарных условиях. Молодежь и XXI век – 2024: материалы Международной молодежной научной конференции. Курск, 2024. С. 238-241.
6. Сандухадзе Б. И., Савинов Е. В., Мамедов Р. З. и др. Отзывчивость сортов и линий озимой мягкой пшеницы немчиновской селекции на внесение азотных удобрений в условиях Московской области. Аграрная Россия. 2024. № 3. С. 18-22.
7. Зеленев А. В., Егоров Н. М., Новокрещенов И. Д. и др. Эффективность приемов основной обработки чистого пара в повышении урожайности сортов озимой пшеницы в условиях каштановых почв Волгоградской области. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2022. С. 88-95.
8. Тютюма Н. В., Петров Н. Ю., Зверева Г. Н. и др. Возделывание зерновых культур на юге России. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 1 (59). С. 8-11.
9. Voloschuk O., Voloschuk I., Stasiv O. et al. Regulation of winter wheat productivity. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. № 11 (9). Pp. 127-130.
10. Беленков А. И., Зеленев А. В., Кривцов И. В. Интерпретация элементов цифровых технологий координатного (точного) земледелия в условиях дерново-подзолистых почв Нечерноземной зоны. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в условиях цифровой трансформации: материалы Международной науч.-практ. конференции. Волгоград, 2022. С. 24-31.
11. Кирдин В. Ф., Штырхунов В. Д., Конончук В. В. и др. Технологические основы адаптивной интенсификации растениеводства. Аграрная Россия. 2024. № 1. С. 3-10.
12. Прянишников А. И., Смит И. Н., Мельник А. Ф. и др. Оценка отзывчивости сортов озимой пшеницы на уровень интенсивности их возделывания. Научно-агрономический журнал. 2023. № 2 (121). С. 28-33.
13. Воронов С. И., Зеленев А. В., Лаптина Ю. А. Сидеральные пары как источники стабилизации плодородия почвы и урожайности озимой пшеницы. Аграрная Россия. 2024. № 8. С. 17-23.
14. Зеленев А. В., Семинченко Е. В. Влияние биологизированных приемов на урожайность зерновых культур и повышение плодородия светло-каштановых почв в Нижнем Поволжье. Экология и мелиорация агроландшафтов: перспективы и достижения молодых ученых: материалы Международной науч.-практ. конференции молодых ученых, посвященной 120-летию со дня рождения Альбенского Анатолия Васильевича. Волгоград, 2019. С. 33-34.
15. Зеленев А. В., Семинченко Е. В. Повышение плодородия светло-каштановых почв и влияние биологизированных приемов на урожайность зерновых культур. Итоги и перспективы развития агропромышленного комплекса: материалы Международной науч.-практ. конференции. Соленое Займище, 2020. С. 316-321.
16. Кирдин В. Ф., Штырхунов В. Д., Конончук В. В. и др. Энергоэкономные природоподобные технологии и каковы их принципы. Аграрная Россия. 2024. № 6. С. 20-23.
17. Михальков Д. Е., Мищенко Е. В., Раззаренов С. В. и др. Урожайность озимой пшеницы в зависимости от регуляторов роста и систем применения удобрений. Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 74-79.
18. Нахаев М. Р., Астарханова Т. С., Астарханов И. Р. Влияние основной обработки почвы на урожайность зерновых культур юга России. Проблемы развития АПК региона. 2024. № 2 (58). С. 89-94.
19. Борин А. А., Лощина А. Э. Обработка дерново-подзолистой почвы с разной интенсивностью и урожайность культур севооборота в условиях Верхневолжья. Аграрная Россия. 2024. № 5. С. 24-30.
20. Девтерова Н. И. Особенности формирования урожайности пшеницы озимой в зависимости от приемов основной обработки почвы и уровня удобренности в условиях южно-предгорной зоны Северо-Западного Кавказа. Новые технологии. 2021. Т. 17. № 5. С. 114-122.

21. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage. The Scientific Heritage. 2021. № 62-1. Pp. 5-8.
22. Кишев А. Ю., Битов Х. А., Бжеумыхов В. С. Действие сидератов на агрохимические свойства почвы в посевах озимой пшеницы, урожайность и качество зерна. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 3. С. 26-29.
23. Шаповалова Н. Н., Воропаева А. А., Менькина Е. А. и др. Урожайность и качество зерна озимой пшеницы при применении удобрений и прямом посеве на черноземе обыкновенном в условиях Ставрополя. Таврический вестник аграрной науки. 2020. № 4 (24). С. 183-194.
24. Щедрин В. Н., Бабичев А. Н., Ольгаренко В. И. и др. Высокопродуктивная система возделывания различных сельскохозяйственных культур на орошении в условиях многолетнего дефицита на водные ресурсы. Аграрная Россия. 2024. № 1. С. 19-21.

References

1. Voronov S. I. Scientific support for the development of breeding and seed production of grain and leguminous crops, technological modernisation of farming. Proceedings of the Kuban State University. 2024. № 110. Pp. 77-82.
2. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Magomedov A. I. Evaluation of winter soft wheat varieties by yield, adaptability and payback parameters at application of calculated rates of mineral fertilisers. Agrarian Russia. 2024. № 4. Pp. 16-20.
3. Belenkov A. I., Mazirov M. A., Zelenev A. V. Interrelation of yield and constituent elements influencing its value. Agroindustrial technologies of central Russia. 2024. № 2 (32). Pp. 76-83.
4. Laptina Yu. A., Naboychenko K. V., Gichenkova O. G. et al. Adaptability parameters of winter wheat varieties in conditions of Volgograd region. Agrarian Russia. 2024. № 1. Pp. 11-18.
5. Zainullov F. D., Rasulzoda B. R. Features of wheat cultivation in rainfed conditions. Youth and XXI century – 2024: materials of the International youth scientific conference. Kursk, 2024. Pp. 238-241.
6. Sandukhadze B. I., Savinov E. V., Mamedov R. Z. et al. Responsiveness of varieties and lines of winter soft wheat of Nemchinovskaya selection to nitrogen fertiliser application in conditions of Moscow region. Agrarian Russia. 2024. № 3. Pp. 18-22.
7. Zelenev A. V., Egorov N. M., Novokreschenov I. D. et al. Effectiveness of methods of main treatment of clean fallow in increasing the yield of winter wheat varieties in conditions of chestnut soils of Volgograd region. Innovative technologies in agro-industrial complex in the conditions of digital transformation: materials of the International scientific & practical conference. Volgograd, 2022. Pp. 88-95.
8. Tyutyuma N. V., Petrov N. Yu., Zvereva G. N. et al. Cultivation of grain crops in the south of Russia. Theoretical and applied problems of agroindustrial complex. 2024. № 1 (59). Pp. 8-11.
9. Voloschuk O., Voloschuk I., Stasiv O. et al. Regulation of winter wheat productivity. Ukrainian Journal of Ecology. 2021. № 11 (9). Pp. 127-130.
10. Belenkov A. I., Zelenev A. V., Krivtsov I. V. Interpretation of elements of digital technologies of coordinate (precision) farming in conditions of sod-podzolic soils of the Non-Chernozem zone. Innovative technologies in agroindustrial complex in the conditions of digital transformation: materials of the International scientific & practical conference. Volgograd, 2022. Pp. 24-31.
11. Kirdin V. F., Shtyrkhunov V. D., Kononchuk V. V. et al. Technological bases of adaptive intensification of crop production. Agrarian Russia. 2024. № 1. Pp. 3-10.
12. Pryanishnikov A. I., Smith I. N., Melnik A. F. et al. Evaluation of responsiveness of winter wheat varieties to the level of intensity of their cultivation. Scientific and agronomic journal. 2023. № 2 (121). Pp. 28-33.
13. Voronov S. I., Zelenev A. V., Laptina Yu. A. Sideral pairs as sources of stabilisation of soil fertility and winter wheat yield. Agrarian Russia. 2024. № 8. Pp. 17-23.
14. Zelenev A. V., Seminchenko E. V. Influence of biological methods on grain yields and increase of fertility of light-chestnut soils in the Lower Volga region. Ecology and reclamation of agrolandscapes: perspectives and achievements of young scientists: materials of the International scientific & practical conference of young scientists, dedicated to the 120th anniversary of the birth of Albensky Anatoly Vasilievich. Volgograd, 2019. Pp. 33-34.
15. Kirdin V. F., Shtyrkhunov V. D., Kononchuk V. V. et al. Energy-saving nature-like technologies and what are their principles. Agrarian Russia. 2024. № 6. Pp. 20-23.
16. Zelenev A. V., Seminchenko E. V. Increase of fertility of light-chestnut soils and the influence of biological methods on the yield of grain crops. Results and prospects of development of agroindustrial complex: materials of the International scientific – practical conference. Solene Zaimishche, 2020. Pp. 316-321.
17. Mikhalkov D. E., Mishchenko E. V., Razzarenov S. V. et al. Winter wheat yields depending on growth regulators and fertiliser application systems. Problems of development of agroindustrial complex of the region. 2024. № 2 (58). Pp. 74-79.
18. Nakhaev M. R., Astarkhanova T. S., Astarkhanov I. R. Influence of basic tillage on the yield of grain crops in the south of Russia. Problems of development of agro-industrial complex of the region. 2024. № 2 (58). Pp. 89-94.
19. Borin A. A., Loschina A. E. Treatment of sod-podzolic soil with different intensity and crop yield of crop rotation in conditions of Upper Volga region. Agrarian Russia. 2024. № 5. Pp. 24-30.
20. Devterova N. I. Peculiarities of winter wheat yield formation depending on the methods of basic tillage and fertilisation level in the conditions of the south-predmont zone of the North-West Caucasus. New technologies. 2021. Vol. 17. № 5. Pp. 114-122.
21. Pelech L. Formation of productivity of winter wheat crops depending on agrotechnical methods of tillage. The Scientific Heritage. 2021. № 62-1. Pp. 5-8.
22. Kishev A. Yu., Bitov H. A., Bzheumykhov V. S. Effect of siderates on agrochemical properties of soil in winter wheat crops, yield and grain quality. Bulletin of Russian agricultural science. 2024. № 3. Pp. 26-29.

23. Shapovalova N. N., Voropaeva A. A., Menkina E. A. et al. Yield and grain quality of winter wheat under fertiliser application and direct sowing on ordinary chernozem in Stavropol conditions. Tavrisheskiy bulletin of agrarian science. 2020. № 4 (24). Pp. 183-194.

24. Shchedrin V. N., Babichev A. N., Olgarenko V. I. et al. High-productive system of cultivation of various crops on irrigation under conditions of long-term deficit on water resources. Agrarian Russia. 2024. № 1. Pp. 19-21.

Информация об авторах

Капранов Владимир Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9950-3663>, e-mail: kapr4nov.v@yandex.ru

Зеленев Александр Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково); профессор агробиотехнологического департамента аграрно-технологического института, ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы» (Российская Федерация, 117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: zelenev.a@bk.ru

Киселёв Евгений Фёдорович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5764-4868>, e-mail: papa-john-k@yandex.ru

Тегесов Долган Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3978-2520>, e-mail: dolgan08@mail.ru

Плескачёв Николай Юрьевич, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Немчиновка», (Российская Федерация, 143026, г. Москва, Большой Бульвар, 30с1, Инновационный центр Сколково), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4835-2812>, e-mail: pleskachev77@yandex.ru

Author's Information

Kapranov Vladimir Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-9950-3663>, e-mail: kapr4nov.v@yandex.ru

Zelenev Aleksander Vasilievich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center); Professor of the Agrobiotechnology Department of the Agrarian and Technological Institute, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, (Russian Federation, 117198, Moscow, Miklukho-Maklaya str., 8/2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9351-9922>, e-mail: zelenev.a@bk.ru

Kiselyov Evgeny Fedorovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-5764-4868>, e-mail: papa-john-k@yandex.ru

Tegesov Dolgan Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3978-2520>, e-mail: dolgan08@mail.ru

Pleskachyov Nikolay Yuryevich, research assistant, Federal Research Center "Nemchinovka" (Russian Federation, 143026, Moscow, Bolshoi Boulevard, 30c1, Skolkovo Innovation Center), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-4835-2812>, e-mail: pleskachev77@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-04

THE EFFICIENCY OF IRRIGATION AND MINERAL NUTRITION ON YIELD AND QUALITY OF WHITE CABBAGE

Akhmedov A. D., Abduova R. Yu.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: askar-5@mail.ru

Received 29.09.2024

Submitted 28.01.2025

Summary

The research results presented in the article confirm the positive effect of drip irrigation and mineral nutrition on the yield and quality of cabbage. It was found that in the light chestnut soil subzone of the Volgograd region, the cabbage yield is no less than 83.1 t/ha, depending on the irrigation regime and the level of mineral nutrition.

Abstract

Introduction. Currently, in the Volgograd region, irrigated areas for growing cabbage are about 1.8 hectares. The average yield does not exceed 38.3 t/ha. In this regard, in order to increase the yield of white cabbage in the region, it is necessary to experimentally substantiate the optimal water and nutrient regime of the soil under various irrigation methods. Given the climatic features of the Volgograd region, drip irrigation is of particular interest for a significant increase in the volume of white cabbage production in terms of water savings and increased yield. Therefore, research on the development of the effect of drip irrigation and fertilizer rates on the yield and quality of white cabbage is relevant. **Object.** The object of the research

was the white cabbage hybrid "Agressor F1". **Materials and methods.** At the experimental production site (in the farm of individual entrepreneur Kireev) for three years (2018-2020) annually on the basis of generally accepted recommendations of Dospekhov B. A., Pleshakov V. N. and others, a two-factor field experiment was carried out using the combined effect of the soil water regime and mineral nutrition levels on the yield and quality of white cabbage. Watering was carried out using drip irrigation. **Results and conclusions.** The results of the research showed that the use of an irrigation regime with pre-irrigation soil moisture of 80-90-80% of FMC in combination with the application of fertilizers at the rate of N110P50K140 ensured better quality and formation of white cabbage yield at the level of 83.1 t/ha.

Keywords: white cabbage, quality of white cabbage, weight of cabbage heads, mineral nutrition of cabbage, cabbage irrigation regimes, cabbage yield.

Citation. Akhmedov A. D., Abduova R. Yu. The efficiency of irrigation and mineral nutrition on yield and quality of white cabbage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 43-52 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-04.

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

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

УДК 631.674.5

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ И МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО БЕЛОКОЧАННОЙ КАПУСТЫ

**Ахмедов А. Д., доктор технических наук, профессор
Абдуова Р. Ю., соискатель**

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Резюме. Результаты исследований, представленные в статье, подтверждают положительное влияние капельного орошения и минерального питания на урожайность и качество капусты. Установлено, что в подзоне светло-каштановых почв Волгоградской области урожайность капусты составляет не менее 83,1 т/га в зависимости от режима орошения и уровня минерального питания.

Актуальность. В настоящее время в условиях Волгоградской области орошаемые площади под выращивание капусты составляют около 1,8 га. Средняя урожайность при этом не превышает 38,3 т/га. В связи с этим для повышения урожайности белокочанной капусты в регионе необходимо обосновать экспериментальным путем оптимальный водный и питательный режим почвы при различных способах орошения. Учитывая климатические особенности Волгоградской области, для значительного увеличения объема производства капусты белокочанной с точки зрения экономии воды и повышения урожайности особый интерес представляет капельное орошение. Поэтому исследование по разработке влияния режима капельного орошения и нормы удобрений на урожайность и качество белокочанной капусты является актуальным **Объект.** Объектом исследований являлся белокочанная капуста гибрида «Агрессор F1». **Материалы и методы.** На опытно-производственном участке (в хозяйстве ИП Киреев) в течение трех лет (2018-2020 гг.) ежегодно на основе общепринятых рекомендаций Доспехова Б. А., Плешакова В. Н. и других проводился двухфакторный полевой опыт с использованием совокупного влияния водного режима почвы и уровней минерального питания на величину урожайности и качества белокочанной капусты. Полив проводился с применением капельного орошения. **Результаты и выводы.** По результатам исследований установлено, что использование режима орошения с предполивной влажностью почвы 80-90-80% НВ в сочетании с внесением удобрений нормой N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ обеспечивало лучшее качество и формирование урожайности белокочанной капусты на уровне 83,1 т/га.

Ключевые слова: белокочанная капуста, качество белокочанной капусты, масса кочанов капусты, минеральное питание капусты, режимы орошения капусты, урожайность капусты.

Цитирование. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Эффективность влияния режима орошения и минерального питания на урожайность и качество белокочанной капусты. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 43-52. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-04.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для большей части населения нашей страны важнейшей овощной культурой является капуста белокочанная, ежегодное ее потребление составляет 3 миллиона 400 тысяч тонн. Это обусловлено высокой пищевой ценностью, большим содержанием витамина С и приспособленностью к длительному хранению в свежем и квашеном виде. Эта

культура занимает наибольшие посевные площади среди овощей – по данным Росстата в 2021 г. в хозяйствах всех категорий они составили 71,3 тыс. га, а валовые сборы – 798,9 тыс. тонн. Волгоградская область входит в ТОП-5 регионов по площадям (1,8 тыс. га) и валовым сборам (47,9 тыс. тонн) капусты промышленного выращивания [3-6].

В настоящее время капуста белокочанная на промышленной основе всё чаще возделывается с использованием технологий капельного орошения, что обусловлено не только экологичностью данного способа полива, но и его высокой экономической эффективностью [8-13]. Для получения высоких урожаев капусты белокочанной, при ее выращивании с применением капельного полива необходимы глубокие исследования по изучению технологий возделывания при данном способе орошения. В связи с этим необходимо дополнительное исследование по разработке основных элементов агротехнологии данной культуры – режимов капельного орошения и норм минеральных удобрений, в наибольшей степени определяющих ее продуктивность в условиях аридного климата Волго-Донского междуречья на бедных светло-каштановых почвах. Поэтому в условиях Волгоградской области вопросы, связанные с изучением влияния режима капельного орошения и минерального питания на водопотребление, продукционные процессы, урожайность и качество продукции, являются актуальными.

Материалы и методики. Исследования проводились в 2018-2020 годах на светло-каштановых тяжелых глинистых почвах ИП Киреева А. С. в Городищенском районе Волгоградской области.

Почва опытного участка в пахотном слое характеризуются низким содержанием гумуса (1,8-2,5%) и маломощным гумусовым горизонтом, который составляет 0,18-0,26 м. Реакция почвы слабощелочная – pH 7,0-8,3.

На опытном участке по классификации С. В. Астапова почва характеризуется слабой водопроницаемостью и, соответственно, относится к III группе (рисунок 1).

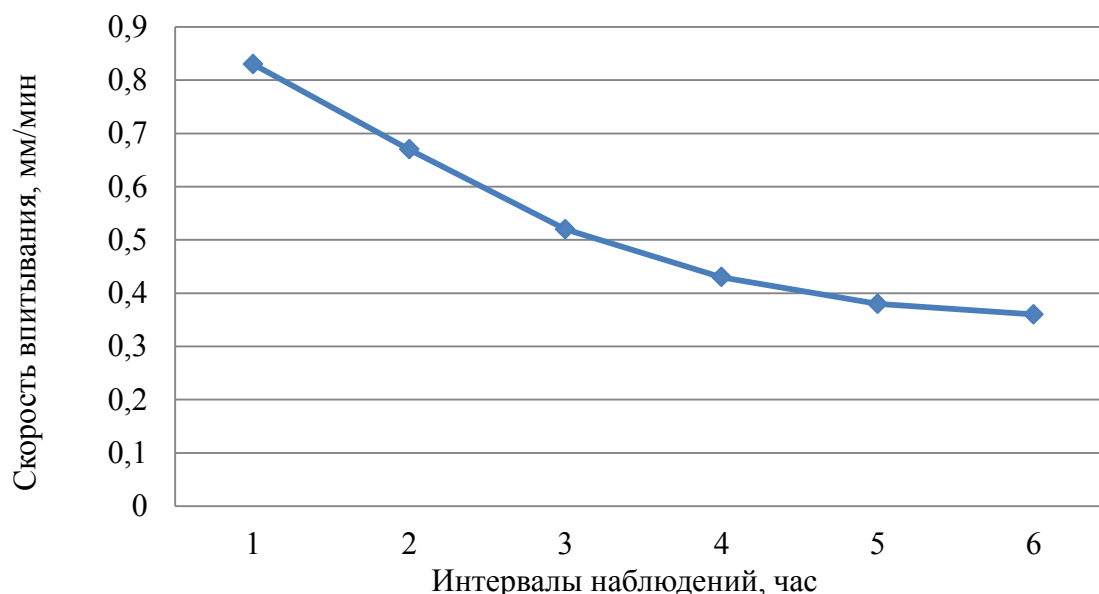


Рисунок 1 – Показатели водопроницаемости почвогрунтов
Figure 1 – Soil permeability indices

Скорость впитывания наблюдали через каждый час. За 1 час наблюдения скорость впитывания составляла около 0,83 мм/мин., через 2 часа – 0,67 мм/мин., а через 3 часа – 0,52 мм/мин. Далее через 4, 5 и 6 часов эти величины изменялись 0,43, 0,38 и 0,36 мм/мин. соответственно.

Для проведения опытов был выбран гибрид белокочанной капусты «Агрессор F1», сроком вегетации от дня посева до уборки примерно 125-130 дней (рисунок 2).



Рисунок 2 – Общий вид белокочанной капусты Агрессор F1 /
Figure 2 – General appearance of white cabbage Aggressor F1

При возделывании капусты расстояние между растениями в ряду составило 0,5 м, а междурядье – 0,7 м. Густота посадки рассады по схеме 0,7 x 0,5 м соответствовала 28500 растений на 1 га. За весь вегетационный период глубина активного слоя была принята в пределах 0,4 м.

В наших исследованиях поливная норма рассчитывалась при несмыкающихся контурах промачивания почвы (таблица 1), т. е. по преобразованной формуле А. Н. Костякова, в модификации для капельного орошения, разработанной И. П. Кружилиным, Е. А. Ходяковым и др. [7]:

$$m = 100 \cdot h \cdot \alpha \cdot S \cdot (\beta_{\text{нв}} - \beta_{\text{пп}}), \quad (1)$$

где h – глубина активного слоя почвы ($h = 0,4$ м), м;

α – плотность расчетного слоя почвы h , т/м³;

S – доля площади, увлажняемой при поливе;

$\beta_{\text{нв}}$, $\beta_{\text{пп}}$ – соответственно наименьшая влагоемкость расчетного слоя почвы и влажность почвы на участке перед поливом, % от массы абсолютно сухой почвы.

Таблица 1 – Определение поливных норм по вариантам опыта

Table 1 – Determination of irrigation rates for experimental variants

Предполивная влажность почвы, % НВ / Pre-irrigation soil moisture, % НВ	Влажность почвы, % массы сухой почвы / Soil moisture, % of dry soil weight		Ширина увлажняемой полосы, м / Width of the wetted strip, m	Доля увлажняемой площади почвы, ед. / Share of moistened soil area, units	Поливная норма, м ³ /га Irrigation rate, m ³ /ha	
	$\beta_{\text{нв}}$	$\beta_{\text{пп}}$			расчетная / calculated	фактическая / actual
60	24,97	14,98	0,33	0,47	244,2	240
70	24,97	17,48	0,32	0,46	179,2	180
80	24,97	19,98	0,31	0,44	114,2	120
90	24,97	22,47	0,30	0,43	55,9	60

При капельном поливе долю увлажняемой площади можно определить по зависимости:

$$S = \frac{B_{\text{увл. полосы}}}{\beta_{\text{рас. кап. лин.}}}, \quad (2)$$

где $B_{\text{увл. полосы}}$ – ширина увлажняемой полосы;

$\beta_{\text{рас. кап. лин.}}$ – расстояние между капельными линиями.

С повышением нормы полива и увеличением продолжительности полива ширина увлажняемой полосы изменялась в большую сторону (рисунок 3).

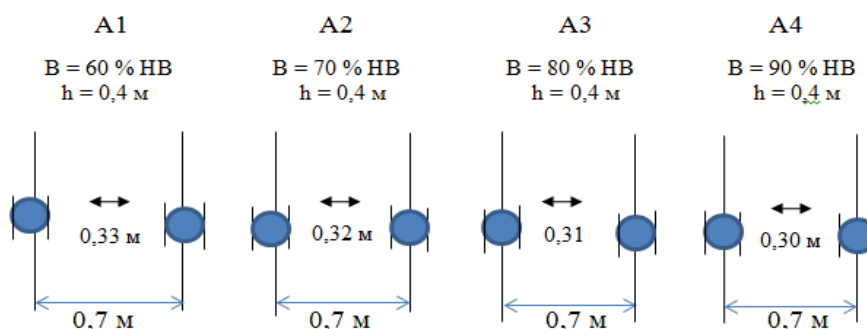


Рисунок 3 – Соотношение ширины смоченных и несмоченных полос при капельном поливе с разной предполивной влажностью почвы

Figure 3 – The ratio of the width of wet and non-wetted strips during drip irrigation with different pre-irrigation soil moisture

Результаты и их обсуждение. В ходе проведения исследований нами на всех вариантах опыта для создания необходимой влажности в активном слое почвы проводилось два полива поливной нормой 90 м³/га. Кроме того, можно отметить, что для принятых вариантов в разные годы режим орошения оказался неодинаковым (таблица 2).

Таблица 2 – Режим орошения белокочанной капусты по вариантам опыта в зависимости от фазы развития (в среднем за 2018-2020 гг.)

Table 2 – Irrigation regime for white cabbage according to experimental variants depending on the development phase (on average for 2018-2020)

Предполивная влажность почвы, % HB / Pre-irrigation soil moisture, % HB	Год / Year	После-посадочный полив / Post-planting watering	Фаза развития капусты / Cabbage development phase			Общее количество поливов / Total number of waterings	Оросительная норма, м ³ /га / Irrigation rate, m ³ /ha
			высадка рассады – формирование розетки / Planting seedlings – formation of a rosette	образование и рост кочана / Formation and growth of the head of cabbage	техническая спелость – уборка / Technical ripeness – harvesting		
60-70-60	2018	2/90	4/240	8/180	1/240	15	2820
	2019	2/90	4/240	7/180	1/240	14	2640
	2020	2/90	4/240	10/180	1/240	17	3180
70-80-70	2018	2/90	5/180	16/120	1/180	24	3180
	2019	2/90	5/180	14/120	1/180	22	2940
	2020	2/90	5/180	18/120	1/180	26	3420
80-90-80	2018	2/90	9/120	35/60	2/120	48	3600
	2019	2/90	8/120	31/60	2/120	43	3240
	2020	2/90	9/120	38/60	2/120	51	3780

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

Для поддержания в активном слое влажности почвы 60-70-60% HB за вегетационный период было проведено в среднем 14-17 поливов с поливной нормой соответственно 240-180-240 м³/га. При поддержании влажности не ниже 70-80-70% HB всего потребовалось 22-26 поливов. Поливная норма на этом варианте составила 180-120-180 м³/га. Максимальное количество поливов наблюдалось при поддержании влажности почвы на уровне 80-90-80% HB. На данном варианте за три года исследований количество поливов колебалось от 43 до 51, с поливной нормой 120-60-120 м³/га. Оросительная норма в зависимости от предполивной влажности почвы в среднем изменялась от 2640 до 3780 м³/га.

В ходе исследований установлено, что на урожайность белокочанной капусты положительное влияние оказывает водный режим почвы. Так, например, в зависимости от фазы развития белокочанной капусты поддержание влажности почвы на уровне 80-90-80% HB создавало предпосылки для получения урожайности в среднем 53,9-83,1 т/га [1-2]. При этом максимальная урожайность белокочанной капусты получена на фоне внесения удобрения N₁₁₀P₅₀K₁₄₀ – 83,1 т/га (таблица 3).

Таблица 3 – Динамика изменений урожайности белокочанной капусты в зависимости от водного режима почвы и нормы внесения удобрений (за 2018-2020 гг.), т/га
Table 3 – Dynamics of changes in white cabbage yields depending on the soil water regime and fertilizer application rates (for 2018-2020), t/ha

Доза удобрений, кг д. в./га / Fertilizer dose, kg a.i./ha	Предполивная влажность почвы, % НВ / Pre-irrigation soil moisture, % НВ	Год / Year				Прибавка урожайности от повышения влагообеспеченности / Increase in yield from increased moisture supply	
		2018	2019	2020	среднее / average		
						т/га / t/ha	%
Без удобрений (контроль) / No Fertilizer (control)	60-70-60	41,4	38,2	38,7	39,4	–	–
	70-80-70	47,0	43,8	44,5	45,1	5,7	14,5
	80-90-80	56,1	52,4	53,2	53,9	14,5	36,8
N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	60-70-60	50,1	46,9	47,6	48,2	–	–
	70-80-70	63,1	60,2	60,9	61,4	13,2	27,4
	80-90-80	73,3	70,7	71,4	71,8	23,6	48,9
N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	60-70-60	56,7	53,1	54,0	54,6	–	–
	70-80-70	69,3	65,9	66,7	67,3	12,7	23,3
	80-90-80	80,2	77,0	78,0	78,4	23,8	43,6
N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	60-70-60	63,8	60,5	61,4	61,9	–	–
	70-80-70	74,1	70,9	71,6	72,2	10,3	16,6
	80-90-80	85,3	81,6	82,4	83,1	21,2	34,2

Анализируя полученные данные по вариантам опыта можно отметить, что при капельном поливе сочетание водного режима почвы и минерального питания положительно повлияло на продуктивность капусты (рисунок 4).

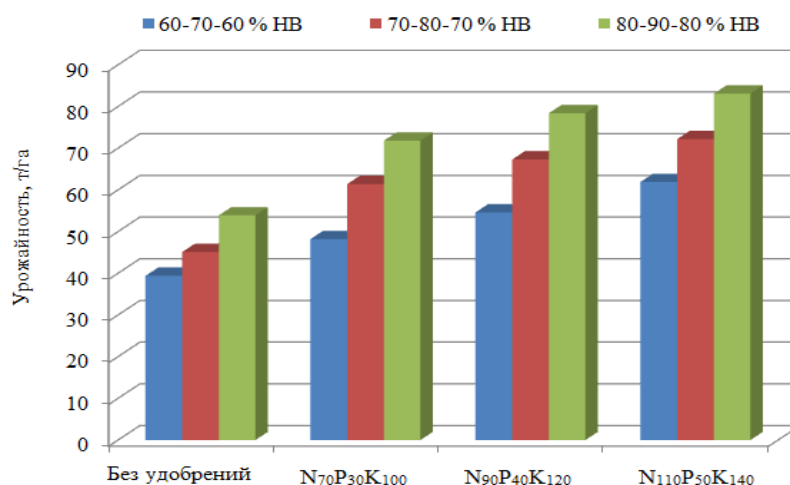


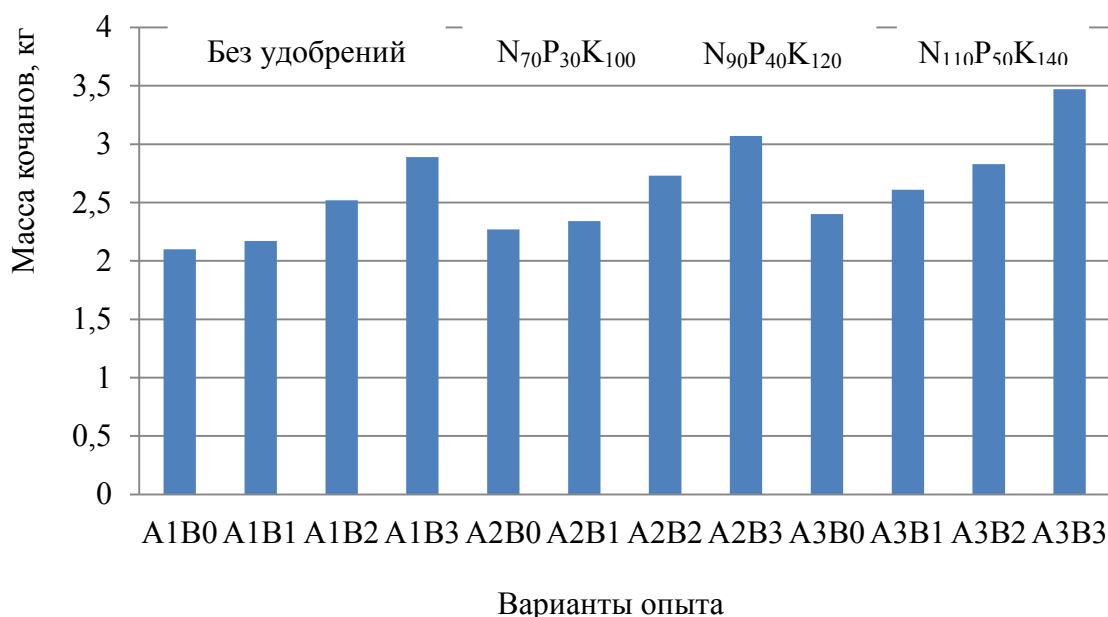
Рисунок 4 – Зависимости урожайности белокочанной капусты от водного режима почвы и минерального питания (в среднем за годы исследований)

Figure 4 – Dependence of white cabbage yield on soil water regime and mineral nutrition (on average over the years of research)

По результатам дисперсионного анализа обработки полученных данных установлено, что величина наименьшей средней разницы ($HCp_{0,5}$) по фактору А (водный режим почвы) изменяется от 2,01 до 2,06 т/га, а по фактору В (нормы удобрения) – от 2,32 до 2,38 т/га.

За 3 года исследований на основе полученных данных установлено, что наибольшая масса кочана в среднем изменялась следующим образом:

- на I режиме орошения получено минимальное значение, которое варьировалось от 2,10 кг до 2,89 кг;
- на II и III режимах орошения соответственно от 2,27 кг до 3,07 кг и от 2,40 кг до 3,47 кг (рисунок 5).



Варианты опыта

Рисунок 5 – Зависимость массы кочанов от исследуемых вариантов опыта

Figure 5 – Dependence of the mass of heads of cabbage on the experimental variants studied

Следует отметить, что не всегда самый высокий урожай является по качеству лучшим, то есть качество кочанов не зависит от количества урожая. В наших опытах, например, в зависимости от нормы внесения удобрений лучшего качества кочаны капусты формировались в вариантах с I режимом орошения. В этом варианте содержание сухого вещества колебалось в пределах 9,1-9,4%, а сахара и витамина С – 5,2-5,6% и 44,2-45,2 мг на 1 кг соответственно. Сухое вещество для II режима орошения составляло 8,7-9,2%. В этом варианте содержание сахара и витамина С изменялось от 5,0 до 5,3% и от 43,1 до 44,3 мг/кг соответственно. Несмотря на высокую урожайность при III режиме орошения, выход сухого вещества, сахара и витамина С был самым низким по сравнению с другими режимами орошения, а именно в кочанах сухое вещество содержалось 8,6-9,1%, сахар и витамин С были на уровне 4,9-5,2% и 40,9-44,2 мг/кг соответственно (таблица 4).

Таблица 4 – Биохимический состав кочанов капусты за 2018-2020 гг.

Table 4 – Biochemical composition of cabbage heads for 2018-2020

Предполивная влажность почвы, % HB / Pre-irrigation soil moisture, % HB	Доза удобрений, кг д. в./га / Fertilizer dose	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Сахар, % / Sugar, %	Витамин С, мг/кг / Vitamin C, mg/kg	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg/kg
60-70-60	Без удобрений (контроль) / No Fertilizer (control)	8,9	5,1	42,3	200
	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	9,1	5,2	44,2	232
	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	9,3	5,3	44,9	305
	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	9,4	5,6	45,2	332
70-80-70	Без удобрений (контроль) / No Fertilizer (control)	8,5	4,9	41,9	198
	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	8,7	5,0	43,1	227
	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	8,9	5,1	43,8	288
	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	9,2	5,3	44,3	321
80-90-80	Без удобрений (контроль) / No Fertilizer (control)	8,4	4,7	40,0	191
	N ₇₀ P ₃₀ K ₁₀₀	8,6	4,9	40,9	224
	N ₉₀ P ₄₀ K ₁₂₀	8,8	5,0	41,3	281
	N ₁₁₀ P ₅₀ K ₁₄₀	9,1	5,2	44,2	307

Учитывая сложившуюся экологическую ситуацию и особенности капусты необходимо больше внимания обращать на содержание нитратов во время сбора урожая. В наших опытах их количество в зависимости от варианта колебалось от 191 до 332 мг/кг, что не превышает предельно допустимого количества нитратов (500 мг в сутки), установленного ФАО.

С учетом расчета параметров оросительных систем, суммарного водопотребления, поливных норм и норм минеральных удобрений, а также на основании сбора исходной информации [14-16] нами была составлена блок-схема между основными элементами технологии получения планируемой урожайности капусты в условиях Волго-Донского междуречья (рисунок 6).

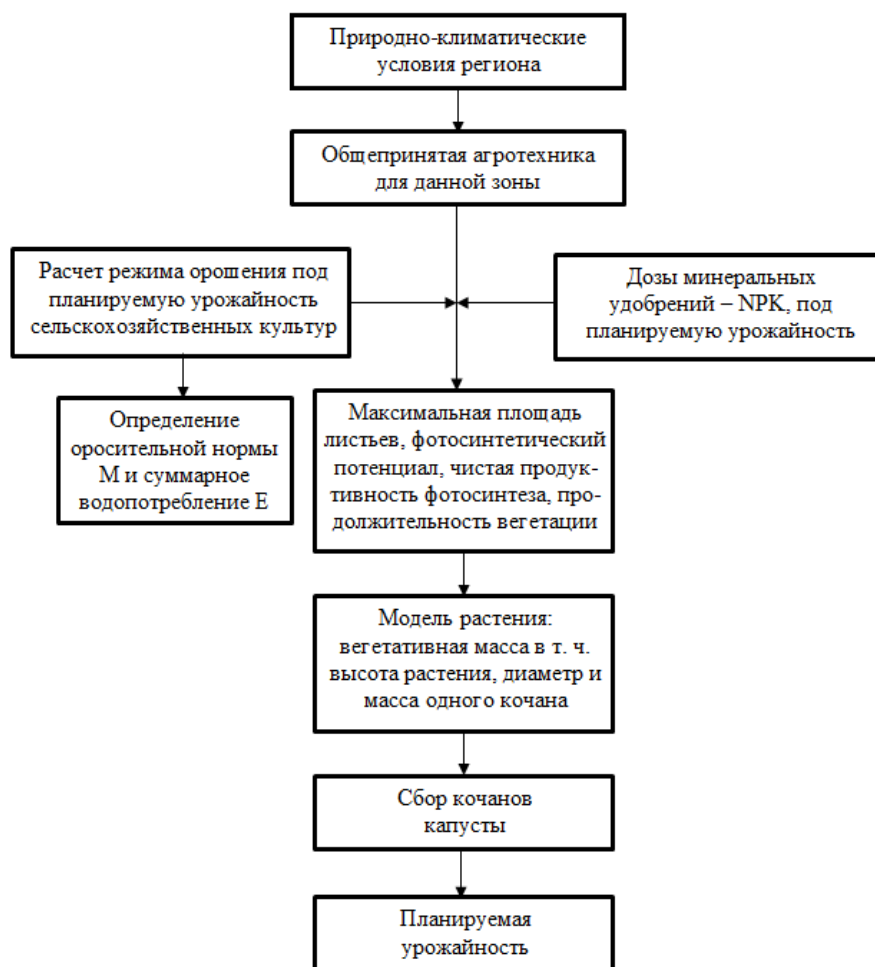


Рисунок 6 – Блок-схема взаимосвязи между элементами технологии и основными параметрами формирования планируемой урожайности белокачанной капусты/

Figure 6 – Block diagram of the relationship between the elements of technology and the main parameters for the formation of the planned yield of white cabbage

Подводя итоги, можно отметить следующее:

- 1) основными факторами формирования урожая белокачанной капусты являются оптимизация системы орошения и дозы минеральных удобрений;
- 2) при определении режима орошения белокачанной капусты необходимо учитывать сложившиеся природно-климатические условия региона, определяющие влажность активного слоя почвы и водопотребление растения в период ее вегетации.

Заключение. На основе полученных данных установлено, что за период вегетации для получения урожайности 60 т/га капусты необходимо поддерживать уровень влажности почвы перед поливом 60-70-60 и 70-80-70% НВ при внесении норм удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$ и $N_{90}P_{40}K_{120}$ соответственно. Увеличение урожайности капусты на 70 т/га происходит за счет поддержания влажности почвы на уровне 70-80-70 и 80-90-80% НВ и удобрений нормой $N_{110}P_{50}K_{140}$ и

$N_{70}P_{30}K_{100}$ соответственно. Урожайность капусты обеспечивалась на уровне 80 т/га внесением дозы удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$ и поддержанием уровня влажности перед поливом 80-90-80% НВ. Таким образом, лучшим сочетанием, обеспечившим получение наибольшей урожайности капусты белокочанной на уровне 83,1 т/га, был – режим капельного орошения с дифференциацией влажности почвы 80-90-80% НВ и расчетная доза минеральных удобрений $N_{110}P_{50}K_{140}$. Установлено, что применение изученных режимов орошения и норм внесения удобрений не оказало существенного влияния на накопление сахара и витамина С. В то же время с интенсификацией режима орошения наблюдалось незначительное снижение содержания сухого вещества. При этом содержание нитратов в кочанах капусты во всех опытных вариантах было значительно ниже предельно допустимых значений.

Conclusions. Based on the obtained data, it was established that in order to obtain a yield of 60 t/ha of cabbage during the growing season, it is necessary to maintain the soil moisture level before irrigation at 60-70-60 and 70-80-70% of FMC with the application of fertilizers at rates of $N_{110}P_{50}K_{140}$ and $N_{90}P_{40}K_{120}$, respectively. An increase in cabbage yield by 70 t/ha occurs due to maintaining soil moisture at the level of 70-80-70 and 80-90-80% of FMC and fertilizers at the rate of $N_{110}P_{50}K_{140}$ and $N_{70}P_{30}K_{100}$, respectively. Cabbage yield was ensured at the level of 80 t/ha by applying a dose of $N_{110}P_{50}K_{140}$ fertilizer and maintaining the moisture level before irrigation at 80-90-80% of FMC. Thus, the best combination that ensured the highest yield of white cabbage at the level of 83.1 t/ha was the drip irrigation regime with soil moisture differentiation of 80-90-80% of FMC and the calculated dose of mineral fertilizers $N_{110}P_{50}K_{140}$. It was found that the use of the studied irrigation regimes and fertilizer application rates did not have a significant effect on the accumulation of sugar and vitamin C. At the same time, with the intensification of the irrigation regime, a slight decrease in the dry matter content was observed. At the same time, the nitrate content in cabbage heads in all experimental variants was significantly lower than the maximum permissible values.

Библиографический список

1. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Продуктивность использования влаги белокочанной капусты при орошении в Волго-Донском междуречье. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 2 (62). С. 32-41.
2. Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Влияние орошения и удобрений на рост и развитие белокочанной капусты. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 3 (63). С. 41-51.
3. Бородычев В. В., Щепотко Н. А. Водный режим почвы и продуктивность белокочанной капусты при капельном орошении. Научная жизнь. 2017. № 8. С. 42-51.
4. Дубенок Н. Н., Майер А. В. Многолетние исследования гидротермического режима агроценозов и системы комбинированного орошения для его регулирования. Российская сельскохозяйственная наука. 2022. № 2. С. 3-7.
5. Корсак В. В., Рябцева Т. Г., Фалькович А. С. Математические модели выноса элементов питания растениями капусты белокочанной поздней на капельном поливе. Научная жизнь. 2023. Т. 18. Вып. 1 (127). С. 62-72.
6. Корсаков К. В., Пронько В. В., Степанченко Д. А. Сравнительная оценка отзывчивости орошаемых овощных культур на гуминовые удобрения в Саратовском Заволжье. Проблемы агрохимии и экологии. 2020. № 3. С. 3-7.
7. Кружилин И. П., Никольская О. А. Обоснование водного режима почвы и регламента капельного полива саженцев черешни. Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 2. С. 9-13.
8. Курбанов С. А., Магомедова Д. С., Халимбеков А. Ш. Урожайность свеклы столовой при ленточном посеве и применении регулятора роста. Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 18-22.
9. Магомедова Д. С., Курбанов С. А., Рамазанов Д. М. Влияние капельного орошения и способов основной обработки почвы на урожайность и качество сладкого перца в условиях Республики Дагестан. Овощи России. 2020. Вып. 6. С. 14-18.
10. Пронько Н. А., Рябцева Т. Г. Водопотребление капусты белокочанной при капельном орошении в Саратовском правобережье. Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 16-21.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Seidel S. et al. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage. Agricultural Water Management. 2017. № 187. Pp. 99-111.
13. Khodiakov E. Akhmedov A., Borovoy E., Milovanov S., Bondarenko K. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia. / E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. V. 282.
14. Lamm F. R., Rogers D. H. Longevity and performance of a subsurface drip irrigation system. Trans ASABE. 2017. № 60 (3). Pp. 931-939.
15. Ovchinnikov A. S. et al. Optimum control model of soil water regime under irrigation. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. Pp. 909-913.
16. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. V. 96 (5). Pp. 1253-1265.

References

1. Akhmedov A. D., Abduova R. Y. Productivity of using the moisture of white cabbage during irrigation in the Volga-Don interfluvium. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 2 (62). Pp. 32-41.
2. Akhmedov A. D., Abduova R. Y. Influence of irrigation and fertilizers on the growth and development of white cabbage. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 3 (63). Pp. 41-51.
3. Borodichev V. V., Shchepotko N. A. Water regime of soil and productivity of white cabbage in drip irrigation. Scientific life. 2017. № 8. Pp. 42-51.
4. Dubenok N. N., Mayer A. V. Long-term studies of the hydrothermal regime of agroecosystems and the system of combined irrigation for its regulation. Russian Agricultural Science. 2022. № 2. Pp. 3-7.
5. Korsak V. V., Ryabtseva T. G., Falkovich A. S. Mathematical models of the removal of nutrients by plants of white cabbage late on drip irrigation. Scientific life. 2023. V. 18. № 1 (127). Pp. 62-72.
6. Korsakov K. V., Pronko V. V., Stepanchenko D. A. Comparative assessment of the responsiveness of irrigated vegetable crops to humic fertilizers in the Saratov Trans-Volga region. Problems of Agrochemistry and Ecology. 2020. № 3. Pp. 3-7.
7. Kruzhilin I. P., Nikolskaya O. A. Substantiation of the water regime of the soil and the regulations for drip irrigation of cherry seedlings. Russian Agricultural Science. 2021. № 2. Pp. 9-13.
8. Kurbanov S. A., Magomedova D. S., Khalimbekov A. Sh. Yield of table beet in ribbon sowing and application of growth regulator. Agrarian Russia. 2022. № 4. Pp. 18-22.
9. Magomedova D. S., Kurbanov S. A., Ramazanov D. M. Influence of drip irrigation and methods of basic soil treatment on the yield and quality of sweet pepper in the conditions of the Republic of Dagestan. Vegetables of Russia. 2020. I. 6. Pp. 14-18.
10. Pronko N. A., Ryabtseva T. G. Water consumption of white cabbage with drip irrigation in the Saratov right bank. Agrarian Scientific Journal. 2018. № 1. Pp. 16-21.
11. Akhmedov A. D., Borovoy E. P., Khodiakov E. A. Water-saving technologies for vegetables in the south of Russia. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science: Conference on Innovations in Agricultural and Rural development. 2019. V. 341. 012105.
12. Seidel S. et al. Impact of irrigation on plant growth and development of white cabbage. Agricultural Water Management. 2017. № 187. Pp. 99-111.
13. Khodiakov E., Akhmedov A., Borovoy E., Milovanov S., Bondarenko K. Management of the water regime of soil to increase the vegetable crops yield with different irrigation methods in the south of Russia. / E3S Web Conf. International Conference: Ensuring Food Security in the Context of the COVID-19 Pandemic (EFSC2021). 2021. V. 282.
14. Lamm F. R., Rogers D. H. Longevity and performance of a subsurface drip irrigation system. Trans ASABE. 2017. № 60 (3). Pp. 931-939.
15. Ovchinnikov A. S. et al. Optimum control model of soil water regime under irrigation. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018. V. 24. № 5. Pp. 909-913.
16. Yurchenko I. F. Information support system designed for technical operation planning of reclamative facilities. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. 2018. V. 96 (5). Pp. 1253-1265.

Информация об авторе

Ахмедов Аскар Джангир оглы, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Абдуова Райхан Юрьевна, соискатель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), e-mail: rabduova@mail.ru

Author's Information

Akhmedov Askar Dzhangir oglu, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky pr. 26), e-mail: askar-5@mail.ru

Abduova Raikhan Yurievna, applicant, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Prospect, 26), e-mail: rabduova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-05

FEATURES OF GROWTH PROCESSES AND PRODUCTIVITY OF THE DOMESTIC GRAPE VARIETIES IN THE DIFFERENT TYPES OF TERROIRS

Petrov V. S., Marmorshtein A. A., Aleynikova G. Yu., Antonyan A. K., Khristenko P. A.

*North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: petrov_53@mail.ru

Received 28.11.2024

Submitted 21.02.2025

Summary

The results of the study of growth processes and productivity of technical domestic grape varieties in different types of terroirs of agroecological zones of the Krasnodar region are presented. According to the aggregate of morphometric values of shoots and leaves, the most active growth processes in Vladimir and Dmitry grape plants occur in the Central agroecological zone of the Krasnodar region, terroir C4, in the Kurchansky variety the reaction is less unambiguous.

Abstract

Introduction. The relevance is due to the need to research and effectively use the resource potential of terroirs and the biological characteristics of domestic grape varieties. **Object.** Technical domestic grape varieties of the NCFSCHVW breeding Vladimir, Dmitriy and Kurchanskiy. **Materials and methods.** The research was carried out in different agroecological conditions of different types of terroirs in the Black Sea, Piedmont and Central viticulture zones of the Krasnodar region. The research uses generally accepted methods of agrobiological accounting and crop accounting, the amperometric method for studying the growth processes of grape plants. **Results and conclusion.** The technical grape varieties Vladimir, Dmitriy and Kurchanskiy react differently to the agroecological conditions of different types of terroirs. According to the totality of morphometric values of shoots and leaves, the most active growth processes in Vladimir grape plants occur in the Central agroecological zone of the Krasnodar region, terroir C₄ on leached chernozems with good heat and moisture supply. By the weight of the grape yield per 1 m² of leaves, the highest productivity of the variety is noted in the Black Sea agroecological zone, terroir BS₁ on southern Chernozems in conditions of good heat supply and lack of precipitation and is 0.88 kg/m². This is 48 and 7 0% more than in the Central and Piedmont agroecological zones. A similar reaction was observed in plants of the Dmitriy grape variety. In this variety, the most intensive growth processes and the mass of the grape yield per 1 m² of leaves were in the Central agroecological zone, terroir C₄. In the Kurchanskiy grape variety, the reaction to the agroecological conditions of the terroirs is ambiguous. The largest growth and leafiness of shoots, as well as the area of leaves per 1 kg of yield and bunches were in the Black Sea agroecological zone of the Krasnodar region, terroir BS₁. The average area of one leaf, the leaf surface area of one shoot, bush and per hectare, as well as the yield weight per 1 m² of leaves were the largest in the Central Agroecological Zone, terroir C₄. The lowest values of growth processes and productivity were in the varieties Vladimir and Kurchanskiy in the Piedmont agroecological zone, terroir P₁ on grey forest soils with the lowest heat supply and moderate rainfall.

Keywords: vineyards, grape varieties, grape productivity, grape growth processes, grape yield.

Citation. Petrov V. S., Marmorshtein A. A., Aleynikova G. Yu., Antonyan A. K. Khristenko P. A. Features of growth processes and productivity of the domestic grape varieties in the different types of terroirs. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 52-63 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-05.

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.

Acknowledgments. This present work was supported by the Russian Science Foundation and Kuban Science Foundation, Grant No. 24-26-20049 (<https://rscf.ru/project/24-26-20049/>).

УДК 634.8 (631.52)

ОСОБЕННОСТИ РОСТОВЫХ ПРОЦЕССОВ И ПРОДУКТИВНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА В РАЗНОТИПНЫХ ТЕРРУАРАХ

Петров В. С., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Марморштейн А. А., кандидат сельскохозяйственных наук

Алейникова Г. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук

Антонян А. К., младший научный сотрудник

Христенко П. А., лаборант-исследователь

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
Краснодар, Российская Федерация*

Актуальность. Обусловлена необходимостью исследования и эффективного использования ресурсного потенциала терруаров и биологических особенностей отечественных сортов винограда. **Объект.** Технические отечественные сорта винограда селекции СКФНЦСВВ Владимир, Дмитрий и Курчанский. **Материалы и методы.** Исследования выполнены в разных агроэкологических условиях разнотипных терруаров в Черноморской, Предгорной и Центральной зонах виноградарства Краснодарского края. В исследованиях применены общепринятые методы агробиологических учетов и учета урожая, амперометрический метод для изучения ростовых процессов растений винограда. **Результаты и выводы.** Технические сорта винограда Владимир, Дмитрий и Курчанский неодинаково реагируют на агроэкологические условия разнотипных терруаров. По совокупности морфометрических значений побегов и листьев наиболее активно ростовые процессы у растений винограда сорта Владимир протекают в Центральной агроэкологической зоне Краснодарского края, терруар Ц₄ на Черноземах выщелоченных с хорошей тепло- и влагообеспеченностью. По массе урожая винограда

на 1 м² листьев наибольшая продуктивность сорта отмечается в Черноморской агроэкологической зоне, терруар Ч₁ на Черноземях южных в условиях хорошей теплообеспеченности и дефицита атмосферных осадков и составляет 0,88 кг/м². Это на 48 и 70% больше, чем в Центральной и Предгорной агроэкологических зонах. Аналогичная реакция была у растений винограда сорта Дмитрий. У данного сорта наиболее интенсивные ростовые процессы и масса урожая винограда на 1 м² листьев были в Центральной агроэкологической зоне, терруар Ц₄. У сорта винограда Курчанский реакция на агроэкологические условия терруаров неоднозначна. Наибольший прирост и облиственность побегов, а также площадь листьев на 1 кг урожая и грозди были в Черноморской агроэкологической зоне Краснодарского края, терруар Ч₁. Средняя площадь одного листа, площадь листовой поверхности одного побега, куста и на один гектар, а также масса урожая на 1 м² листьев были наибольшими в Центральной агроэкологической зоне, терруар Ц₄. Наименьшие значения ростовых процессов и продуктивности были у сортов Владимир и Курчанский в Предгорной агроэкологической зоне, терруар П₁ на серых лесных почвах с наименьшей теплообеспеченностью и умеренным количеством атмосферных осадков.

Ключевые слова: виноградники, сорта винограда, продуктивность винограда, ростовые процессы винограда, урожайность винограда.

Цитирование. Петров В. С., Мarmorштейн А. А., Алейникова Г. Ю., Антонян А. К., Христенко П. А. Особенности ростовых процессов и продуктивности отечественных сортов винограда в разнотипных терруарах. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 52-63. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-05.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 24-26-20049 (<https://rscf.ru/project/24-26-20049/>).

Введение. Повышение конкурентоспособности отечественного виноградарства и виноделия в современных условиях опирается на использование виноградо-винодельческих терруаров. «Виноградо-винодельческий терруар – ограниченная территория в составе виноградо-винодельческого района, которая охватывает виноградные насаждения определенных сортов, находящиеся в определенных геофизических, климатических и почвенных условиях, и в границах которой применение определенных технологических приемов виноградарства и виноделия определяет особые органолептические характеристики винодельческой продукции» [1]. Терруары позволяют существенно активизировать ростовые процессы, повысить продуктивность насаждений, их устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам, улучшить качество винограда и вина в результате эффективного использования ресурсного почвенно-климатического потенциала агротерриторий и биологических особенностей генофонда в продукционном процессе растений.

Влияние терруаров на ростовые и продукционные процессы изучают как у подвойных сортов винограда [2], так и у привойных столовых [3] и технических [4].

Чаще всего изучение ростовых процессов используется как способ оценки влияния агротерритории и агротехнических приемов на длину побегов [2], фотосинтетический потенциал, чистую продуктивность фотосинтеза и общую биомассу [3], однолетний прирост и площадь листовой поверхности в годичном цикле онтогенеза растений винограда [4], физиологические эффекты продукционных процессов растений [5-7]. Эти способы применяют также для оценки интродуцированных сортов с целью расширения ассортимента [8] и для выделения более адаптированных к условиям местности клонов [9, 10].

Цель исследования – выявить особенности ростовых процессов и продуктивности отечественных сортов винограда в зависимости от территориального размещения и свойств терруаров.

Материалы и методы. Объектами исследований являются технические сорта винограда отечественной селекции ФГБНУ СКФНЦСВВ Дмитрий, Владимир и Курчанский.

Дмитрий (Варусет × Гранатовый) – сильнорослый технический сорт винограда позднего срока созревания для приготовления красных столовых и ликерных вин. Характеризуется высокой урожайностью, средней устойчивостью к грибным болезням, высокой устойчивостью к морозам [11, 12] (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сорт Дмитрий (авторское фото, 2024)
Figure 1 – Variety Dmitry (author's photo, 2024)

Владимир (Мицар × Саперави северный) – среднерослый высокоурожайный технический сорт винограда среднего срока созревания. Используется для приготовления красных столовых и ликерных вин. Устойчив к морозам [13, 14] (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сорт Владимир [14]
Figure 2 – Variety Vladimir [14]

Курчанский (Мускат кубанский × Саперави северный) – сильнорослый технический сорт винограда позднего срока созревания, используется для изготовления высококачественных столовых и ликерных вин. Обладает повышенной устойчивостью к грибным болезням и морозам, высокой и стабильной урожайностью [15, 16] (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сорт Курчанский (авторское фото, 2024)
Figure 3 – Kurchansky variety (author's photo, 2024)

Исследования ростовых процессов и продуктивности сортов винограда выполнены в разнотипных терруарах, расположенных в различных агроэкологических зонах Краснодарского края: Черноморской (подзона 1, терруар Ч₁) – ООО «Питомник Виноградарь», Предгорной (подзона 1, терруар П₁) – КФХ «Коваль А. И.», Центральной (подзона 4, терруар Ц₄) – КФХ «Фисюра А. В.».

Терруар Ч₁ в Черноморской зоне расположен на черноземах южных, характеризуется умеренной температурой воздуха за год, а также наиболее низкой максимальной температурой в период вегетации винограда и высокой минимальной в период покоя растений, наименьшей суммой атмосферных осадков за год по сравнению с изучаемыми терруарами. Терруар П₁ в Предгорной зоне расположен на серых лесных почвах, отличается самой низкой среднегодовой и минимальной температурой воздуха, средними значениями максимальной и суммой активных температур воздуха, годовой суммой атмосферных осадков относительно других терруаров. Терруар Ц₄ в Центральной зоне расположен на черноземах выщелоченных, характеризуется умеренной температурой воздуха за год, наибольшей максимальной и суммой активных температур, средней минимальной температурой и наиболее высокой суммой атмосферных осадков (таблица 1).

Таблица 1 – Описание агроэкологических подзон виноградарства Краснодарского края, в которых проводились исследования биологической продуктивности отечественных сортов винограда [17]
Table 1 – Description of agroecological viticulture subzones of the Krasnodar region, in which studies of the biological productivity of domestic grape varieties were carried out [17]

Подзоны / Subzones	Преобладающий тип почвы / Predominant Soil Type	Температура воздуха, °C / Air temperature, °C				Атмосферные осадки за год, мм / Precipitation per year, mm
		средняя за год / average for the year	Максимальная / Maximum	Минимальная / Minimum	сумма активных температур / Sum of active temperatures	
Ч ₁	Черноземы южные / Southern chernozems	+12,4...+13,0	+38	-24...-22	3800...3950	500-550
П ₁	Луговые и лугово-черно-земные, серые лесные / Meadow and meadow- chernozems, gray forest	+11,2...+12,5	+39	-31...-30	3750...3850	650-750
Ц ₄	Черноземы Выщелоченные / Leached chernozems	+12,5...+13,0	+40	-30...-28	3900...4100	700-800

Агробиологические учеты и учеты урожая выполнены общепринятыми методиками на учетных кустах в полевых условиях в пятикратной повторности. Определение площади листовой поверхности производили амперометрическим методом в конце августа - начале сентября после окончания роста побегов [18].

Результаты. Вегетационный период 2024 г. на экспериментальных участках характеризовался повышенным температурным режимом и дефицитом атмосферных осадков (рисунки 4-6). Среднесуточная температура перешла через +5 °C на 38-40 дней раньше климатических значений, через +10 °C – на 17-21, через +15 °C – на 30-34, через +20 °C – на 7-10 (из-за кратковременного понижения температуры в первой декаде мая). Средняя температура вегетации в Черноморской зоне Ч₁ составила 21,7 °C и была на 2,1 °C выше нормы, в Предгорной зоне П₁ на 2,5 °C выше нормы и в Центральной зоне Ц₄ на 2,1 °C. Средняя месячная температура воздуха была ниже нормы только в мае – на 0,6 °C в Черноморской зоне Ч₁, на 1,2 °C в Предгорной зоне П₁ и на 1,9 °C в Центральной зоне Ц₄. Рекорды максимальной температуры воздуха зафиксированы в первые две декады июля – 38 °C в Черноморской зоне Ч₁, 40 °C в Предгорной зоне П₁ и в Центральной зоне Ц₄, при средней месячной температуре 27,3 °C (норма 24,5 °C), 27,0 °C (норма 23,6 °C) и 28,3 °C (норма 24,8 °C), соответственно. Минимальные температуры были выше абсолютных минимумов. Сумма атмосферных осадков составила 160 мм в Черноморской зоне Ч₁ (на 96 мм меньше нормы), 193 мм в Предгорной зоне П₁ (на 244 мм меньше нормы), 181 мм в Центральной зоне Ц₄ (на 169 мм меньше нормы).

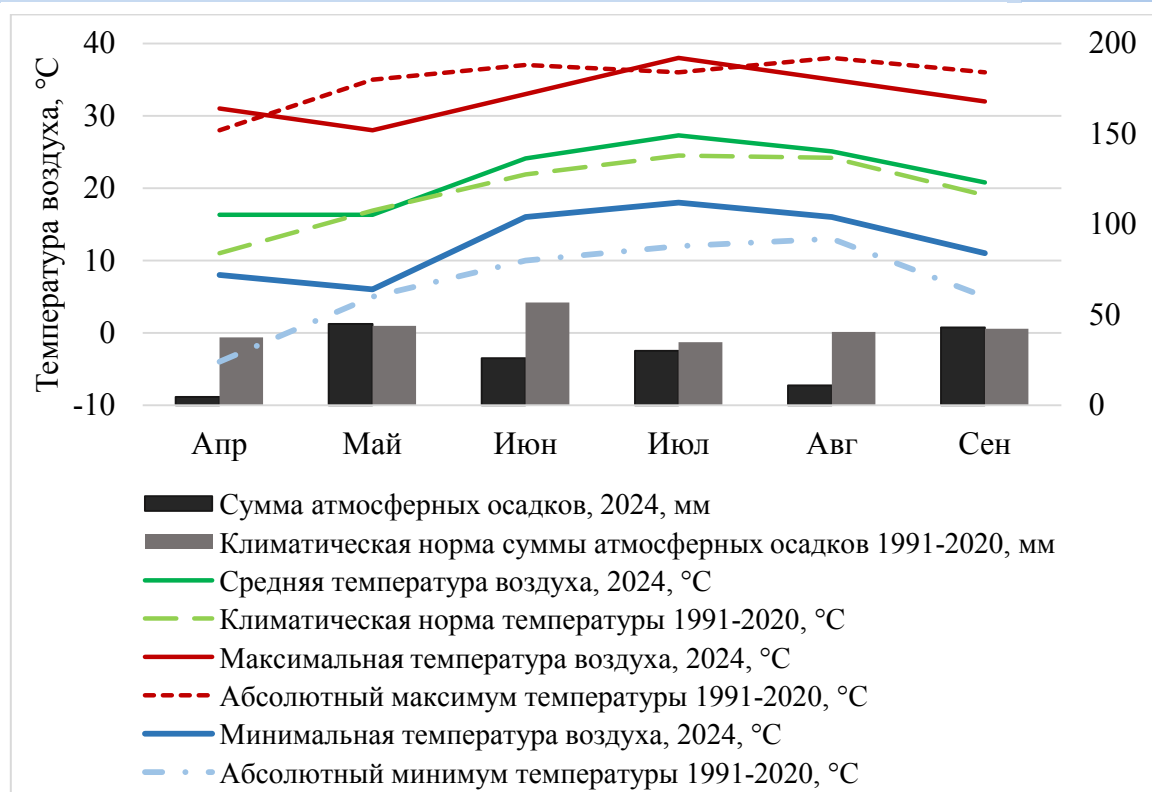


Рисунок 4 – Метеорологические особенности периода вегетации (апрель-октябрь) 2024 г. в Черноморской агроэкологической зоне Ч₁, метеостанция г. Темрюк

Figure 4 – Meteorological features of the growing season (April-October) 2024 in the Black Sea agroecological zone Part 1, weather station in Temryuk

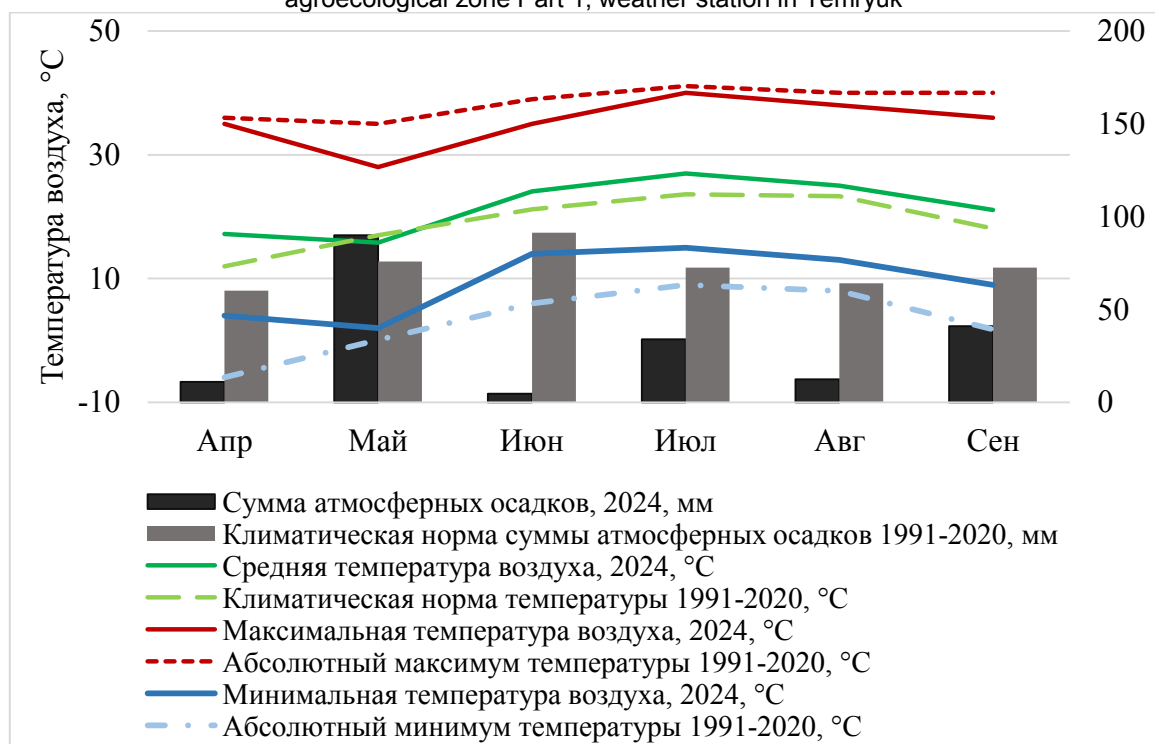


Рисунок 5 – Метеорологические особенности периода вегетации (апрель-октябрь) 2024 г. в Предгорной агроэкологической зоне П₁, метеостанция г. Горячий ключ

Figure 5 – Meteorological features of the growing season (April-October) 2024 in the Foothill agroecological zone P1, weather station in Goryachiy Klyuch

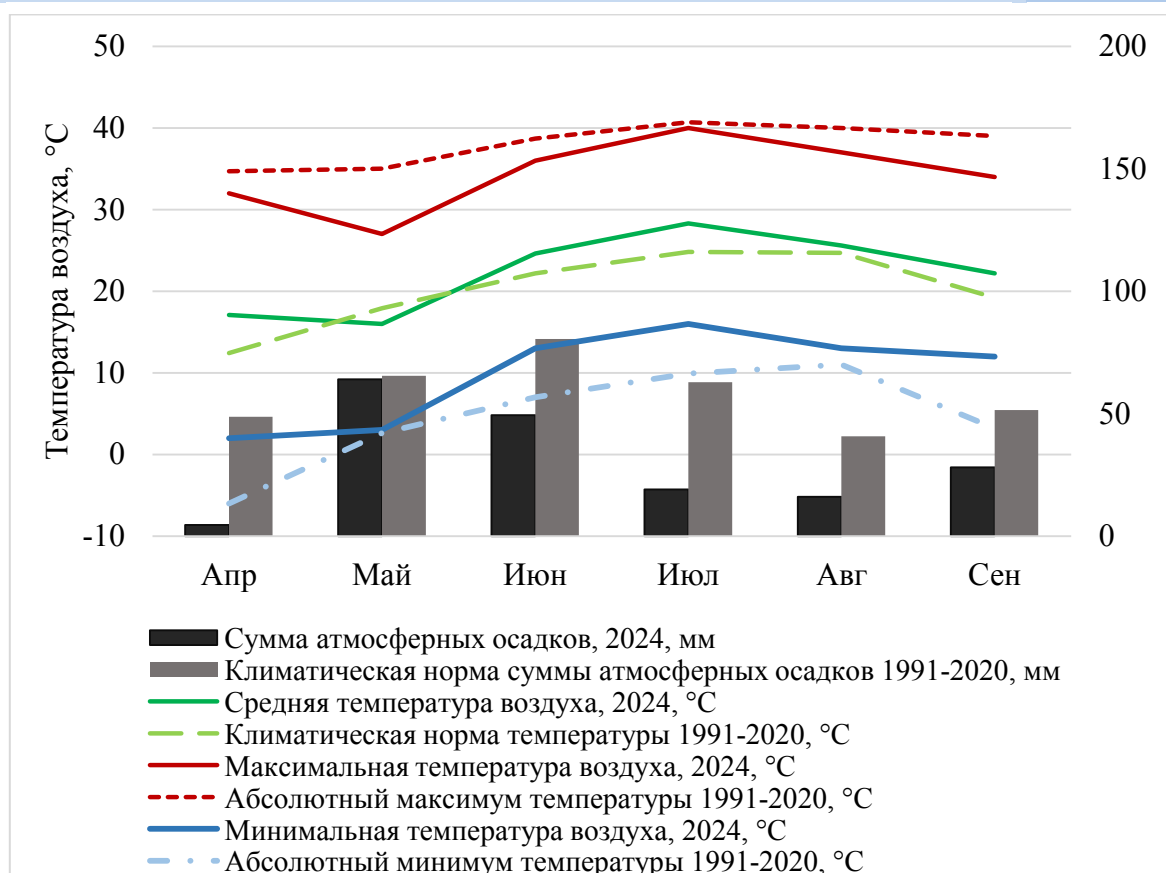


Рисунок 6 – Метеорологические особенности периода вегетации (апрель-октябрь) 2024 г. в Центральной агроэкологической зоне Ц₄, метеостанция г. Краснодар
Figure 6 – Meteorological features of the growing season (April-October) 2024 in the Central Agroecological Zone C₄, Krasnodar weather station

Таблица 2 – Показатели ростовых процессов и продуктивности отечественного сорта винограда Владимир в разнотипных терруарах
Table 2 – Indicators of growth processes and productivity of the domestic grape variety Vladimir in different types of terroirs

Показатель / Index	Ч ₁	П ₁	Ц ₄	Среднее / Average	НСР ₀₅
Длина побега, см / Shoot length, cm	133,0	56,4	322,4	170,6	29,05
Среднее количество листьев на побег, шт. / Average number of leaves per shoot, pcs.	26,0	13,0	21,0	20,0	6,36
Средняя площадь одного листа, см ² / Average area of one leaf, cm ²	76,1	52,1	165,1	97,8	19,16
Площадь листовой поверхности одного побега, см ² / Leaf surface area of one shoot, cm ²	1978,6	677,3	3467,1	2041	92,76
Площадь листовой поверхности одного куста, м ² / Leaf surface area of one bush, m ²	8,51	3,52	21,84	11,29	7,64
Площадь листовой поверхности на гектар, тыс. м ² /га / Leaf area per hectare, thousand m ² /ha	18,91	4,4	32,85	18,72	9,364
Площадь листьев на 1 кг урожая, м ² /кг / Leaf area per 1 kg of crop, m ² /kg	1,13	3,91	2,18	2,41	2,941
Площадь листьев на 1 гроздь, м ² /гроздь / Leaf area per 1 cluster, m ² /bunch	0,18	0,15	0,23	0,19	0,499
Масса урожая на 1 м ² листьев, кг/м ² / Yield weight per 1 m ² of leaves, kg/m ²	0,88	0,26	0,46	0,53	1,397

У сорта Владимир наибольшая длина побега, площадь одного листа, площадь листьев на побег, куст и на один гектар наблюдались в Центральной зоне Ц₄, при этом количество листьев на побег – в Черноморской зоне Ч₁. Наибольшая площадь листьев на 1 кг урожая была в Предгорной зоне П₁ – 3,91 м², далее в убывающем порядке следуют Центральная Ц₄ и Черноморская зоны Ч₁, соответственно 2,18 и 1,13 м²/кг. Площадь листьев на 1 гроздь составляет 0,15 м² в Предгорной зоне П₁ – это наименьший показатель, в Центральной зоне Ц₄ – 0,23 м². Наибольшая масса урожая на один м² листьев была 0,88 кг в Черноморской зоне Ч₁, меньше на 48 % в Центральной Ц₄ зоне и на 70% в Предгорной зоне П₁ (таблица 2).

У растений сорта Дмитрий разница в длине побегов в разнотипных терруарах меньше, чем у сорта Владимир. Разница достигает 42,6 см между длиной побегов данного сорта в Черноморской зоне Ч₁ и Центральной зоне Ц₄. Среднее количество листьев на побег практически одинаковое по всем терруарам. Средняя площадь одного листа возрастает от 75 см² в Черноморской зоне Ч₁ до 90 и 124,8 см² в Предгорной П₁ и Центральной зоне Ц₄ соответственно. Аналогично возрастает площадь листовой поверхности одного побега – от 1650 см² до 1980,0 и 2870,4 см². Площадь листовой поверхности одного куста почти не отличается в Черноморской Ч₁ и Предгорной П₁ зонах (7,1 и 7,13 м²), в Центральной зоне Ц₄ она была выше более чем в 2,6 раза (18,37 м²). Площадь листовой поверхности на гектар не имеет такого сильного различия как у сорта Владимир. Наименьшая она была в Предгорной зоне П₁ – 8,91 тыс. м²/га, в Черноморской зоне Ч₁ в 1,8 раза больше, в Центральной зоне Ц₄ – в 3,1 раза больше, 27,63 тыс. м²/га. Площадь листьев на 1 кг урожая наименьшая в Центральной зоне Ц₄ – 1,39 м²/кг, в Предгорной зоне П₁ почти в два раза больше – 2,38 м²/кг. Площадь листьев на 1 гроздь меньше всего была в Черноморской зоне Ч₁ – 0,17 м². В Предгорной П₁ и Центральной Ц₄ зонах она была практически одинаковой и выше, чем в Черноморской зоне Ч₁ в 1,6-1,7 раза. Масса урожая на 1 м² листовой поверхности наименьшая в Предгорной зоне П₁ – 0,42 кг, возрастает до 0,66 кг/м² в Черноморской зоне Ч₁ и выше всего в Центральной зоне Ц₄ – 0,72 кг/м² (таблица 3).

Таблица 3 – Показатели ростовых процессов и продуктивности отечественного сорта винограда Дмитрий в разнотипных терруарах

Table 3 – Indicators of growth processes and productivity of the domestic grape variety Dmitry in different types of terroirs

Показатель / Index	Ч ₁	П ₁	Ц ₄	Среднее / Average	НСР ₀₅
Длина побега, см / Shoot length, cm	143,0	153,4	185,6	160,7	11,7
Среднее количество листьев на побег, шт. / Average number of leaves per shoot, pcs.	22,0	22,0	23,0	22,3	1,89
Средняя площадь одного листа, см ² / Average area of one leaf, cm ²	75,0	90,0	124,8	96,6	12,55
Площадь листовой поверхности одного побега, см ² / Leaf surface area of one shoot, cm ²	1650,0	1980,0	2870,4	2166,8	62,38
Площадь листовой поверхности одного куста, м ² / Leaf surface area of one bush, m ²	7,1	7,13	18,37	10,87	6,329
Площадь листовой поверхности на гектар, тыс. м ² /га / Leaf area per hectare, thousand m ² /ha	15,78	8,91	27,63	17,44	7,64
Площадь листьев на 1 кг урожая, м ² /кг / Leaf area per 1 kg of yield, m ² /kg	1,52	2,38	1,39	1,76	1,821
Площадь листьев на 1 гроздь, м ² /гроздь / Leaf area per 1 cluster, m ² /bunch	0,17	0,29	0,27	0,24	0,629
Масса урожая на 1 м ² листьев, кг/м ² / Yield weight per 1 m ² of leaves, kg/m ²	0,66	0,42	0,72	0,6	0,989

У растений сорта Курчанский длина побега по терруарам отличается существенно, почти на 100 см между крайними значениями. В Предгорной зоне П₁ средняя длина побега была наименьшей составила 103,4 см, в Центральной зоне Ц₄ больше на 66,4 см, в Черноморской зоне Ч₁ на 90,2 см. Облиственность также значительно отличается – 13 листьев на

побег в Предгорной зоне П₁ и 29 листьев на побег в Черноморской зоне Ч₁. Средняя площадь одного листа незначительно различается между Предгорной П₁ и Черноморской Ч₁ зонами – 118,8 и 127,2 см² соответственно, в то время как в Центральной зоне Ц₄ данный показатель составляет 169,5 см². Площадь листовой поверхности одного побега за счет количества листьев не сильно отличается у растений в Черноморской Ч₁ и Центральной Ц₄ зонах – 3688,8 и 3898,5 см² соответственно. В Предгорной зоне П₁ она была существенно меньше (1544,4 см²). Площадь листовой поверхности одного куста возрастает от 9,11 м² у растений в Предгорной зоне П₁ до 24,56 м² у растений в Центральной зоне Ц₄. Площадь листовой поверхности на гектар была наибольшей в Черноморской Ч₁ (35,24 тыс. м²/га) и Центральной Ц₄ зонах (36,94 тыс. м²/га), в Предгорной зоне П₁ более чем в три раза меньше – 11,39 тыс. м²/га. Площадь листьев на 1 кг урожая варьирует от 1,01 м² в Центральной зоне Ц₄ до 2,95 м² в Черноморской зоне Ч₁. Площадь листьев на 1 гроздь меняется от 0,23 м² в Предгорной зоне П₁ до 0,51 м² в Черноморской зоне Ч₁. Масса урожая винограда на 1 м² листьев составляет 0,34 кг в Черноморской зоне Ч₁, 0,54 кг/м² в Предгорной зоне П₁ и 0,99 кг/м² в Центральной зоне Ц₄ (таблица 4).

Таблица 4 – Показатели ростовых процессов и продуктивности отечественного сорта винограда Курчанский в разнотипных терруарах

Table 4 – Indicators of growth processes and productivity of the domestic grape variety Kurchansky in different types of terroirs

Показатель / Index	Ч ₁	П ₁	Ц ₄	Среднее / Average	НСР ₀₅
Длина побега, см / Shoot length, cm	193,6	103,4	169,8	155,6	16,97
Среднее количество листьев на побег, шт. / Average number of leaves per shoot, pcs.	29,0	13,0	23,0	21,7	7,06
Средняя площадь одного листа, см ² / Average area of one leaf, cm ²	127,2	118,8	169,5	138,5	12,94
Площадь листовой поверхности одного побега, см ² / Leaf surface area of one shoot, cm ²	3688,8	1544,4	3898,5	3043,9	89,61
Площадь листовой поверхности одного куста, м ² / Leaf surface area of one bush, m ²	15,86	9,11	24,56	16,51	6,909
Площадь листовой поверхности на гектар, тыс. м ² /га / Leaf area per hectare, thousand m ² /ha	35,24	11,39	36,94	27,86	9,383
Площадь листьев на 1 кг урожая, м ² /кг / Leaf area per 1 kg of yield, m ² /kg	2,95	1,86	1,01	1,94	2,448
Площадь листьев на 1 гроздь, м ² /гроздь / Leaf area per 1 cluster, m ² /bunch	0,51	0,23	0,3	0,35	0,948
Масса урожая на 1 м ² листьев, кг/м ² / Yield weight per 1 m ² of leaves, kg/m ²	0,34	0,54	0,99	0,62	1,432

Обсуждение. Согласно изучению клонов классических технических сортов в агро-экологических условиях с. Тамани, площадь одного листа составляла 100-108 см² (сорт винограда Пино нуар), 86-102 см² (сорт винограда Шардоне), 90-106 см² (сорт винограда Пино блан) и 105 см² (сорт винограда Рислинг рейнский). Площадь листового аппарата на один гектар варьировала от 18,5 тыс. м²/га у клона сорта Рислинг рейнский до 25 тыс. м²/га у клона сорта Шардоне [9]. Площадь листа у темноягодных клонов классических сортов винограда в с. Тамани варьировала от 101 (Каберне Совиньон) до 129 (Шираз) см², площадь листовой поверхности на гектар – от 19,0 (Мерло) до 26,5 (Шираз) тыс. м²/га [10]. В схожих условиях (с. Старотитаровская) у отечественных сортов площадь листа варьировала от 75 см² (Дмитрий) до 127,2 см² (Курчанский), а площадь листьев на гектар – от 15,78 (Дмитрий) до 35,24 (Курчанский) тыс. м²/га, что говорит о большей адаптивности растений сорта Курчанский к условиям Черноморской агроэкологической зоны по сравнению с другими изучаемыми сортами.

У автохтонного сорта Красностоп Золотовский в условиях г. Новочеркаска (Ростовская область) для создания 1 кг винограда требовалось $4,19 \text{ м}^2$ при самой оптимальной нагрузке кустов побегами [19], что больше, чем у самого «непродуктивного» варианта сорта Владимир в терруаре г. Горячий ключ – $3,91 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Столовый сорт Молдова, также межвидового происхождения, при различной нагрузке побегами (от 25 до 50 тыс. поб./га) имел площадь листьев $7,8\text{--}10,7$ тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ и продуктивность листьев для получения 1 кг сырой массы ягод $0,69\text{--}1,05 \text{ кг}/\text{м}^2$ [8], что выше, чем в тех же условиях необходимо сортам Владимир, Дмитрий, Курчанский.

Технический сорт Цветочный, межвидового происхождения, имеет площадь листовой поверхности на га при различной нагрузке побегами от 11 до $13,11$ тыс. $\text{м}^2/\text{га}$ в условиях г. Новочеркаска [20], среди изучаемых сортов показатели хуже только у сортов в условиях г. Горячий ключ – от $4,4$ (Владимир) до $11,39$ (Курчанский) тыс. $\text{м}^2/\text{га}$.

Выводы. Технические сорта винограда Владимир, Дмитрий и Курчанский неодинаково реагируют на агроэкологические условия разнотипных терруаров. По совокупности морфометрических значений побегов и листьев наиболее активно ростовые процессы у растений винограда сорта Владимир протекают в Центральной агроэкологической зоне Краснодарского края, терруар C_4 на Черноземах выщелоченных с хорошей тепло и влагообеспеченностью. По массе урожая винограда на 1 м^2 листьев наибольшая продуктивность сорта отмечается в Черноморской агроэкологической зоне, терруар $Ч_1$ на Черноземах южных в условиях хорошей теплообеспеченности и дефицита атмосферных осадков и составляет $0,88 \text{ кг}/\text{м}^2$. Это на 48 и 70% больше, чем в Центральной и Предгорной агроэкологических зонах, терруары C_4 и P_1 соответственно. Аналогичная реакция была у растений винограда сорта Дмитрий. У данного сорта наиболее интенсивные ростовые процессы и масса урожая винограда на 1 м^2 листьев были в Центральной агроэкологической зоне, терруар C_4 на Черноземах выщелоченных с хорошей тепло- и влагообеспеченностью. У сорта винограда Курчанский реакция на агроэкологические условия терруаров неоднозначна. Наибольший прирост и облиственность побегов, а также площадь листьев на 1 кг урожая и грозди были в Черноморской агроэкологической зоне Краснодарского края, терруар $Ч_1$ на Черноземах южных в условиях хорошей теплообеспеченности и дефицита атмосферных осадков. Средняя площадь одного листа, площадь листовой поверхности одного побега, куста и на один гектар, а также масса урожая на 1 м^2 листьев были наибольшими в Центральной агроэкологической зоне, терруар C_4 на Черноземах выщелоченных с хорошей тепло и влагообеспеченностью. Наименьшие значения ростовых процессов и продуктивности были у сортов Владимир и Курчанский в Предгорной агроэкологической зоне, терруар P_1 на серых лесных почвах с наименьшей теплообеспеченностью и умеренным количеством атмосферных осадков.

Значения, полученные в ходе исследований, сравнимы с другими техническими сортами в различных агроэкологических зонах юга России.

Conclusions. The technical grape varieties Vladimir, Dmitriy and Kurchanskiy react differently to the agroecological conditions of different types of terroirs. According to the totality of morphometric values of shoots and leaves, the most active growth processes in Vladimir grape plants occur in the Central agroecological zone of the Krasnodar region, terroir C_4 on leached chernozems with good heat and moisture supply. By the weight of the grape yield per 1 м^2 of leaves, the highest productivity of the variety is noted in the Black Sea agroecological zone, terroir BS_1 on southern Chernozems in conditions of good heat supply and lack of precipitation and is $0.88 \text{ kg}/\text{м}^2$. This is 48 and 70 % more than in the Central and Piedmont agroecological zones, terroirs C_4 and P_1 , respectively. A similar reaction was observed in plants of the Dmitriy grape variety. In this variety, the most intensive growth processes and the mass of the grape yield per 1 м^2 of leaves were in the Central agroecological zone, terroir C_4 on leached chernozems with good heat and moisture supply. In the Kurchanskiy grape variety, the reaction to the agroecological conditions of the terroirs is ambiguous. The greatest growth and foliage of shoots, as well as the area of leaves per 1 kg of yield and bunches were in the Black Sea agroecological zone of Krasnodar region, terroir BS_1 on southern chernozems in conditions of good heat supply and lack of precipitation. The average area of one leaf, the leaf surface area of one shoot, bush and per hectare, as well as the yield weight per 1 м^2 of leaves were the largest in the Central agroecological Zone, terroir C_4 on leached chernozems with good heat and moisture supply. The lowest values of growth processes and productivity were in the varieties Vladimir and Kurchanskiy in the Piedmont agroecological zone, terroir P_1 on gray forest soils with the lowest heat supply and moderate rainfall.

The values obtained during the research are comparable with other technical grades in various agroecological zones of southern Russia.

Библиографический список

1. О виноградарстве и виноделии в Российской Федерации: ФЗ от 27.12.2019 N 468-ФЗ. Собрание законодательства РФ. 2019. № 52. Ст. 7786.
2. Михайловский С. С. Ростовые процессы побегов подвойных кустов винограда при различных вариантах агротехники. Научные труды СКФНЦСВВ. 2019. Т. 26. С. 170-174.
3. Бойко В. А. Взаимосвязь продуктивности столовых сортов винограда с физиологическими показателями. Магарах. Виноградарство и виноделие. 2014. № 1. С. 11-13.
4. Алейникова Г. Ю., Себет О. Л., Морморштейн А. А. Влияние плотности посадки сорта Рислинг рейнский на ростовые процессы, продуктивность и качество винограда и вина. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. № 75 (3). С. 188-198.
5. Штирбу А. Эффективность использования ресурсов радиации и влаги в ампелоценозах с различной структурой насаждений и архитектурой растений. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016. № 39 (3). С. 101-124.
6. Дикань А. П. Продуктивность сортов винограда Аркадия и Ливия в пленочной теплице. Виноградарство и виноделие. 2014. Т. 44. С. 66-69.
7. Матюзок Н. В., Кравченко Р. В., Радчевский П. П., Горлов С. М. Влияние нагрузки кустов вегетирующими побегами на урожай и качество винограда сорта Молдова в условиях Анапо-Таманской зоны Краснодарского края. Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2018. № 14 (177). С. 7-16.
8. Эседов Г. С., Мукайлов М. Д. Потенциальная биологическая продуктивность интродуцированных сортов винограда в условиях Южного Дагестана. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2019. № 1. С. 49-55.
9. Гусейнов Ш. Н., Чигрик Б. В., Гордеева Н. Г. Ресурсы повышения генетического потенциала у стародавних классических сортов винограда. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2009. № 1 (1). С. 14-22.
10. Гусейнов Ш. Н., Чигрик Б. В. Клоны классических красных сортов винограда: Каберне Совиньон, Мерло и Шираз в условиях Тамани. Субтропическое и декоративное садоводство. 2017. № 60. С. 49-59.
11. Дмитрий. Реестр селекционных достижений. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/dmitriy-vinograd>
12. Дмитрий. <https://www.kubansad.ru/content/dmitrij>
13. Владимир. Реестр селекционных достижений. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/vladimir-vinograd>
14. Владимир. <https://www.kubansad.ru/content/vladimir>.
15. Курчанский. Реестр селекционных достижений. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/kurchanskiy-vinograd>
16. Курчанский. <https://www.kubansad.ru/content/kurchanskiy>
17. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Морморштейн А. А. Агроэкологическое зонирование территории для оптимизации размещения сортов, устойчивого виноградарства и качественного виноделия: монография. Краснодар, 2020. 138 с.
18. Петров В. С., Алейникова Г. Ю., Морморштейн А. А. Методы исследований в виноградарстве. Краснодар, 2021. 147 с.
19. Сироткина Н. А. Влияние площади листовой поверхности на продуктивность винограда сорта Красностоп золотовский. Инновационные технологии - основа модернизации агропромышленного комплекса, посвященная 85-летию профессора Кривко Н. П.: материалы международной научно-практической конференции. Персиановский, 2022. С. 117-121.
20. Майбородин С. В. Оптимальные параметры агротехники для технических сортов винограда в условиях Нижнего Придонья. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2023. № 2 (48). С. 29-35.

References

1. On viticulture and winemaking in the Russian Federation: Federal Law of 27.12.2019 N 468-FL. Collection of Legislation of the Russian Federation. 2019. № 52. Art. 7786.
2. Mikhailovsky S. S. Growth processes of shoots of rootstock vine bushes in various variants of agricultural technology. Scientific Works of SKFNCSVV. 2019. V. 26. Pp. 170-174.
3. Boyko V. A. Relationship between the productivity of table grape varieties and physiological indicators. Magarach. Viticulture and winemaking. 2014. № 1. Pp. 11-13.
4. Aleinikova G. Yu., Seget O. L., Marmorstein A. A. Influence of Rhine Riesling Planting Density on Growth Processes, Productivity and Quality of Grapes and Wine. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2022. № 75 (3). Pp. 188-198.
5. Shtirbu A. Efficiency of Radiation and Moisture Resources Use in Ampelocenoses with Different Plantation Structure and Plant Architecture. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2016. № 39 (3). Pp. 101-124.
6. Dikan A. P. Productivity of Arcadia and Livia grape varieties in a film greenhouse. Viticulture and winemaking. 2014. V. 44. Pp. 66-69.
7. Matuzok N. V., Kravchenko R. V., Radchevsky P. P., Gorlov S. M. Influence of bush loading with vegetative shoots on the yield and quality of grapes of the Moldova variety under the conditions of the Anapo-Taman zone of the Krasnodar region. Proceedings of Agricultural Science of Tavrida. 2018. № 14 (177). Pp. 7-16.
8. Esedov G. S., Mukailov M. D. Potential Biological Productivity of Introduced Grape Varieties in the Conditions of Southern Dagestan. Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University. 2019. № 1. Pp. 49-55.
9. Huseynov Sh. N., Chigrik B. V., Gordeeva N. G. Resources for Increasing the Genetic Potential in Ancient Classical Grape Varieties. Fruit growing and viticulture in the South of Russia. 2009. № 1 (1). Pp. 14-22.
10. Huseynov Sh. N., Chigrik B. V. Clones of classic red grape varieties: Cabernet Sauvignon, Merlot and Shiraz in Taman. Subtropical and ornamental gardening. 2017. № 60. Pp. 49-59.
11. Dmitry. Register of breeding achievements. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/dmitriy-vinograd>
12. Dmitry. <https://www.kubansad.ru/content/dmitrij>.

13. Vladimir. Register of breeding achievements. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/vladimir-vinograd>
14. Vladimir. <https://www.kubansad.ru/content/vladimir>.
15. Kurchansky. Register of breeding achievements. <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektcionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni/kurchanskiiy-vinograd>
16. Kurchansky. <https://www.kubansad.ru/content/kurchanskiiy>
17. Petrov V. S., Aleynikova G. Yu., Marmorshtein A. A. Agroecological zoning of the territory for optimizing the placement of varieties, sustainable viticulture and quality winemaking: monograph. Krasnodar, 2020. 138 p.
18. Petrov V. S., Aleynikova G. Yu., Marmorshtein A. A. Research methods in viticulture. Krasnodar, 2021. 147 p.
19. Sirotkina N. A. Influence of Leaf Surface Area on the Productivity of Krasnostop Zolotovskiy Grape. Innovative technologies are the basis for the modernization of the agro-industrial complex, dedicated to the 85th anniversary of Professor N. P. Krivko: materials of the international scientific and practical conference. Persianovsky, 2022. Pp. 117-121.
20. Maiborodin S. V. Optimal parameters of agricultural technology for technical grape varieties in the conditions of the Lower Don region. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2023. № 2 (48). Pp. 29-35.

Информация об авторах

Петров Валерий Семенович, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), e-mail: Petrov_53@mail.ru

Марморштейн Анна Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), e-mail: am342@yandex.ru

Алейникова Галина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий НЦ «Виноградарство», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), e-mail: gala.aleynikova@gmail.com

Антонян Анна Кареновна, младший научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), e-mail: annantonian2001@gmail.com

Христенко Полина Алексеевна, лаборант-исследователь, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, Краснодар, ул. 40 лет Победы, 39), e-mail: khristenko.pol@gmail.com

Author's Information

Petrov Valeriy Semionovich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Laboratory, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40 Let Pobedy str., 39), e-mail: Petrov_53@mail.ru

Marmorshtein Anna Aleksandrovna, candidate of agricultural sciences, Laboratory Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40 Let Pobedy str., 39), e-mail: am342@yandex.ru

Aleynikova Galina Yurievna, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the SC "Viticulture" North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40 Let Pobedy str., 39), e-mail: gala.aleynikova@gmail.com

Antonyan Anna Karenovna, Junior Researcher of the Laboratory, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40 Let Pobedy str., 39), e-mail: annantonian2001@gmail.com

Khristenko Polina Alekseevna, Research Laboratory Assistant, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40 Let Pobedy str., 39), e-mail: khristenko.pol@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-06

THE EFFECT OF COPOLYMERS ON QUALITATIVE INDICATORS OF SOIL AND PLANTS DURING POTATO CULTIVATION UNDER IRRIGATION**Filin V. I., Tseplyaev A. N., Tibirkov A. P., Kuznetsova E. A.**

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

*A. N. Kostyakov Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: can_volgau@mail.ru

Received 14.01.2025

Submitted 21.02.2025

The research was conducted in accordance with the state task FNFR-2025-0004 "To develop innovative water-saving agricultural technologies for irrigation of agricultural crops using precision irrigation based on digital control systems that ensure sustainable yields in the face of global climate change"

Abstract

Introduction. It is known that potatoes are considered the "second" and in some places the "first" bread for Russians. They make up to 30% of the total set of products in the population's diet. Its leading role is also noted in animal husbandry, especially in pig farming. Most of the areas, especially in the South-East of the Russian Federation, occupied by potatoes are under irrigation. Since potato fields are quite large in area

(sometimes up to 100 hectares or more), the most appropriate way to irrigate them is to use sprinkler machines. Domestic and foreign sprinkler machines (Bauer, Valey) are capable of irrigating large areas, easily adjusting to any irrigation standards, moving across the field without leaving deep tracks, and adjusting to a certain capture width. Their main disadvantage is the high evaporation rate of the supplied water, as well as the rapid formation of runoff, especially on light chestnut soils. In addition, when using them, a certain volume of supplied water passes into deeper soil horizons, which leads to a decrease in the efficiency of irrigation water. To eliminate or reduce these disadvantages, it is proposed to use hydrogels. They are capable of accumulating moisture in the soil, increasing in volume, and as it decreases to a certain concentration, transferring it to plants through the root system. However, the greatest effect from the use of hydrogels is achieved in combination with fertilizers. Therefore, experiments were conducted to study the effect of sodium (Aquasorb) and potassium (Aquasin) hydrogels enriched with fertilizers when growing Gulliver potatoes on the agrochemical composition of the soil, plant development, and quality indicators of the product.

Object. Potato tubers were considered as an object of study for the content of chemical elements, including nitrates, as well as dry matter, vitamin C, starch, etc. against the background of a changing agrochemical composition of the soil. **Materials and methods.** The research was carried out based on generally accepted methods of field experiments taking into account the features of their design during irrigation, as well as using private methods for determining the agrochemical composition of soil and plant samples. Potatoes were planted with a specially made patented potato planter at a depth of 0.1...0.12 m, and hydrogel was added with fertilizers 0.08...0.10 m below the planting furrow. Nitroammophoska was used as fertilizer at the rate of 450 kg / ha (33.3 g / running meter). Irrigation was done by sprinkling with a watering rate of 300 m³ / ha. During the season, moisture was repeatedly measured with a Delta-T HH2 soil moisture meter. Soil samples were taken according to the phases of potato development (shoots – budding; flowering, withering of tops, post-harvest sample). **Results and conclusions.** Based on the obtained results of the agrochemical analysis of the soil, an increased content of nutrients was established with the use of hydrogel with fertilizers for samples 4139, 4140 (250 Na + NPK, 250 K + NPK). At the same time, the content of nitrate nitrogen (N-NO₃) is 7.40, in the control – 3.5; ammonium – 23.7, in the control – 12.70. In addition, an increased starch content is noted in the tubers: 11.90; 11.27 – in the experiments with hydrogel at 9.91 in the control. A significant decrease in nitrates is observed: 116.43; 90.31 in the experiments, and 146.09 in the control. Thus, a positive effect of the applied agrotechnological technique on the indicators of the agrochemical composition of the soil and the resulting product should be noted.

Keywords: cross-linked copolymers, soil samples, potato irrigation standards, chemical analysis of potatoes, cultivation of potatoes, irrigation of potatoes.

Citation. Filin V. I., Tseplyaev A. N., Tibirkov A. P., Kuznetsova E. A. The effect of copolymers on qualitative indicators of soil and plants during potato cultivation under irrigation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025.1(79). 63-70 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-06.

Authors' contribution. All authors of this study were directly involved in the planning, implementation and analysis of this study. All authors of this article approved the presented final version.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

УДК 631.674.5:635.21

ВЛИЯНИЕ СОПОЛИМЕРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ И РАСТЕНИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КАРТОФЕЛЯ НА ОРОШЕНИИ

¹Филин В. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Тибириков А. П., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Кузнецова Е. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

**Исследования проведены в соответствии с государственным заданием FNFR-2025-0004
«Разработать инновационные водосберегающие агротехнологии при орошении
сельскохозяйственных культур с использованием прецизионного полива на основе цифровых
систем управления, обеспечивающие получение устойчивой урожайности в условиях
глобального изменения климата»**

Актуальность. Известно, что картофель для россиян считается «вторым», а кое-где и «первым» хлебом. Он составляет до 30% общего набора продуктов в рационе питания населения. Его ведущая роль отмечается и в животноводстве, особенно при выращивании свиней. Большая часть

площадей, особенно на Юго-Востоке РФ, занятых картофелем, находится под орошением. Поскольку поля под картофелем достаточно весомые по площади (иногда до 100 га и более), то наиболее целесообразным для их орошения, считается применение дождевальных машин. Дождевальные машины отечественного и зарубежного производства (Bauer, Valey) способны орошать большие площади, легко настраиваться на любые нормы полива, перемещаться по полю не оставляя глубоких колеи, подстраиваться под определенную ширину захвата. Основной их недостаток – высокий коэффициент испарения подаваемой воды, а также скоротечное формирование стока, особенно на светло-каштановых почвах.

Кроме этого, при их применении определенный объем подаваемой воды переходит в более глубокие почвенные горизонты, что приводит к снижению КПД оросительной воды.

Для устранения или снижения указанных недостатков предлагается применять гидрогели. Они способны при избытке влаги в почве накапливать ее, увеличиваясь в объеме, а по мере снижения до определенной концентрации передавать растениям через корневую систему. Однако наибольший эффект от применения гидрогелей достигается в их сочетании с удобрениями. Поэтому проведены опыты по изучению влияния обогащенных удобрениями гидрогелей на натриевой (Аква-сорб) и калиевой (Аквасин) основах при выращивании картофеля сорта «Гулливвер» на агрохимический состав почвы, развитие растений, а также качественные показатели продукта. **Объект.** В качестве объекта исследования рассматривались клубни картофеля по содержанию химических элементов, в т.ч. нитратов, а также показателей сухого вещества, витамина С, крахмала и т.д. на фоне изменяющегося агрохимического состава почвы. **Материалы и методы.** Проведение исследований выполнялось на основе общепринятых методик полевого опыта с учетом особенностей их построения при орошении, а также применением частных методик по определению агрохимического состава почвы и растительных образцов. Картофель высаживали специально изготовленной по патенту картофелесажалкой на глубину 0,10...0,12 м, а ниже посадочной борозды на 0,08...0,10 м вносили гидрогель вместе с удобрениями. В качестве удобрений использовали нитроаммофоску из расчета 450 кг/га (33,3 г/п.м.). Способ полива – дождеванием с поливной нормой 300 м³/га. В течение сезона многократно измеряли влажность почвенным влагомером Delta-T HH2. Отбор проб почвы проводили по фазам развития картофеля (всходы – бутонизация; цветение, увядание ботвы, послеуборочная проба). **Результаты и выводы.** Исходя из полученных результатов агрохимического анализа почвы установлено повышенное содержание элементов питания с использованием гидрогеля с удобрениями по вариантам 250 Na + NPK, 250 K + NPK. При этом содержание нитратного азота (N-NO₃) – 7,40, на контроле – 3,5 мг/кг; аммонийного – 23,7, на контроле – 12,70 мг/кг. Кроме этого на данных вариантах с гидрогелем в клубнях отмечается повышение содержания крахмала – 11,27...11,90%, при 9,91% на контроле. Наблюдается существенное снижение нитратов: 116,43 и 90,31 в опытах, а на контроле 146,09 мг/кг. Таким образом, следует отметить положительное влияние применяемого агротехнологического приема на показатели агрохимического состава почвы и полученного продукта.

Ключевые слова: прошитые сополимеры, почвенные образцы, нормы полива картофеля, химический анализ картофеля, возделывание картофеля, орошение картофеля.

Цитирование. Филин В. И., Цепляев А. Н., Тибирьков А. П., Кузнецова Е. А. Влияние сополимеров на показатели качества почвы и растений при возделывании картофеля на орошении. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(79). 63-70. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-06.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Возделывание картофеля на орошении процесс весьма затратный. Так, к примеру, производство одной тонны картофеля на богаре обходится 107 тыс. рублей, при орошении себестоимость увеличивается в 1,50...1,73 раза и достигает 170 тыс. рублей. Однако, несмотря на эти показатели, до 40% площадей производства картофеля находится под орошением.

Картофель в сельскохозяйственном производстве занимает ведущее место, конкурируя даже с зерновыми культурами [1].

Затраты оросительной воды, в зависимости от почв, климатических условий, сорта и других факторов колеблются от 4000 м³/га до 5500 м³/га, около 250 м³ на тонну продукции. Из общих расходов, на подачу оросительной воды, с учетом применяемого оборудования и поливных систем, приходится до 40% объема [2]. Поэтому применение различных вариантов снижения указанных затрат весьма актуально в современных условиях. Нами проведены исследования по уменьшению подачи оросительной воды за счет применения

прошитых сополимеров (гидрогелей), полученных за счет синтеза химических элементов на основе акриловой кислоты. Изучались два вида гидрогелей: Аквасорб – на основе натрия (Na) и Аквасин – в основу которого заложен калий (K). Содержание указанных элементов в продуктах не превышает 0,02% [3, 4, 5].

Применение гидрогелей в сельскохозяйственном производстве известно, судя по литературе, не менее чем 50...60 лет назад. Еще академик Прянишников проводил опыты, в которых в качестве накопителя влаги использовал ракушечник [6, 7, 14, 15].

Однако наибольшая часть исследований приходится на конец XX и начало XXI веков, т.е. на 2000 годы. Исследования по применению гидрогелей были направлены, в основном, на увеличение периода поддержания влаги в почве при наступлении засухи для условий богары. Гидрогели различных видов применяли на зерновых культурах, овощах, тыкве, картофеле [8, 9, 10, 11].

Материалы и методы. Применение гидрогеля в орошении изучалось на основании совместного проекта ВНИИОЗ и ВолГАУ. Исследования направлены на создание условий для экономии затрат оросительной воды, а также удобрений, гидрогеля, а кроме этого возможного повышения урожайности [12]. Для изучения использовали картофель сорта «Гул-ливер», гидрогели двух видов с подачей в почву различными дозами, обогащенных нитро-аммофоской. Методически эксперимент проводился в трехфакторном полевом опыте. Факторами служили: А – вид гидрогеля, В – дозы гидрогеля, С – дозы гидрогеля + удобрения с нормой внесения из расчета 450 кг/га. Для проведения опытов по вариантам применяли модернизированную картофелесажалку, которой одновременно с посадкой картофеля, вносили гидрогель и удобрения. Поливная норма составляла 300 м³/га, предполивной порог поддерживался 80% НВ. Глубина промачиваемого слоя – 0,40 м. Во время опытов проводили необходимый учет, измерения, визуальные наблюдения, с помощью приборов фиксировали влажность почвы.

Результаты и выводы. Одним из наиболее важных факторов при использовании гидрогеля и гидрогеля с удобрениями, подлежащих изучению, представлял агрохимический состав почвы и самого продукта, а также оценка картофеля по качественным показателям. Данные агрохимического состава почвы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Данные анализа агрохимических показателей (01.09.2023)

Table 1 – Data from the analysis of agrochemical indicators (01.09.2023)

№ п.п.	Лабораторный № образца / laboratory sample no	Вариант / Option	Горизонт, см / soil layer, cm	Карбонаты, % / carbonates, %	N общий, % / N total, %	мг/кг воздушно-сухой почвы / mg / kg of air-dry soil			
						N-NO ₃	N-NH ₄	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	4129	контроль / control	0-25	2,65	0,05	3,50	12,70	30,08	217
2	4130	150 Na	0-25	3,80	0,08	6,00	8,70	46,71	217
3	4131	150 K	0-25	4,57	0,05	3,50	15,50	40,44	277
4	4132	200 K	0-25	3,66	0,08	3,70	22,00	45,87	231
5	4133	250 Na	0-25	5,83	0,05	3,40	11,70	37,90	269
6	4134	250 K	0-25	5,27	0,07	4,60	14,30	47,53	246
7	4135	150 Na+NPK	0-25	1,86	0,09	6,00	7,60	55,95	246
8	4136	150K+NPK	0-25	1,78	0,05	3,30	7,60	53,52	277
9	4137	200 Na+NPK	0-25	1,56	0,08	3,40	13,10	45,46	262
10	4138	200 K+NPK	0-25	1,07	0,08	3,30	8,70	49,70	315
11	4139	250Na+NPK	0-25	1,25	0,09	3,30	23,70	41,63	277
12	4140	250 K+NPK	0-25	0,93	0,08	7,40	8,90	46,80	308
НСР ₀₅				0,45	0,03	0,50	0,80	0,70	0,75

Судя по значениям таблицы, наилучший результат по критерию питания (NPK) приходится на варианты 11 и 12 (250Na+NPK; 250K+NPK). Нитратно-аммонийный азот в них 3,30; 23,70 и 7,40; 8,90 мг/кг воздушно – сухой массы почвы. Следует обратить внимание на содержание подвижных и доступных форм фосфора и калия 41,63 и 277; 46,80 и 308 мг/кг, что практически в 1,5 раза выше, чем на контроле.

Светло-каштановые почвы относят к щелочным и если судить по содержанию карбонатов, то их значения колеблются от 0,93 в образце 4140 (250K+NPK) до 5,83% для образца 4133 (250Na), что характеризует их как малой и средней степени карбонатности, которая не оказывает существенного влияния на питание растений, а также на засоленность почв фосфатами.

Проведение исследований сопровождалось определением густоты и размеров ботвы картофеля.

Оценка биометрических параметров вегетативной массы картофеля сорта «Гулливвер» проводилась в фазе бутонизации (таблица 2). Она выполнялась по методу метровых площадок, повторность при замере растений – трехкратная. На участках внесения гидрогеля с удобрениями в почву на основе «Na» среднесуточный прирост ботвы составил 0,34 м, а на основе «K» 0,33 м. Без применения удобрений на площадках с гидрогелем на основе «Na» он составлял 0,32 м, а на основе «K» – 0,31 м, тогда как на контроле – 0,26 и 0,25 м соответственно.

В сравнении видов гидрогелей с различным наполнителем («Na» и «K»), чаще называемыми связующими компонентами, следует отметить, что при использовании гидрогеля на основе «Na» прирост ботвы на 2% выше, а при применении гидрогеля с удобрениями разница составляла 6,5% с гидрогелем на основе «Na» и 6,9% – на основе «K». Следует также отметить, что при визуальной оценке состояния ботвы ее стебли отличались от контроля большей выровненностью по диаметру и по длине. Их количество было выше, чем на контроле.

Таблица 2 – Биометрические характеристики картофеля сорта «Гулливвер»

Table 2 – Biometric characteristics of the potato variety "Gulliver"

Виды гидрогеля / Types of hydrogel	ГГ 250+NPK		ГГ 250		Контроль / Control	
	Биометрические значения / biometric values		Биометрические значения / Biometric values		Биометрические значения / Biometric values	
	№ куста, число стеблей, шт. / bush number, number of stems, pcs.	Средняя длина стебля, м / Average stem length, m	№ куста, число стеблей, шт. / bush number, number of stems, pcs.	Средняя длина стебля, м / Average stem length, m	№ куста, число стеблей, шт. / bush number, number of stems, pcs.	Средняя длина стебля, м / Average stem length, m
На основе натрия (Na) / Based on Sodium (Na)	1-6	0,35	1-5	0,27	1-3	0,258
	2-5	0,31	2-4	0,32	2-4	0,300
	3-5	0,293	3-5	0,301	3-3	0,32
	4-6	0,311	4-5	0,38	4-3	0,230
	5-4	0,43	5-4	0,32	5-5	0,19
На основе калия (K) / Based on potassium (K)	1-5	0,289	1-4	0,251	1-4	0,24
	2-6	0,41	2-4	0,310	2-3	0,33
	3-5	0,31	3-5	0,380	3-3	0,18
	4-4	0,4	4-4	0,350	4-3	0,28
	5-4	0,27	5-5	0,28	5-4	0,270
HCP ₀₅ = 0,03...0,04 м						

Что касается урожайности и товарного выхода картофеля, полученных по результатам опыта, то подробный анализ по ним представлен в опубликованных ранее материалах [3, 11, 13].

В качестве заключения по представленному материалу следует привести показатели химического анализа картофеля (таблица 3).

Таблица 3 – Данные химического анализа растительных образцов (01.09.2023)
Table 3 – Chemical analysis data of plant samples (01.09.2023)

№ п/п	Лаборатор. № обр. / Laboratory Sample No.	Варианты / Variants	Крахмал, % / Starch, %	Нитраты, мг/кг / Nitrates, mg / kg	Сухое в-во, % / Dry matter, %	Вита-мин С, мг/100 г / Vitamin C, mg / 100 g	В сухом веществе / In dry matter		
							N общ., % / N total, %	P, %	K, %
1	2516	контроль / control	9,91	146,09	17,65	20,40	1,94	0,37	2,30
2	2517	150 Na	9,91	153,61	15,44	20,46	2,11	0,40	2,63
3	2518	150 K	10,63	139,89	17,26	19,06	2,01	0,38	2,52
4	2519	250 Na	11,90	121,74	18,56	15,16	1,77	0,31	2,30
5	2520	250 K	12,55	143,43	23,15	11,54	1,74	0,33	2,19
6	2521	150 Na+NPK	11,18	121,74	16,83	18,92	1,82	0,35	2,25
7	2522	150 K+NPK	11,45	49,58	17,47	20,22	1,85	0,34	2,09
8	2523	250 Na+NPK	11,27	90,31	17,58	10,07	1,80	0,34	2,35
9	2524	250 K+NPK	11,90	116,43	17,66	18,18	2,07	0,35	2,35
НСР ₀₅			0,50	0,70	0,65	0,55	0,35	0,05	0,10

Содержание нитратов на контроле составляло 146,09 мг/кг, минимальное значение получено в варианте 7 (150 K+NPK) – 49,98 мг/кг, максимальная величина – 153,61 мг/кг в варианте 2 (150 Na). Показатели по другим вариантам ниже, чем на контроле. На наш взгляд, сказывается условие более равномерного распределения питания по времени, за счет скорости передачи рабочего раствора из гидрогеля в корневую систему растения.

Отмечается небольшое превышение показателей по крахмалу 9,91% на контроле, около 12,0% в опытах, по другим значениям параметры не сильно разнятся между собой, находясь в пределах ошибки опыта.

Заключение. Для снижения расхода оросительной воды, удобрений и других материалов при выращивании картофеля применяют прошитые сополимеры (гидрогели). Исследования по использованию обогащенных удобрениями гидрогелей проводились на опытном поле ВНИИОЗ. Для этого применяли гидрогели Аквасорб и Аквасин в различных дозах в сочетании с удобрением – нитроаммофоской. Показателями агрохимического состава почвы подтверждено повышенное содержание питательных веществ (нитратно-аммонийного азота 3,30; 23,70; 7,40 и 8,90 мг/кг воздушно – сухой массы почвы, а также доступных форм фосфора и калия 41,63 и 277; 46,80 и 308 мг/кг, что в 1,5 раза выше, чем на контроле). Содержание нитратов в растительном образце (картофеле) в 2,5...3,0 раза меньше, чем на контроле, а по крахмалу в опытах превышение составляет более 2%. Следовательно, применение гидрогеля с удобрениями оказывает положительное влияние на показатели эффективности при выращивании картофеля.

Conclusions. To reduce the consumption of irrigation water, fertilizers and other materials when growing potatoes, cross-linked copolymers (hydrogels) are used. Studies on the use of hydrogels enriched with fertilizers were conducted on the experimental field of VNIIOZ. For this purpose, Aquasorb and Aquasin hydrogels were used in various doses in combination with the fertilizer - nitroammophoska. The indicators of the agrochemical composition of the soil confirmed the increased content of nutrients (nitrate-ammonium nitrogen 3.30; 23.70; 7.40 and 8.90 air-dry soil mass, as well as available forms of phosphorus and potassium 41.63 and 277; 46.80 and 308 mg / kg, which is 1.5 times higher than in the control). The nitrate content in the plant sample (potato) is 2.5...3.0 times less than in the control, and for starch in the experiments the excess is more than 2%. Therefore, the use of hydrogel with fertilizers has a positive effect on the efficiency indicators in growing potatoes.

Библиографический список

- Новиков А. Е., Цепляев А. Н., Семененко С. Я. Ресурсосберегающие технологии возделывания картофеля при дождевании с применением гидрогеля. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 416-423.
- Дубенок Н. Н. и др. Эффективность использования водных ресурсов в орошаемом земледелии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3(51). С. 83-90.
- Цепляев А. Н. Теоретическое обоснование технологии применения обогащенных гидросорбентов при посеве семян высокорентабельных культур в орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 450-458.

4. Цепляев А. Н., Тимошенко В. В. Сохранение плодородия почвы при использовании различных способов механизированного внесения тукопосыщенного гидрогеля. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2016. № 1 (41). С. 29.
5. 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.
6. Вдовина Т. А. и др. Исследование водно-физических свойств почвы с применением гидрогеля в Курчумском районе Восточно-Казахстанской области. *Вестник Карагандинского университета. Серия: Биология. Медицина. География*. 2020. Т. 99. № 3. С. 29-35.
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. Годунова Е. И., Шаповалова Н. Н. Динамика последствия различных доз гидрогеля на урожайность возделываемых культур на черноземах обыкновенных Центрального Предкавказья. *Агрохимический вестник*. 2022. № 4. С. 44-48.
9. Данилова Т. Н., Аннабаева А. В. Возможности применения полимерных гелей для повышения продуктивности сельскохозяйственных культур. Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: материалы Международной научной экологической конференции. Краснодар, 2020. С. 540-542.
10. Филин В. И. и др. Результаты исследования влияния гидрогеля на формирование всходов тыквы «Волжская серая» на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2018. № 3 (51). С. 223-230.
11. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent us-ing on light chestnut soils of the Lower Volga region. *International Journal Of Applied And Fundamental Research*. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.
12. Сердеров В. К., Сердерова Д. В. Эффективность ресурсосберегающей технологии при испытании новых сортов и гибридов картофеля. *Орошаемое земледелие*. 2023. № 1 (40). С. 38-40.
13. Tibirkov A. P. et al. The effectiveness of using soil hydrogel on light chestnut soils between the Volga and Don rivers to stimulate the germination of agricultural seeds. *Engineering Research and Cooperation in Global Agricultural Production*. 2020. Vol. 659. Sci.659 012018.
14. Годунова Е. И., Шкабарда С. Н. Гидрогель и структурный состав обыкновенных черноземов зоны неустойчивого увлажнения Ставропольского края. *Плодородие*. 2018. № 3 (102). С. 31-33.
15. Ulanov A. N. et al. Feed production on low-lying peat and developed soils of the North-East of the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow, 2021. Pp. 012–015.
16. Vdovina T. V., Kobeleva Y. V., Sirotkin A. S., Shurgalina N. N., Sidorova E. I. Iron-based nanostructured reagents in the prcesses of biological wastewater treatment. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. I. 4. Pp. 117-122.

References

1. Novikov A. E., Tseplyaev A. N., Semenenko S. Ya. Resource-saving technologies of potato cultivation by sprinkling with hydrogel. *Proceedings of the Nizhnevolzhskyagrouniversity complex: science and higher professional education*. 2023. № 2 (70). Pp. 416-423.
2. Dubenok N. N. et al. Efficiency of water resources use in irrigated agriculture. *Proceedings of the Nizhnevolzhskyagrouniversity complex: science and higher professional education*. 2018. № 3 (51). Pp. 83-90.
3. Tseplyaev A. N. Theoretical substantiation of the technology of using enriched hydrosorbents for sowing seeds of highly profitable crops in irrigation. *Proceedings of the Nizhnevolzhskyagrouniversity complex: science and higher professional education*. 2022. № 4 (68). Pp. 450-458.
4. Tseplyaev A. N., Tymoshenko B. V. Preservation of soil fertility using various methods of mechanized application of tukonasaturated hydrogel. *Proceedings of the Nizhnevolzhskyagrouniversity complex: science and higher professional education*. 2016. No. 1 (41).P. 29.
5. Tibirkov A. P., Filin V. I. Effect of polyacrylamide hydrogel on the structural and aggregate composition of the arable layer of light chestnut soil of the Volga-Don interfluve. *Proceedings of the Nizhnevolzhskyagrouniversity complex: science and higher professional education*. 2013. No. 4. Pp. 84-89.
6. Vdovina T. A. et al. Study of water-physical properties of soil using hydrogel in Kurchum district of East Kazakhstan region. *Bulletin of Karaganda University. Series: Biology. Medicine. Geography*. 2020. V. 99. No. 3. Pp. 29-35.
7. Starovoitov V. I., Starovoitova O. A., Manokhina A. A. Potato cultivation using water-saving polymers. *Bulletin of MGAU*. 2015. No 1 (65). Pp. 15-19.
8. Godunova E. I., Shapovalova N. N. Dynamics of the effect of different hydrogel doses on the yield of cultivated crops on common chernozems of the Central Ciscaucasia. *Agrochemical Bulletin*. 2022. No. 4. Pp. 44-48.
9. Danilova T. N., Annabaeva A. V. Possibilities of using polymer gels to increase the productivity of agricultural crops. *Agricultural landscapes, their sustainability and development features: proceedings of the International Scientific Ecological Conference*. Krasnodar, 2020. Pp. 540-542.
10. Filin V. I. and others. Results of a study of the effect of hydrogel on the formation of pumpkin seedlings "Volga gray" on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proceedings of the Nizhnevolzhskyagrouniversity complex: science and higher professional education*. 2018. No 3 (51). Pp. 223-230.
11. Tibirkov A. P. Spring barley grain yield and quality at soil moisture sorbent us-ing on light chestnut soils of the Lower Volga region. *International Journal Of Applied And Fundamental Research*. 2013. № 2. www.science-sd.com/455-24275.
12. Serderov V. K., Serderova D. V. Efficiency of resource-saving technology in testing new potato varieties and hybrids. *Irrigated agriculture*. 2023. No 1 (40). Pp. 38-40.
13. Tibirkov A. P. et al. The effectiveness of using soil hydrogel on light chestnut soils between the Volga and Don rivers to stimulate the germination of agricultural seeds. *Engineering Research and Cooperation in Global Agricultural Production*. 2020. Vol. 659. Sci.659 012018.

14. Godunova E. I., Shkabarda S. N. Hydrogel and structural composition of ordinary chernozems in the unstable humidification zone of the Stavropol Territory. *Fertility*. 2018. No 3 (102). Pp. 31-33.
15. Ulanov A. N. et al. Feed production on low-lying peat and developed soils of the North-East of the European part of Russia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Moscow, 2021. Pp. 012-015.
16. Vdovina T. V., Kobeleva Y. V., Sirotkin A. S., Shurgalina N. N., Sidorova E. I. Iron-based nanostructured reagents in the processes of biological wastewater treatment. *Theoretical and Applied Ecology*. 2020. 1. 4. Pp. 117-122.

Информация об авторах

Филин Валентин Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: valentinfilin@yandex.ru
Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (ФГБНУ ВНИИОЗ) (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), e-mail: can_volgau@mail.ru
Тибирков Александр Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru
Кузнецова Елена Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7826-4741>, e-mail: kea1985.1985@mail.ru

Author's Information

Filin Valentin Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: valentinfilin@yandex.ru
Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Leading Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (VNIIOZ) (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru
Tibirkov Aleksander Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Federation, 400002, Universitetsky Ave., 26), e-mail: a.tibirkov@mail.ru
Kuznetsova Elena Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7826-4741>, e-mail: kea1985.1985@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-07

THE RESULTS OF CHERRY VARIETIES' STUDY UNDER THE SOUTH-WEST CONDITIONS OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA**Akulenko E. G., Ostrovskaya S. M., Novilova N. M., Anishko M. Yu., Misnikova N. V.**

*All-Russian Lupine Scientific Research Institute – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology
Bryansk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Received 07.10.2024

Submitted 21.02.2025

The research was conducted within the framework of the Basic Scientific Research Program of the Russian Academy of Sciences (AAAAA-A19-119122490147-7) of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation on the topic "To improve methods of examination, mobilization and DNA typing of genetic resources of forage and fruit plants in order to identify adaptive and economic potential, create sources and donors of economically valuable traits and properties"

Summary

Actuality. Cherry ordinary (*Prunus cerasus* L.) is one of the most one of the most common stone fruit crops. In the last years the sharp decrease of its yield is noticed, it's mainly linked to frosting of pistils and ovaries if spring frost occurs as well to the low resistance to fungal disease. It's necessary to look for sources with satisfactory resistance level to returned spring frosts and fungal disease to use in the future cherry breeding. **The aim of work:** to select resistance sources to returned spring frosts and fungal disease to include them into the future breeding process. **Materials and methods.** The work was done in the fruits' growing department of the All-Russian Lupine Scientific Research Institute (Bryansk region) in 2022-2024 on the base of the common used methods. The yield, fungal diseases' resistance (cocomycosis, moniliosis) were studied, data of pistils and ovaries' frosting were recorded. **Results and conclusions:** the work resulted in selection of cherry's breeding lines which are able to produce good yield under the stress conditions: bl 3-27-19 (10.2 t/ha), Shpanka bryanskaya (9.4 t/ha), bl 3-18-23 (6.7 t/ha), Selena (3.2 t/ha). Varieties of interest for further breeding have been identified as resistance sources to cocomycoses – mutant 4-6, varieties Soyuznaya and Kistevaya; to moniliosis – Loznovskaya 799, Tchudo vishnya, Selena, Soyuznaya, Sevost'yanovskaya, Sakharov's memory; winter hardness – bl 3-18-23 and Selena.

Keywords: cherry ordinary, cherry variety study, cherry breeding, cherry yield, cocomycosis, cherry diseases, cherry winter hardness.

Citation. Akulenko E. G., Ostrovskaya S. M., Novilova N. M., Anishko M. Yu., Misnikova N. V. The results of cherry varieties' study under the South-West conditions of the Non-Chernozem zone of Russia. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 70-76 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-07.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, and analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version submitted.

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

УДК 634.23:632.4:551.524

**РЕЗУЛЬТАТЫ СОРТОИЗУЧЕНИЯ ВИШНИ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ
НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ****Акуленко Е. Г.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник**Островская С. М.**, младший научный сотрудник**Новикова Н. Н.**, младший научный сотрудник**Анишко М. Ю.**, доктор сельскохозяйственных наук, директор**Мисникова Н. В.**, кандидат сельскохозяйственных наукВсероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал
ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»
г. Брянск, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках Программы фундаментальных научных исследований РАН (AAAA-A19-119122490147-7) Миннауки и высшего образования РФ по теме «Усовершенствовать методы обследования, мобилизации и ДНК-типирования генетических ресурсов кормовых и плодовых растений в целях выявления адаптивного и хозяйственного потенциала, создания источников и доноров хозяйственно-ценных признаков и свойств»

Актуальность. Вишня обыкновенная (*Prunus cerasus* L.) является одной из самых распространенных плодовых косточковых культур. В последние годы наблюдается резкое снижение ее урожайности, что связано в основном с подмерзанием пестиков и завязи с приходом весенних заморозков, а также слабой устойчивостью к грибным заболеваниям. Необходим поиск источников с достаточным уровнем устойчивости к возвратным весенним заморозкам и грибным болезням для дальнейшей селекции вишни. **Цель работы:** из 23 сортообразцов вишни выделить источники устойчивости к весенним возвратным заморозкам и грибным болезням для вовлечения их в дальнейший селекционный процесс. **Материалы и методы.** Работа была выполнена на коллекционном участке отдела пловодства ВНИИ люпина (Брянская обл.) в 2022-2024 годах с использованием общепринятых методик по селекции. Изучали урожайность, устойчивость к грибным болезням (коккомикозу и монилиозу), учет подмерзания пестиков и завязи. **Результаты и выводы.** В результате проведенных исследований выделены сортообразцы вишни, способные в стрессовых условиях сформировать хороший урожай: сн 3-27-19 (10,2 т/га), Шпанка брянская (9,4 т/га), сн 3-18-23 (6,7 т/га), Селена (3,2 т/га). Определены сортообразцы, представляющие интерес для дальнейшей селекции как источники устойчивости к коккомикозу – мутант 4-6, сорта Союзная и Кистевая; к монилиозу – Лозновская 799, Чудо вишня, Селена, Союзная, Севостьяновская, Памяти Сахарова; зимостойкости – сн 3-18-23 и Селена.

Ключевые слова: вишня обыкновенная, сортоизучение вишни, селекция вишни, урожайность вишни, коккомикоз, монилиоз, болезни вишни, зимостойкость вишни.

Цитирование. Акуленко Е. Г., Островская С. М., Новикова Н. Н., Анишко М. Ю., Мисникова Н. В. Результаты сортоизучения вишни в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 70-76. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-07.

Авторский вклад. Все авторы проведенного исследования принимали непосредственное участие в планировании, проведении анализа данной работы. Авторы настоящей статьи ознакомлены с представленным окончательным её вариантом и одобрили его.

Конфликт интересов. Все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Климатические условия Брянской области благоприятны для возделывания косточковых культур, в том числе вишни обыкновенной (*Prunus cerasus* L.) [1]. Однако в садах доля этой культуры незначительна. Из-за массового распространения грибковых болезней – коккомикоза (*Coccomyces hiemalis* Higg) и монилиоза (*Monilia cinerea*) – снижаются площади под посадками косточковых культур, в том числе и вишни [2]. Химические меры защиты от болезней – дорогостоящее мероприятие и во влажные годы не дают должного эффекта. Поражение болезнями, как правило, приводит к ослаблению деревьев перед закладкой генеративных органов на следующий сезон, а также подготовкой к перезимовке [3-5]. Вследствие чего, несмотря на обильное цветение, многие сорта плодоносят слабо, наблюдается массовое опадение завязи, что связано также с подмерзанием сусидо-проводящих пучков под цветочными почками [6].

В последнее время (2023-2024 гг.) непоправимый ущерб наносят возвратные заморозки в мае, приводящие к подмерзанию бутонов, цветков, пестиков и молодой завязи на косточковых культурах [7-13]. Следовательно, совершенствование сортимента и внедрение устойчивых к весенним возвратным заморозкам и грибным болезням сортов является одной из приоритетных задач в селекции вишни.

Селекционная работа по вишне в отделе плодоводства во ВНИИ люпина была начата в 1972 году с закладки сада первичного изучения 47 сортов. Коллекция была представлена сортами белорусской селекции, селекции ВНИИС им. И. В. Мичурина, Воронежского сельскохозяйственного института. В дальнейшем коллекция пополнялась новыми сортами из различных регионов, а также испытывались генотипы, выращенные из косточек сорта Гриот московский, облученных γ -лучами, из которых был выделен зимостойкий, устойчивый к коккомикозу мутант 4-6. В ходе многолетних исследований на иммунитет к грибным заболеваниям в селекции использовались межвидовые гибриды, несущие гены устойчивости диких видов. Поскольку дикий вид, кроме устойчивости, вносит нежелательные признаки, основным способом селекции на иммунитет являются возвратные насыщающие скрещивания. В исследованиях широко используются генотип 17-17, в геноме которого содержатся гены вишни, черемухи и черешни, селекционные номера 2-13-49 и 2-13-43, включающие гены вишни обыкновенной, вишни степной, вишни пенсильванской и черешни. За годы исследований было изучено более 300 сортов и отборных форм вишни. В Государственный реестр селекционных достижений внесено 9 сортов вишни селекции ВНИИ люпина Октава, Журавка, Сударушка, Радонез, Игрицкая, Шпанка брянская, Морель брянская, Причуда, Застенчивая [14].

Материалы и методы. Работа проводилась в 2022-2024 гг. на коллекционных участках отдела плодоводства ВНИИ люпина (Брянская обл.). Изучались 23 сортообразца вишни обыкновенной селекции ВНИИ люпина и других НИУ посадки 2016 года. Схема посадки 4х3 м. Изучение урожайности, устойчивости к грибным болезням (коккомикозу и монилиозу), учет подмерзания пестиков и завязи проводили согласно «Программе и методике по селекции и сортоизучению плодовых, ягодных и орехоплодных культур». Поражение монилиозом учитывали на соцветиях, молодых побегах с листьями и плодах с расчетом среднего балла поражения растения. По устойчивости к коккомикозу генотипы оценивали в начале августа, в период сильного развития болезни и в конце августа, в период полной вредоносности, сопровождающейся массовой дефолиацией с расчетом среднего балла поражения.

Экспериментальные данные обработаны статистически с применением дисперсионного анализа по Б. А. Доспехову [15]. Метеорологические данные предоставлены ФГБУ метеостанцией Брянского района.

Результаты и их обсуждение. В последние годы, несмотря на обильное цветение, многие сорта вишни имеют низкую урожайность. Одной из причин является восприимчивость культуры к грибковым заболеваниям – коккомикозу и монилиозу. Мягкие зимы, обилие осадков в мае-июле вызывают эпифитотию этих болезней. Была выявлена прямая положительная зависимость поражения коккомикозом ($r = 0,97$) и монилиозом ($r = 0,77$) от суммы активных температур в мае-июле и суммы осадков за этот же период ($r = 0,87$). Метеорологические условия в мае-июле 2024 года способствовали большему развитию коккомикоза, чем в предыдущие годы. Сумма активных температур за этот период составляла 1609 °С, а сумма осадков – 256,7 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия май-июль, 2022-2024 гг.

Table 1 – Meteorological data for May – July, 2022-2024

Год / Year	Месяц / Month	Сумма активных температур (+10 °C) / Sum of active temperatures (+10 °C)		Сумма осадков, мм / Total rain, mm		Количество дней с осадками / Number of rainy days
		по месяцам / every month	за 3 месяца / for 3 months	по месяцам по месяцам / every month	за 3 месяца / for 3 months	
2022	май / May	301,5	1499,8	42,6	228,8	6
	июнь / June	582,3		133,6		12
	июль / July	616,0		52,6		9
2023	май / May	354,2	1451,6	10,4	159,1	7
	июнь / June	515,2		66,3		8
	июль / July	581,2		82,4		13
2024	май / May	345,4	1609,0	83,5	256,7	12
	июнь / June	580,5		89,8		9
	июль / July	683,1		83,4		14

Таблица 2 – Урожайность и устойчивость к заморозкам и грибным болезням сортообразцов вишни в условиях 2022-2024 гг.

Table 2 – Yield and resistance to frost and fungal diseases of cherry's breeding lines in 2022-2024

Сортообразец / Breeding line	Урожайность, т/га / Yield, t/ha		V, %	Подмерзание пестиков и завязи, балл / Frosting of pistils and ovaries, score		Поражение, балл / Infection, score			
						Коккомикозом / coccomycosis		Монилиозом / moniliosis	
	X _{ср.}	max.		X _{ср.}	max.	X _{ср.}	max.	X _{ср.}	max.
Сорта и селекционные номера селекции ВНИИ люпина / Varieties and breeding numbers of the All-Russian Lupin Research Institute									
Игрицкая (к) / Igritskaya (k)	2,2	4,6	94	2,8	4,0	1,7	3,0	0,7	1,0
3-27-19	10,2	13,3	34	2,3	4,0	1,2	2,5	1,0	1,0
Шпанка брянская / Shpanka braynskaya	9,4	10,4	11	2,2	3,0	1,7	2,5	1,0	1,0
3-18-23	6,7	8,5	26	1,7	3,0	1,2	1,5	1,0	2,0
Селена (2-11-33) / Selena (2-11-33)	3,2	5,7	72	1,8	3,0	1,2	2,0	0,3	1,0
Русколь (3-1-20) / Rukol (3-1-20)	2,4	4,0	58	2,3	3,0	1,7	2,0	1,3	2,0
Морель брянская / Morel braynskaya	2,1	3,8	75	2,8	4,0	1,8	3,5	0,8	1,0
Радонеж / Radonez	2,1	3,1	44	2,5	4,5	1,3	2,5	2,0	4,0
Ц-1-25 / Ts-1-25	2,0	4,1	99	3,0	4,5	1,3	2,0	2,7	4,0
Брянский талисман / Braynskii talisman	1,4	2,5	79	3,2	4,5	1,2	2,0	2,7	4,0
2-12-11	1,1	1,8	51	3,0	4,0	1,7	2,5	0	0
Застенчивая / Zastenchivaya	1,0	1,5	70	3,2	4,5	1,8	2,5	0,6	1,5
Сударушка / Sudarushka	0,9	1,5	65	2,7	4,0	1,8	3,5	0,7	1,0
4-6	0,6	1,2	100	2,7	3,5	0,7	1,0	0,3	1,0
Сорта других НИУ \ Varieties of other research institutes									
Союзная / Souznaya	2,1	4,2	89	3,0	4,5	0,5	0,5	0,3	1,0
Севостьяновская / Sevosnianovskaya	1,8	2,1	17	3,0	4,5	2,5	3,5	0,3	0,5
Новелла / Novella	1,5	3,9	139	3,0	4,5	1,8	3,0	0,8	1,5
Лозновская 799 / Loznovskaya 799	1,5	2,5	55	3,2	4,5	1,3	2,0	0,2	0,5
Кистевая / Kistevaya	1,4	2,3	52	2,5	4,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Памяти Сахарова / Pamiati Sakharova	1,3	1,7	26	2,8	4,0	1,2	1,5	0,3	0,5
Чудо вишня / Chudo vishnya	1,0	2,5	138	3,3	4,5	1,5	2,5	0,2	0,5
Волочаевка / Volochaevka	0,9	1,3	40	3,0	4,0	2,0	4,0	1,0	1,5
Память Вавилова / Pamyat Vavilova	0,9	1,0	13	3,0	4,0	1,2	1,5	2,3	3,0
НСР ₀₅	4,56	-	-	-	-	-	-	-	-
Среднее по сортам, 2022 г. / Average by grade,	3,6	-	-	0,8	-	1,1	-	0,5	-
Среднее по сортам, 2023 г. / Average by grade,	1,9	-	-	3,9	-	1,0	-	0,8	-
Среднее по сортам, 2024 г. / Average by grade,	1,9	-	-	3,5	-	2,4	-	1,4	-

Опадение пораженных листьев наблюдалось уже в июле. Среднее поражение по сортам составило 2,4 балла (таблица 2). В полевых условиях в течение ряда лет наиболее устойчивыми к коккомикозу (0,5-1,5 балла) были сн 3-18-23, мутантная форма 4-6 и сорта Союзная, Кистевая, Памяти Сахарова, Память Вавилова. Поражение более 3-х баллов было отмечено на сортах Морель брянская, Севостьяновская, Волочаевка.

К снижению зимостойкости и урожайности вишни также приводит поражение насаждений монилиозом. Заражение происходит во время цветения. Поражаются цветки, побеги и плоды. Ранее развитие этого заболевания наблюдалось реже, и степень его вредоносности была небольшой. Общее потепление климата и ливневые дожди во время цветения способствуют сильнейшему распространению монилиоза. Наиболее сильному распространению монилиоза способствовали погодные условия 2024 года. Среднее поражение по сортам составило 1,4 балла. Сильное поражение (до 4-х баллов) было отмечено у сн Ц-1-25, Брянский талисман, Радонеж. Незначительное поражение (0,5-1 балл) имели сорта Игрицкая, сн 3-27-19, Шпанка брянская, Селена (2-11-33), Морель брянская, Чудо вишня, Памяти Сахарова и др. Проявил иммунитет сн 2-12-11.

Зимы 2022-2024 гг. были мягкими, без резких температурных колебаний. Самым холодным месяцем был январь со средней температурой $-6,0^{\circ}\text{C}$. Минимальная температура в январе доходила до $-23,7^{\circ}\text{C}$ (2024 год). Снежный покров к февралю достигал 20-40 см. За период исследований подмерзание деревьев и цветковых почек после зим было незначительным, не более 0,5 баллов. Большой ущерб урожаю в последние два года на территории Брянской области наносят возвратные заморозки в мае (до $-3,1^{\circ}\text{C}$). Прослеживается прямая зависимость урожая от весенних заморозков ($r = 0,99$). Более устойчивыми с повреждениями не более 3-х баллов были сорта Шпанка брянская, сн 3-18-23, Селена, Русколь. На сортах Вянок, Морозовка, Превосходная Колесниковой, Прим. Отмечено 5-ти балльное поражение пестиков и молодой завязи заморозком в 2023-2024 гг., что привело к отсутствию урожая на этих сортах в течение двух лет (рисунок).



Рисунок 1 – Подмерзание завязи сорта Морозовка, 2024 год
Figure 1 – Freezing of ovaries of the var. Morozovka, 2024

Несмотря на негативное влияние абиотических и биотических стресс-факторов выделены сорта и селекционные номера, способные в сложившихся условиях сформировать хороший урожай. Наиболее урожайным был 2022 год, когда урожайность в среднем по сортам составила 3,6 т/га. В связи с повреждениями весенними заморозками в последние два года урожай вишни был почти в 2 раза ниже (1,9 т/га), чем в 2022 году. За три исследуемых года среднюю урожайность более 3 т/га имели – сн 3-27-19 (10,2 т/га), Шпанка брянская (9,4 т/га), сн 3-18-23 (6,7 т/га), Селена (3,2 т/га). Как наиболее адаптивный ($V=11\%$) с хорошей урожайностью отмечен сорт Шпанка брянская.

Закключение. Таким образом, в результате проведенных исследований 2022-2024 гг. выделены сортообразцы вишни, способные в стрессовых условиях сформировать значимый урожай – Шпанка брянская, Селена, сн 3-27-19, сн 3-18-23. Выделены сортообразцы, представ-

ляющие интерес для дальнейшей селекции как источники устойчивости к коккомикозу – мутант 4-6, сорта Союзная и Кистевая; к монилиозу – Лозновская 799, Чудо вишня, Селена, Союзная, Севостьяновская, Памяти Сахарова; зимостойкости – сн 3-18-23 и Селена.

Conclusions. Thus, as a result of the research conducted in 2022–2024 cherry cultivars capable of producing a significant yield under stressful conditions are identified – Shpanka Bryanskaya, Selen, sn 3–27-19, sn 3-18-23. Cultivars of interest for further breeding are identified as sources of resistance to coccymycosis-mutant 4-6, varieties Soyuznaya and Kistevaya; to moniliosis-Loznovskaya 799, Chudo vishnya, Selen, Soyuznaya, Sevostyanovskaya, Pamyati Sakharova; winter hardiness – sn 3-18-23 and Selen.

Библиографический список

1. Каньшина М. В., Астахов А. А., Мисников Н. В., Ягovenko Г. Л. Оценка адаптивности сортообразцов вишни и черешни на юге Нечерноземья. Селекция и сорторазведение садовых культур. 2021. № 8 (1). С. 45-48.
2. Ефремов И. Н., Гуляева А. А., Берлова Т. Н., Безлепкина Е. В. Оценка устойчивости сортов вишни генотипа ВНИИСПК к коккомикозу. Вестник аграрной науки. 2020. № 3 (84). С. 26-30.
3. Каньшина М. В., Астахов А. А. Устойчивость сортов вишни к грибным болезням в условиях Брянской области. Современное садоводство. 2013. № 3 (7). С. 35-40.
4. Ефремов И. Н., Гуляева А. А., Берлова Т. Н., Безлепкина Е. В. Устойчивость форм вишни и сливы к грибным заболеваниям. Вестник аграрной науки. 2019. № 3 (78). С. 17-22.
5. Насонова Г. В. Проблемы борьбы с монилиозом на вишне и пути её решения. Современное садоводство. 2017. № 3. С. 65-73.
6. Кузнецова А. П., Хохлова А. А., Дрыгина А. И. Изучение зимостойкости сортов вишни обыкновенной в полевых и лабораторных условиях. Плодоводство и виноградарство Юга России. 2022. №77 (5). С. 137-153.
7. Ожерельева З. Е., Ефремов И. Н. Выделение исходных форм для селекции *Prunus cerasus* L., устойчивых к весенним заморозкам. Вестник аграрной науки. 2020. № 5 (86). С. 59-65.
8. Гуляева А. А., Ефремов И. Н., Безлепкина Е. В. Оценка зимостойкости генеративных почек сортообразцов вишни в полевых условиях. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 3. С. 18-21.
9. Ожерельева З. Е., Болгова А. О., Гуляева А. А. Выделение источников высокой устойчивости бутонов и цветков к поздневесенним заморозкам для селекции сливы. Достижения науки и техники АПК. 2022. № 36 (10). С. 49-53.
10. Ожерельева З. Е., Прудников П. С., Ефремов И. Н. Изучение морозостойкости сортов вишни селекции ВНИИСПК. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 29-33.
11. Солонкин А. В., Никольская О. А., Киктева Е. Н. Изучение компонентов зимостойкости сливы различного происхождения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 2 (58). С. 95-104.
12. Szalay L. et al. Cold hardiness of peach flowers at different phenological stages. Horticultural Science. 2018. Vol. 45. Pp. 119-124.
13. Unterberger C. et al. Spring frost risk for regional apple production under a warmer climate. PLoS ONE. 2018. Vol. 13. Iss. 7. Pp. 357-360.
14. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. <https://web.archive.org/web/20171027182025/http://reestr.gossort.com/reestr>.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 351 с.

References

1. Kanshina M. V., Astakhov A. A., Misnikova N. V., Yagovenko G. L. Adaptability evaluation of breeding lines of cherry and sweet cherry. Breeding and varieties' growing of garden crops. 2021. Vol. 8. No. 1. Pp. 45-48.
2. Efremov I. N., Gulyaeva A. A., Berlova T. N., Galkova A. A., Bezlepina E. V. Coccymycosis stability evaluation of sour cherry cultivars of the genetic pool of the Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding. Bulletin of Agrarian Science. 2020. Vol. 3. No. 84. Pp. 26-30.
3. Kanshina M. V., Astakhov A. A. Cherry variety resistance to fungi diseases under Bryansk region conditions. Contemporary horticulture. 2013. Vol.3. No. 7. Pp. 35-40.
4. Efremov I. N., Gulyaeva A. A., Berlova T. N., Bezlepina E. V. Resistance of forms of cherry and plum to fungal diseases. Bulletin of Agrarian Science. 2019. Vol. 3. No. 78. Pp. 17-22.
5. Nasonova G. B. Problem of combating brown rot on cherry and its solution. Contemporary horticulture. 2017. Vol.3. No. 7. Pp. 35-40.
6. Kuznetsova A. P., Khokhlova A. A., Drygina A. I. The study of winter hardiness of sour cherry varieties under field and laboratory conditions. Fruit growing and viticulture of South Russia. 2022. Vol. 77. No. 5. Pp. 137-153.
7. Ozherelieva Z. E., Efremov I. N. Choice of initial forms for selection of *Prunus cerasus* L. resistant to spring frosts. Bulletin of Agrarian Science. 2020. Vol. 5. No. 86. Pp. 59-65.
8. Gulyaeva A. A., Efremov I. N., Bezlepina E. V. Assessment of the winter hardiness of the cherry trees reproductive buds in field conditions. Vestnik of the Russian agricultural science. 2020. No. 3. Pp. 18-21.
9. Ozherelieva Z. E., Bolgova A. O., Gulyaeva A. A. Isolation of sources of high resistance of buds and flowers to late spring frosts for plum breeding. Achievements of Science and Technology of AIC. 2022. Vol. 36. No. 10. Pp. 49-53.
10. Ozherelieva Z. E., Prudnikov P. S., Efremov I. N. Studying of frost resistance of cherry varieties in selection of All-Russian research institute for fruit crop breeding. Vestnik of the Russian agricultural science. 2020. No. 4. Pp. 29-31.
11. Solonkin A. V., Nikolskaya O. A., Kikteva E. N. Study of components of winter resistance of plum of different origin. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. Vol. 2. No. 58. Pp. 95-104.
12. Szalay L. et al. Cold hardiness of peach flowers at different phenological stages. Horticultural Science. 2018. Vol. 45. Pp. 119-124.

13. Unterberger C. et al. Spring frost risk for regional apple production under a warmer climate. PLoS ONE. 2018. Vol. 13. Iss. 7. Pp. 357-360.
14. The State List of Breeding Achievements allowed for use. <https://web.archive.org/web/20171027182025/http://reestr.gossort.com/reestr>.
15. Dospekhov B. A. Methods for field experiments. Moscow: Kolos, 1985. 351 p.

Информация об авторах

Акуленко Елена Георгиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель направления, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-1230>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Островская Светлана Михайловна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Новикова Наталья Николаевна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9606-4355>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Анишко Михаил Юрьевич, доктор сельскохозяйственных наук, директор, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5803-0507>, e-mail: lupin_mail@mail.ru

Мисникова Надежда Викторовна, кандидат сельскохозяйственных наук, ученый секретарь, Всероссийский научно-исследовательский институт люпина – филиал ФГБНУ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» (Российская Федерация, 241524, Брянская область, Брянский район, пос. Мичуринский, ул. Березовая, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5746-6539>, e-mail: lupin_nvmsnikova@mail.ru

Author's Information

Akulenko Elena Georgievna, Candidate of Agricultural Sciences, head of the department, leader researcher, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinsky, Berezovaya street, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0173-1230>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Ostrovskaya Svetlana Michailovna, junior researcher, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinsky, Berezovaya street, 2), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4494-8570>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Novikova Natalia Nikolaevna, junior researcher, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology, the department of fruit breeding, (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinsky, Berezovaya street, 2), ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9606-4355>, e-mail: lupin.plodopr@mail.ru

Anishko Michail Yur'evitch, Director, Doctor of Agricultural Sciences, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinsky, Berezovaya street, 2), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5803-0507>, e-mail: lupin_mail@mail.ru

Misnikova Nadezhda Victorovna, Candidate of Agricultural Sciences, Research secretary, All-Russian Lupin Scientific Research Institute – the branch of the Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology (Russian Federation, 241524, Bryansk region, Bryansk district, Michurinsky, Berezovaya street, 2), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5746-6539>, e-mail: lupin_nvmsnikova@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-08

THE RESULTS OF USING OF MICROBIOLOGICAL PREPARATIONS IN THE CULTIVATION OF LEGUMINOUS GRASSES ON IRRIGATED LANDS

Burtseva N. I., Molokantseva E. I., Zemlyanitsyna S. V., Golovatuk O. V.

*All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Received 02.11.2024

Submitted 10.01.2025

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 while realizing the biological potential of forage agrophytocenoses in order to provide livestock with high-quality balanced feeds for the reproduction of soil fertility." Topic No. FNFR-2022-0004

Summary

The article presents the results of research on the effect of pre-sowing inoculation of seeds of perennial legumes on symbiotic activity, yield and quality indicators of feed obtained from the studied crops. The experiments were conducted on irrigated lands of the Lower Volga region.

Abstract

Introduction. Cultivation of perennial legumes is one of the main ways to maintain and increase soil fertility, possibly to stabilize the agroecosystem. Along with this, legume forage crops are a source of balanced high-protein feeds. The use of microbiological preparations in the cultivation of legumes increases the natural ability of plants to accumulate biological nitrogen, which contributes to an increase in crop productivity while reducing the mineral load on the soil. Thus, the inclusion of biologized techniques in the technology of legume cultivation is very important in agricultural production. Object. The object of research is leguminous grasses: *Medicago sativa*, *Onobrychis arenaria*, *Trifolium pratense*, *Lotus corniculatus* and *Galega orientalis*. Materials and methods. The research was conducted at the experimental field of VNIIOZ – a branch of the Federal State Budgetary Institution "Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov". The bookmark of the experiments and the necessary observations were completed at the appropriate time according to generally accepted methods. Results and conclusions. An increase in productivity in variants using microbiological preparations was noted in all types of the studied grasses: the yield of *Medicago sativa* green mass was 35.7-40.1 t/ha, *Onobrychis arenaria* – 35.1-42.2, *Lotus corniculatus* – 30.6-36.6, *Trifolium pratense* r – 30.4-37.1, *Galega orientalis* – 24.7-29.6 t/ha. The control variants yielded yields of 31.9 t/ha, 34.8, 29.8, 28.1 and 23.7 t/ha, respectively. Treatment of seeds before sowing provided an increase of 1.5-2.1 t/ha of dry matter in *Medicago sativa*, 0.5-1.9 t/ha in *Onobrychis arenaria*, 0.8-2.3 t/ha in *Trifolium pratense*, 0.9-1.2 t/ha in *Lotus corniculatus* and 1.0-1.5 t/ha in *Galega orientalis*. The protein content in the biomass increased in *Medicago sativa* by 1.2-4.8%, sainfoin and *Lotus corniculatus* by 0.5-2.5%. The maximum values were observed on the variant of *Medicago sativa* seed treatment with agric acid with azotobacter and trace elements – 21.8%. Protein harvesting from 1 hectare according to the variants with inoculation of *Medicago sativa* seeds increased by 450-655 kg/ha, or 31.4-45.6% compared with the control variant. In *Onobrychis arenaria*, the protein gain was 89-421 kg/ha, in *Trifolium pratense* – 282-680, *Lotus corniculatus* – 350-507 and *Galega orientalis* – 326-459 kg/ha. Compared with the untreated variant, the fat content in plant biomass in the treated variants increased by 0.12-0.50%. Also, the fiber content decreased in the inoculated variants and the number of feeding units has increased. The largest number of nodules was noted in the first mowing on *Galega orientalis* and *Medicago sativa* plants in variants with inoculation of seeds with rhizotorphin B – 78.5-80.0 pcs./plant., while the number of active ones was 41.5-42.8 pieces. By the third mowing, symbiotic activity decreased in all types of grasses, the total number of nodules was 19.6-37.8, active – 10.5-20.2 pcs./plant.

Keywords: *perennial leguminous grasses, seed inoculation, biological preparations, cultivation of leguminous grasses, leguminous grass yields, high-protein feeds.*

Citation. Burtseva N. I. Molokantseva E. I., Zemlyanitsyna S. V., Golovatuk O. V. The results of using of microbiological preparations in the cultivation of leguminous grasses on irrigated lands. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 76-85 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-08.

Authors' contribution. The authors of this research paper have equally participated personally at all stages of its implementation. All the authors of the present article are familiar with its contents and have approved the final version presented.

Conflict of interest. The authors do not declare a conflict of interest.

УДК 633.31/37:579.64

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРЕПАРАТОВ
ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ БОБОВЫХ ТРАВ НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ**

Бурцева Н. И., кандидат сельскохозяйственных наук
Молоканцева Е. И., кандидат сельскохозяйственных наук
Земляницына С. В., младший научный сотрудник
Головатюк О. В., старший лаборант-исследователь

*Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация*

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. Возделывание многолетних бобовых трав является одним из основных способов поддержания и повышения почвенного плодородия, возможностью стабилизации агроэкосистемы. Наряду с этим бобовые кормовые культуры – источник сбалансированных высокобелковых

кормов. Использование микробиологических препаратов при выращивании бобовых трав повышает естественную способность растений к аккумуляции биологического азота, что способствует увеличению продуктивности посевов при снижении минеральной нагрузки на почву. Таким образом, включение биологизированных приемов в технологию возделывания бобовых весьма актуально в сельскохозяйственном производстве. Объект. Объектом исследований являются бобовые травы: люцерна синегибридная, эспарцет песчаный, клевер луговой, лядвенец рогатый и козлятник восточный. Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле ВНИИОЗ – филиал ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации им. А. Н. Костякова». Закладка опытов и необходимые наблюдения были выполнены в соответствующие сроки и согласно общепринятым методикам. Результаты и выводы. Повышение продуктивности на вариантах с использованием микробиологических препаратов отмечалось у всех видов исследуемых трав: урожайность зеленой массы люцерны составила 35,7-40,1 т/га, эспарцета – 35,1-42,2, лядвенца – 30,6-36,6, клевера – 30,4-37,1, козлятника – 24,7-29,6 т/га. На контрольных вариантах была получена урожайность 31,9 т/га, 34,8, 29,8, 28,1 и 23,7 т/га, соответственно. Обработка семян перед посевом обеспечила прибавку 1,5-2,1 т/га сухого вещества у люцерны, 0,5-1,9 т/га у эспарцета, 0,8-2,3 т/га у клевера, 0,9-1,2 т/га у лядвенца и 1,0-1,5 т/га у козлятника. Содержание протеина в биомассе увеличилось у люцерны на 1,2-4,8%, эспарцета и лядвенца на 0,5-2,5%. Максимальные показатели отмечались на варианте обработки семян люцерны агрикой с азотобактером и микроэлементами – 21,8%. Сбор протеина с 1 гектара по вариантам с инокуляцией семян люцерны повышался на 450-655 кг/га, или 31,4-45,6% по сравнению с контрольным вариантом. У эспарцета прибавка по протеину составила 89-421 кг/га, у клевера – 282-680, лядвенца – 350-507 и козлятника – 326-459 кг/га. По сравнению с вариантом без обработки содержание жира в биомассе растений на обработанных вариантах увеличилось на 0,12-0,50 %. Также на вариантах с инокуляцией снизилось содержание клетчатки, а количество кормовых единиц возросло. Наибольшее число клубеньков отмечалось в первом укосе на растениях козлятника и люцерны в вариантах с инокуляцией семян ризоторфином Б – 78,5-80,0 шт./раст., при этом количество активных составило 41,5-42,8 штук. К третьему укосу симбиотическая деятельность снижалась у всех видов трав, общее количество клубеньков составляло 19,6-37,8, активных – 10,5-20,2 шт./раст.

Ключевые слова: многолетние бобовые травы, инокуляция семян, биопрепараты, возделывание бобовых трав, урожайность бобовых трав, высокобелковые корма.

Цитирование. Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земляницына С. В., Головатюк О. В. Результаты использования микробиологических препаратов при возделывании бобовых трав на орошаемых землях. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 76-85. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-08.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Бобовые травы обеспечивают не только получение высокобелковых кормов, но и, благодаря росту содержания органического вещества в почве, способствуют сокращению расходов на внесение минеральных удобрений и повышению почвенного плодородия [1, 2, 3]. После возделывания многолетних бобовых трав в почве остается большое количество корневых и пожнивных остатков, которые, в свою очередь, являются источником легкоусвояемого азота, фосфора и калия, а также микроэлементов, необходимых для развития и роста растений. Возделывание бобовых трав активизирует почвенную микрофлору, создавая благоприятные условия для последующих культур севооборота [4, 5].

Инокуляция бобовых культур способствует достижению необходимого уровня в почве азотфиксирующих бактерий, образующих симбиотические связи с растениями. Данные симбиозы расширяют возможности растений к поглощению и накоплению биологического азота. Микробиологические препараты имеют в составе высокоэффективные клубеньковые бактерии, выращенные на торфяном субстрате или питательной среде и обогащенные углеводами, минеральными веществами, витаминами и микроэлементами [6, 7, 8].

Приспособления, с помощью которых происходит взаимодействие биопрепаратов с культурами, разнообразны: в одних случаях выделяются антибактериальные препараты для подавления фитопатогенов, конкурирующих за место обитания, в других – развиваются «дружественные» взаимополезные микроорганизмы и выделяются вещества-иммунизаторы, которые способствуют повышению устойчивости растений к болезням. К

полезным микроорганизмам относятся азотфиксирующие бактерии. Они усиливают фиксацию атмосферного азота на корнях бобовых растений, продуцируют выработку физиологически активных веществ, тем самым стимулируя рост и развитие растений, сокращая рост фитопатогенных микроорганизмов, улучшая фитосанитарную обстановку в почве, повышают поступление питательных веществ из почвы, что увеличивает способность растений противостоять неблагоприятным условиям [9, 10]. Следовательно, повышение интенсивности азотфиксации для получения высокобелкового корма является актуальной задачей сельскохозяйственного производства.

В связи с этим целью наших исследований является изучение действия микробиологических препаратов при инокуляции семян перед посевом на азотфиксирующую способность, урожайность и питательную ценность кормовой массы многолетних бобовых культур, возделываемых при орошении.

Материалы и методы. Опыты были заложены на орошаемых землях экспериментального поля ВНИИОЗ в 2019-2021 гг. Содержание гумуса в слое 0-0,25 м – 1,7%. Обеспеченность основными питательными элементами следующая – содержание азота в пределах 21-23 мг/кг, подвижного фосфора – 22-25 мг, обменного калия – 230-270 мг/кг.

Объект исследований – многолетние бобовые травы 5 видов: люцерна синегридная, эспарцет песчаный, клевер луговой, лядвенец рогатый и козлятник восточный. Предпосевную обработку проводили препаратами Ризоторфин Б, Гумариз, Агрика, Агрика с добавлением азотобактера и микроэлементов, Агрика с микроэлементами и псевдомонадами и Агрика с микроэлементами (ООО «Биофабрика», г. Кузнецк).

В наших опытах не применялись минеральные удобрения. Для поддержания предположительного порога влажности не ниже 70% НВ в слое почвы 0,7 м проводили поливы дождевальными машинами Вауег нормой 450 м³/га.

Все учеты и наблюдения осуществляли в соответствии с общепризнанными методиками опытного дела^{1,2}. Статистическую обработку полученных данных проводили методом дисперсионного анализа.

Результаты и обсуждение.

Общеизвестно, что микробиологические препараты играют значительную роль в повышении активности формирования симбиотического аппарата у бобовых растений.

Используемые в наших опытах биопрепараты Ризоторфин-Б и Гумариз содержат штаммы азотфиксирующих бактерий, культивированных на питательных средах с торфяной основой. В состав препаратов, помимо бактерий, входят витамины и микроэлементы. Гуматы щелочных металлов, добавленные в Гумариз, активизируют иммунную систему растений. Препарат Агрика увеличивает продуктивность и защитные свойства сельскохозяйственных культур. В опытах использовалась Агрика в различных модификациях с содержанием разных компонентов и все они, каждый в своей мере, усиливали эффект данного препарата [11, 12].

Количество клубеньков на корнях растений, исследуемых в наших опытах, учитывалось в период от фазы полной бутонизации до начала цветения перед каждым укосом.

При исследовании количества клубеньков на многолетних бобовых травах третьего года жизни в вариантах с предпосевной обработкой семян общее количество их на люцерне составило 53,5-55,3 шт., тогда как на контроле – 33,3 шт., на посевах эспарцета 50,3-53,3 шт. на вариантах с обработкой и 32,3 шт. на контрольном варианте, на посевах лядвенца – 41,8-44,3 и 25,5 шт. на клевере – 50,3-53,5 и 28,5 шт., а на козлятнике 51,5-55,5 и 30,2 шт./раст., соответственно (таблица 1). Отношение активных клубеньков к общему их количеству на всех изучаемых культурах составило на контроле – 40,8-42,1%, а в вариантах с использованием препаратов – 51,5-54,0%.

¹ Методика полевого опыта в условиях орошения (Волгоград: ВНИИОЗ, 1983).

² Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами (Москва: ВИК, 1997).

Таблица 1 – Влияние микробиологических препаратов на симбиотический потенциал бобовых трав третьего года жизни по укосам, шт./раст., 2022-2023 гг.

Table 1 – The effect of microbiological preparations on the symbiotic potential of legumes of the third year of life by mowing, pcs./plant, 2022-2023

Варианты обработки семян перед посевом / Pre-sowing seed treatment options	Укосы / Mowing			В среднем за 3 укоса / On average, for 3 mowing	Розовых клубеньков к общему их числу, % / Pink nodules to their total number, %
	первый / first	второй / second	третий / third		
Люцерна / Medicago sativa					
Контроль (без обработки) / Control (without processing)	45,0/19,8	36,5/13,5	18,4/7,5	33,3/13,6	40,8
Ризоторфин Б / Risotorphin B	80,0/42,8	50,8/26,8	35,1/19,8	55,3/29,8	53,9
Гумариз / Gumariz	78,6/40,5	51,2/27,0	30,7/17,2	53,5/28,2	52,8
Агрика + азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	77,0/41,3	49,5/25,6	37,3/19,0	54,6/28,6	52,4
Эспарцет / Onobrychis arenaria					
Контроль (без обработки) / Control (without processing)	43,2/19,2	35,0/14,0	18,7/7,0	32,3/13,4	41,5
Ризоторфин Б / Risotorphin B	72,8/39,5	53,2/28,2	33,9/17,8	53,3/28,5	53,5
Гумариз / Gumariz	70,6/37,0	51,6/26,5	30,8/16,5	51,0/26,7	52,3
Агрика + азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	71,8/38,2	52,3/26,8	26,8/15,5	50,3/26,8	53,3
Клевер / Trifolium pratense					
Контроль (без обработки) / Control (without processing)	39,8/17,2	30,0/12,5	15,7/6,2	28,5/12,0	42,0
Ризоторфин Б / Risotorphin B	75,5/40,2	52,2/27,8	32,8/17,2	53,5/28,4	53,1
Гумариз/Gumariz	73,2/39,0	50,5/25,6	31,4/16,4	51,7/27,0	52,2
Агрика + азотобактер + микроэлементы/ Agrika + azotobacter + trace elements	74,0/38,2	49,6/26,0	27,3/15,0	50,3/26,4	52,5
Лядвенец / Lotus corniculatus					
Контроль (без обработки) / Control (without processing)	38,5/15,2	23,8/10,4	14,2/6,0	25,5/10,5	41,3
Ризоторфин Б/ Risotorphin B	65,2/35,2	45,5/24,0	22,2/12,5	44,3/23,9	54,0
Гумариз/Gumariz	63,5/33,8	41,4/20,2	20,5/11,4	41,8/21,8	52,2
Агрика + азотобактер + микроэлементы/ Agrika + azotobacter + trace elements	66,4/36,2	43,0/22,0	19,6/10,5	43,0/22,9	53,2
Козлятник / Galega orientalis					
Контроль (без обработки) / Control (without processing)	40,2/16,4	31,0/13,2	19,4/8,5	30,2/12,7	42,1
Ризоторфин Б / Risotorphin B	78,5/41,5	50,2/25,8	37,8/20,2	55,5/29,2	52,6
Гумариз / Gumariz	72,8/38,5	48,5/24,5	33,2/16,5	51,5/26,5	51,5
Агрика + азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	75,2/38,0	49,2/26,2	32,5/17,8	52,3/27,3	52,3

Наибольшее число клубеньков отмечено нами на корнях люцерны синегибридной и козлятника восточного в 1 укосе в вариантах с инокуляцией семян ризоторфином Б: 78,5-80,0 шт./раст. Количество активных из них составило 41,5-42,8 штук. От первого к третьему укос у всех культур шло постепенное снижение симбиотической деятельности, общее количество клубеньков уменьшалось до 19,6-37,8, в т. ч. активных – до 10,5-20,2 шт./раст.

В годы проведения полевых опытов складывающиеся погодные условия в вегетационный период трав не всегда благоприятствовали формированию высоких урожаев, но проведение поливов позволило повысить продуктивность трав и способствовало проявлению действия микробиологических препаратов в большей степени, эффективность которых в существенной мере зависит от уровня увлажнения и температуры почвы.

Травостои бобовых культур второго-четвертого годов жизни формировали за вегетацию по 3 укоса. При анализе данных по воздействию используемых в нашем опыте биологических препаратов на урожайность изучаемых культур отмечается их положительное влияние на рост продуктивности. На всех вариантах опыта с предпосевной инокуляцией семян урожайность зеленой массы люцерны была в пределах 35,7-40,1 т/га, эспарцета – 35,1-42,2, лядвенца – 30,6-36,6, клевера – 30,4-37,1, козлятника – 24,7-29,6 т/га. На вариантах без обработки урожайность была ниже – 31,9 т/га у люцерны, 34,8 – эспарцета, 29,8 – лядвенца, 23,7 – козлятника, 28,1 т/га зеленой массы клевера (рисунок 1).

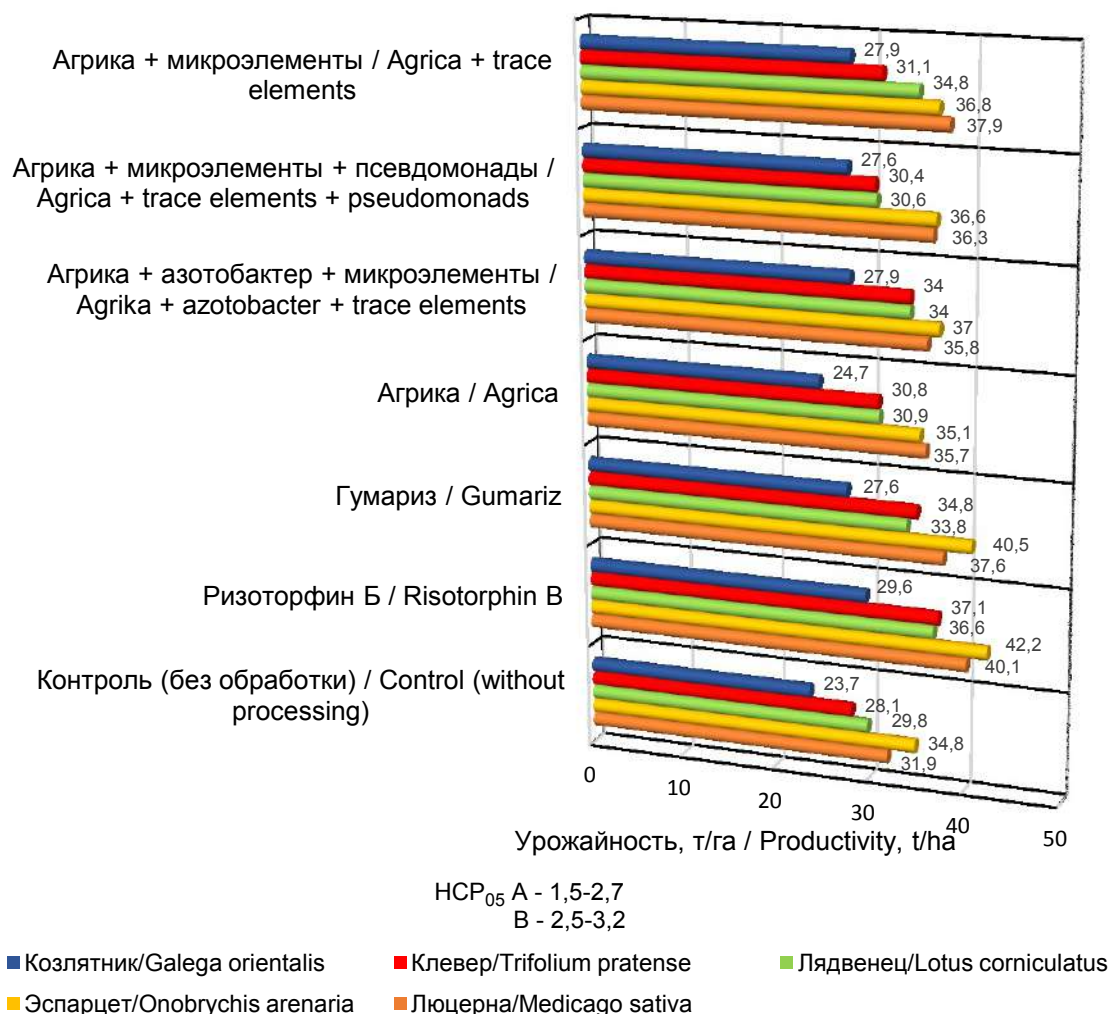


Рисунок 1 – Биологическая продуктивность многолетних бобовых трав третьего года жизни, т/га зеленой массы (среднее за 2021-2023 гг.)

Figure 1 – Biological productivity of perennial legumes of the third year of life, t/ha of green mass (average for 2021-2023)

Последствие препаратов в большей мере оказывало влияние на вариантах с обработкой семян перед посевом ризоторфином Б, гумаризом, агрикой с включением азотобактера и микроэлементов – 29,6-42,2 т, 27,6-40,5 и 27,9-37,0 т/га зеленой массы соответственно.

Применяемые биопрепараты, помимо повышения продуктивности зеленой биомассы и интенсивности азотфиксации, способствуют увеличению урожайности сухого вещества изучаемых бобовых трав: предпосевная инокуляция семян люцерны обеспечивала прибавку 1,5-2,1 т/га сухой массы, что превышало показатели по сравнению с вариантом без инокуляции на 19,0-26,6% (таблица 2). Увеличение содержания сухого вещества по эспарцету составило 0,5-1,9, клеверу – 0,8-2,3, лядвенцу – 0,9-1,2 т и козлятнику – 1,0-1,5 т/га. Наибольшая прибавка урожая получена при обработке семян клевера ризоторфином Б – 32,8%.

Таблица 2 – Влияние микробиологических препаратов на урожайность и питательность сухой массы бобовых трав 4 г. ж., 2023 г.

Table 2 – The effect of microbiological preparations on the yield and nutritional value of the dry mass of legumes 4 years of life, 2023

Культура / Culture	Биопрепараты / Biologics	Урожай- ность СВ, т/га / Yield of dry mat- ter, t/ha	Прибавка относительно контроля / An increase in relative control		Содержание в сухой массе / Content in the dry mass			
			т/га	%	сырого протеи- на, % / raw protein, %	сбор протеина кг с 1 га / collection of protein kg from 1 ha	прибавка / the increase	
							кг/га	%
Люцерна / Medicago sativa	Контроль / Control	7,9	-	-	18,2	1438	-	-
	Ризоторфин Б / Risotorphin B	10,0	2,1	26,6	20,6	2060	622	43,3
	Гумариз / Gumariz	9,4	1,5	19,0	20,1	1889	452	31,4
	Агрика+ азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	9,6	1,7	21,5	21,8	2093	655	45,6
Эспарцет / Onobrychis arenaria	Контроль / Control	8,7	-	-	16,0	1392	-	-
	Ризоторфин Б / Risotorphin B	10,6	1,9	21,8	17,1	1813	421	30,2
	Гумариз / Gumariz	9,9	1,2	13,7	16,8	1663	271	19,5
	Агрика+ азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	9,2	0,5	5,7	16,5	1481	89	6,4
Клевер / Trifolium pratense	Контроль / Control	7,0	-	-	16,7	1169	-	-
	Ризоторфин Б / Risotorphin B	9,3	2,3	32,8	18,1	1683	514	44,0
	Гумариз / Gumariz	8,6	1,6	22,9	21,5	1849	680	58,2
	Агрика+ азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	7,8	0,8	11,4	18,6	1451	282	24,1
Лядвенец / Lotus corniculatus	Контроль / Control	7,5	-	-	19,0	1425	-	-
	Ризоторфин Б / Risotorphin B	9,2	1,7	22,7	21,0	1932	507	35,6
	Гумариз / Gumariz	8,4	0,9	12,0	21,5	1806	381	26,7
	Агрика+ азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	8,7	1,2	16,0	20,4	1775	350	24,5
Козлятник / Galega orientalis	Контроль / Control	5,9	-	-	15,8	932	-	-
	Ризоторфин Б / Risotorphin B	7,4	1,5	25,4	17	1258	326	34,9
	Гумариз / Gumariz	6,9	1,0	16,9	19,3	1332	400	42,9
	Агрика+ азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements	7,1	1,2	20,3	19,6	1392	459	49,3

Использование биопрепаратов существенно влияло и на качественные показатели корма, особенно на содержание протеина в сухой биомассе бобовых трав. Так, инокуляция семян люцерны, клевера и козлятника повышала содержание в корме протеина на 1,2-

4,8%, эспарцета и лядвенца – на 0,5-2,5%. Наибольшим содержанием протеина отличался вариант обработки семян люцерны агрикой с азотобактером и микроэлементами – 21,8%. При этом повышался и сбор протеина с 1 гектара по вариантам с инокуляцией семян люцерны на 450-655 кг/га, или 31,4-45,6% по сравнению с вариантом без обработки. По другим изучаемым культурам увеличение протеина при обработке семян относительно контроля составило соответственно: у эспарцета – 89-421, клевера – 282-680, лядвенца – 350-507 кг и козлятника – 326-459 кг/га.

Расчет обеспеченности кормовой единицы переваримым протеином показал, что кормовая масса из бобовых трав является высокобелковой. Наибольшим содержанием переваримого протеина отличалась люцерна – 171,9-181,3 г.

Анализ данных по химическому составу позволил выявить изменения в содержании питательных веществ изучаемых трав в зависимости от применяемых препаратов. Нами было установлено, что обработка семян инокулянтами перед посевом положительно сказывалась на содержании кормовых единиц и обменной энергии в сухой массе бобовых культур. В результате использования инокулянтов наблюдалось увеличение количества кормовых единиц, а также снижение клетчатки по сравнению с изучаемыми растениями на контроле без проведения обработки семян. Содержание в бобовых культурах жира, важного источника тепла и главного аккумулятора энергии в организме животных, было выше по сравнению с контролем на 0,12-0,50% (таблица 3).

Таблица 3 – Основные показатели питательности кормовой массы бобовых трав в зависимости от применяемых биопрепаратов (среднее за 2021-2023 гг.)

Table 3 – The main indicators of the nutritional value of the feed mass of legumes, depending on the biologics used (average for 2021-2023)

Основные параметры питательной ценности корма / The main parameters of the nutritional value of the feed	Изучаемые культуры / The studied cultures				
	люцерна / medicago sativa	эспарцет / onobrychis arenaria	клевер / trifolium pratense	лядвенец / lotus corniculatus	козлятник / galega orientalis
Контроль (без обработки семян) / Control (without processing)					
Клетчатка, % / Fiber, %	23,2	23,3	19,2	20,7	22,8
Жир, % / Fat, %	2,17	2,45	2,87	3,40	2,70
Кормовые единицы / Feeding units	0,61	0,62	0,76	0,75	0,75
Обменная энергия, МДж / Metabolic energy, MJ	9,9	9,9	10,5	10,3	10,0
Ризоторфин Б / Risotorphin B					
Клетчатка, % / Fiber, %	21,5	22,0	18,1	18,0	20,3
Жир, % / Fat, %	2,38	2,68	3,12	3,68	3,02
Кормовые единицы / Feeding units	0,64	0,64	0,77	0,78	0,79
Обменная энергия, МДж / Metabolic energy, MJ	10,2	10,1	10,6	10,6	10,3
Гумариз / Gumariz					
Клетчатка, % / Fiber, %	21,6	21,6	18,2	18,7	21,4
Жир, % / Fat, %	2,30	2,95	3,15	3,53	2,82
Кормовые единицы / Feeding units	0,64	0,65	0,75	0,78	0,78
Обменная энергия, МДж / Metabolic energy, MJ	10,1	10,1	10,6	10,5	10,2
Агрика + азотобактер + микроэлементы / Agrika + azotobacter + trace elements					
Клетчатка, % / Fiber, %	22,3	22,2	18,9	17,8	20,7
Жир, % / Fat, %	2,29	2,74	3,00	3,58	2,87
Кормовые единицы / Feeding units	0,62	0,63	0,74	0,78	0,78
Обменная энергия, МДж / Metabolic energy, MJ	10,0	10,0	10,5	10,7	10,3

Заключение. Результаты наших исследований показали эффективность предпосевной инокуляции семенного материала микробиологическими препаратами, которые в орошаемых условиях Нижнего Поволжья способствовали увеличению не только деятельности симбиотического аппарата, но и повышению продуктивности изучаемых культур и питательной ценности кормов, получаемых из них. Максимальная урожайность трав получена на вариантах с обработкой семян ризоторфином Б: 29,6-42,2 т зеленой массы или 7,4-10,6 т/га сухой. По сравнению с контролем увеличивалось содержание основных параметров питательности корма – кормовых единиц, переваримого протеина и обменной энергии. Наибольшим количеством питательных веществ отличался люцerneц рогатый – 0,75-0,78 кормовых единиц, 3,40-3,68% жира, 17,8-20,7% клетчатки и 10,3-10,7 МДж обменной энергии в 1 килограмме сухого вещества. Надземная масса изучаемых многолетних бобовых трав является высококачественным и полноценным кормом для высокопродуктивного молочного скота.

Conclusions. The results of our research have shown the effectiveness of pre-sowing inoculation of seed material with microbiological preparations, which in the irrigated conditions of the Lower Volga region contributed not only to an increase in the activity of the symbiotic apparatus, but also to an increase in the productivity of the studied crops and the nutritional value of the feed obtained from them. The maximum yield of herbs was obtained on variants with seed treatment with rhizotorphin B: 29.6-42.2 tons of green mass or 7.4-10.6 tons/ha of dry. Compared with the control, the content of the main nutritional parameters of the feed increased – feed units, digestible protein and metabolic energy. The largest amount of nutrients was distinguished by the Lotus corniculatus – 0.75-0.78 feed units, 3.40-3.68% fat, 17.8-20.7% fiber and 10.3-10.7 MJ of metabolic energy in 1 kilogram of dry matter. The aboveground mass of the studied perennial legumes is a high-quality and complete feed for highly productive dairy cattle.

Библиографический список

1. Дронова Т. Н. и др. Агроэкологическое испытание многолетних бобовых трав в условиях орошения юга России. Орошаемое земледелие. 2022. № 1 (36). С. 53-58.
2. Яковлева М. Т. Биологические препараты на основе ассоциативных бактерий при возделывании люцерны в центральной Якутии. Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 12-15.
3. Степанов А. Ф. и др. Азотфиксирующая способность и роль бобовых трав в биологизации земледелия. Земледелие. 2023. № 1. С. 18-22.
4. Завалин А. А., Алферов А. А., Чернова Л. С. Ассоциативная азотфиксация и практика применения биопрепаратов в посевах сельскохозяйственных культур. Агрохимия. 2019. № 8. С. 83-96.
5. Munoz E., Carneiro J. Plant-microbe symbiosis widens the habitability range of the daisyworld. Journal of Theoretical Biology. 2022. Vol. 554. P. 111275.
6. Лазарев Н. Н., Стародубцева А. М. Влияние инокуляции на продуктивность различных сортов люцерны изменчивой и клевера лугового. Кормопроизводство. 2018. № 1. С. 25-28.
7. Hu Y., Pandey A. K., Wu X. et al. The Role of Arbuscular Mycorrhiza Fungi in Drought Tolerance in Legume Crops: A Review. Legume Research. 2022. Vol. 45. No 1. Pp. 1-9.
8. Jáuregui J. M. et al. Yield components of lucerne were affected by sowing dates and inoculation treatments. European Journal of Agronomy. 2019. V. 103. Pp. 1-12.
9. Козырева М. Ю., Басиева Л. Ж. Влияние препаратов клубеньковых бактерий на урожайность и белковую продуктивность посевов люцерны в условиях предгорной зоны РСФСР – Алания. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2020. № 4. С. 32-42.
10. Сабирова Т. П., Сабиров Р. А. Влияние биопрепаратов на продуктивность сельскохозяйственных культур. Вестник АПК Верхневолжья. 2018. № 3 (43). С. 18-22.
11. Дронова Т. Н. и др. Тестирование биопрепаратов на посевах различных видов бобовых трав при орошении. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 49-56.
12. Тютюма Н. В., Земляницына С. В. Эффективность ризоторфина и гумариза при возделывании эспарцета песчаного на орошаемых землях. Орошаемое земледелие. 2023. № 3 (42). С. 28-32.

References

1. Dronova T. N. et al. Agroecological testing of perennial legumes under irrigation conditions in the south of Russia. Irrigated agriculture. 2022. No 1 (36). Pp. 53-58.
2. Yakovleva M. T. Biological preparations based on associative bacteria in alfalfa cultivation in central Yakutia. Feed production. 2023. No 1. Pp. 12-15.
3. Stepanov A. F. et al. Nitrogen-fixing ability and the role of legumes in the biologization of agriculture. Agriculture. 2023. No 1. Pp. 18-22.
4. Zavalin A. A., Alferov A. A., Chernova L. S. Associative nitrogen fixation and the practice of using biological products in crops. Agrochemistry. 2019. No 8. Pp. 83-96.
5. Munoz E., Carneiro J. Plant-microbe symbiosis widens the habitability range of the daisyworld. Journal of Theoretical Biology. 2022. Vol. 554. P. 111275.
6. Lazarev N. N., Starodubtseva A. M. The effect of inoculation on the productivity of various varieties of alfalfa and meadow clover. Feed production. 2018. No 1. Pp. 25-28.
7. Hu Y., Pandey A. K., Wu X. et al. The Role of Arbuscular Mycorrhiza Fungi in Drought Tolerance in Legume Crops: A Review. Legume Research. 2022. Vol. 45. No 1. Pp. 1-9.

8. Jáuregui J. M. et al. Yield components of lucerne were affected by sowing dates and inoculation treatments. *European Journal of Agronomy*. 2019. V. 103. Pp. 1-12.
9. Kozyreva M. Yu., Basieva L. J. The effect of preparations of nodule bacteria on the yield and protein productivity of alfalfa crops in the conditions of the foothill zone of the Russian Federation. *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2020. No 4. Pp. 32-42.
10. Sabirova T. P., Sabirov R. A. The influence of biological products on the productivity of agricultural crops. *Bulletin of the agroindustrial complex of the Upper Volga region*. 2018. No 3 (43). Pp. 18-22.
11. Dronova T. N. et al. Testing of biological products on crops of various types of legumes during irrigation. *Proceedings of Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2023. No 2 (70). Pp. 49-56.
12. Tyutyuma N. V., Zemlyanitsyna S. V. The effectiveness of rhizotorphin and gumarium in the cultivation of sandy esparcet on irrigated lands. *Irrigated land*. 2023. No 3 (42). Pp. 28-32.

Информация об авторах

Бурцева Наталья Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Молоканцева Елена Ивановна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 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, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5268>, e-mail: svetla80@inbox.ru

Головатюк Ольга Владимировна, старший лаборант-исследователь, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. Тимирязева, 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-880X>, e-mail: golovatuk2011@yandex.ru

Author's Information

Burtseva Natalia Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9787-7321>, e-mail: burtseva.ni58@yandex.ru

Molokantseva Elena Ivanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4901-7976>, e-mail: elena-molok@yandex.ru

Zemlyanitsyna Svetlana Vladimirovna, Junior Researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4581-5268>, e-mail: svetla80@inbox.ru

Golovatuk Olga Vladimirovna, Senior Research Laboratory Assistant, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – the branch of the Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazeva str., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7773-880X>, e-mail: golovatuk2011@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-09

CHANGES IN THE YIELD OF PLANT COMMUNITIES WITH THE AGROPYRON CRISTATUM PARTICIPATION ON THE ILOVLINSKY SAND MASSIF UNDER THE INFLUENCE OF WEATHER CONDITIONS

Vlasenko M. V., Kulik A. K.

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

Corresponding author E-mail: kulikak79@yandex.ru

Received 06.12.2024

Submitted 15.01.2025

**The work was carried out within the framework of the State assignment FNFE-2025-0004
"Theoretical justification and concept of adaptive solutions for managing phytoecological resources
of agricultural landscapes of the arid zone of the Russian Federation at the basin level, using
system-dynamic modeling of soil-hydrological processes, multifactorial analysis of the effects of climate
change and anthropogenic loads"**

Abstract

Introduction. The purpose of the work is to assess the agro-resource potential of pasture lands on the Don river basin sand massifs. The objects of research were the herbaceous plant communities of the Ilovinsky sandy massif (Volgograd Region, Ilovinsky district). **Materials and methods.** The analysis of the weather

conditions of the research region for the period 2013-2024 is presented. It is noted that the climate of the territory is very arid (Selyaninov's hydrothermal coefficient (HTC) = 0.43-0.70). The assessment of changes in phytomass increment in communities with frost- and drought-resistant *Agropyron cristatum* in different seasons of the dry year (HTC of the growing season = 0.34), as well as for the period 2022-2024, was carried out. A change in the morphometric parameters of *Agropyron cristatum* specimens exposed to late spring frosts is shown. The main research methods were: monitoring studies, systematization of the data obtained and their processing using Microsoft Excel and Statistica 5.1 software, as well as subsequent analysis and interpretation of the results. **Results and conclusions.** It was revealed that the yield of cereal communities with the participation of *Agropyron cristatum* on sandy pastures in the period 2022-2024 varied between 5-9% and averaged 291.6-359.9 g/m² during the growing season. The phytomass of communities with the participation of *Agropyron cristatum*, variegated grasses and wormwood (*Bromus-Agropyron*, *Agropyron-Stipa* and *Agropyron-Bromus-Artemisia* communities) varied in the range of 27-38% under the same conditions, reaching an average of 281.4-455.3 g/m² phytomass during the growing season. It was found that the greatest effect on the *Agropyron cristatum* phytomass increment has its height after late spring frosts. If the *Agropyron cristatum* herbage height changes by 1%, the phytomass will change by 2.853%.

Keywords: pastures, sandy massifs, arid zones, plant communities, pasture productivity, phytomass of plant communities.

Citation. Vlasenko M. V., Kulik A. K. Changes in the yield of plant communities with the *Agropyron cristatum* participation on the Ilovinsky sand massif under the influence of weather conditions. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 85-100 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-09.

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 631.963.3

ИЗМЕНЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ С УЧАСТИЕМ AGROPYRON CRISTATUM НА ИЛОВЛИНСКОМ ПЕСЧАНОМ МАССИВЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОГОДНЫХ УСЛОВИЙ

Власенко М. В., кандидат сельскохозяйственных наук

Кулик А. К., кандидат сельскохозяйственных наук

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

Работа проводилась в рамках Государственного задания FNFE-2025-0004 «Теоретическое обоснование и концепция адаптивных решений по управлению фитоэкологическими ресурсами агроландшафтов засушливой зоны РФ на бассейновом уровне, с использованием системно-динамического моделирования почвенно-гидрологических процессов, многофакторного анализа влияния изменения климата и антропогенных нагрузок»

Цель исследований – оценка агоресурсного потенциала пастбищных угодий на песчаных массивах Донского бассейна. Объект исследований – травянистые растительные сообщества с участием *Agropyron cristatum*, произрастающие на территории Иловлинского песчаного массива (Волгоградская область, Иловлинский район). **Материалы и методы.** Представлен анализ погодных условий региона исследований за период 2013-2024 гг. Отмечено, что климат территории является очень засушливым (ГТК = 0,43-0,70). Проведена оценка изменения наращивания фитомассы в сообществах с участием устойчивого к заморозкам и засухам *Agropyron cristatum* в разные сезоны сухого года (ГТК вегетационного периода = 0,34), а также за период 2022-2024 гг. Показано изменение морфометрических параметров испытывавших поздневесенние заморозки особей *Agropyron cristatum*. Основные методы исследования включали систематизацию полученных данных при мониторинговых исследованиях и их обработку с помощью прикладных компьютерных программ, а также последующий анализ и интерпретацию результатов. **Результаты и выводы.** Выявлено, что урожайность злаковых сообществ с участием *Agropyron cristatum* (кострецово-житняковое, житняково-ковыльное, житняково-кострецово-ковыльное) на песчаных пастбищах в период 2022-2024 гг. варьировала в пределах 5-9% и в среднем за вегетацию составляла 291,6-359,9 г/м². Фитомасса сообществ с участием *Agropyron cristatum*, разнотравья и полыни в этих же условиях варьировала в пределах 27-38%, достигая в среднем за вегетацию 281,4-455,3 г/м². Установлено, что наибольшее влияние на наращивание фитомассы *Agropyron cristatum* после поздневесенних заморозков имеет его высота. При изменении высоты травостоя *Agropyron cristatum* на 1% фитомасса изменится на 2.853%.

Ключевые слова: пастбища, песчаные массивы, засушливые зоны, растительные сообщества, продуктивность пастбищ, фитомасса растительных сообществ.

Цитирование. Власенко М. В., Кулик А. К. Изменение урожайности растительных сообществ с участием *Agropyron cristatum* на Иловлинском песчаном массиве под влиянием погодных условий. *Известия НВ АУК*. 2024. 1(79). 85-100. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-09.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современные разноплановые фундаментальные и прикладные исследования аграрной науки в условиях многоукладной экономики и рыночных отношений направлены на экологизацию аграрного сектора и повышение плодородия земель [1, 2]. Для эффективного и обоснованного использования природных ресурсов российскими и зарубежными учёными разрабатываются теории и методические основы механизмов стабилизации экосистем. Так, технологические приёмы создания сенокосно-пастбищных биоценозов, адаптированных к конкретным экологическим условиям и мелиоративному состоянию территории, являются важным звеном системы мероприятий по восстановлению видового разнообразия и продуктивности деградированных пастбищ и сенокосов [3, 4, 5, 6, 7]. Основные приёмы восстановления деградированных кормовых угодий получили экспериментальное подтверждение в широкомасштабных работах и мероприятиях по приостановлению процессов опустынивания и восстановлению территорий [8, 9, 10, 11].

Экологические прогнозы можно осуществить только методом анализа больших массивов накопленных многолетних данных по почвенным условиям, климату и погоде, видовому разнообразию пастбищ, сукцессионным изменениям, продуктивности, антропогенным нагрузкам и пр. [12, 13, 14]. Мониторинг является одним из первоочередных этапов планирования разработок решения локальных проблем восстановления и сохранения ресурсного потенциала регионов, предупреждения и устранения последствий негативных влияний природного и антропогенного характера [15, 16, 17]. Анализ больших массивов данных в результате показывает объективную ситуацию развития разрушительных процессов и совокупность факторов их активизирующих [18, 19, 20].

Актуальность исследований заключается в том, что анализ параметров природного потенциала кормовых угодий на песчаных землях в засушливых условиях позволяет разрабатывать методы, обеспечивающие восстановление, сохранение и продление их продуктивного долголетия.

Материалы, условия и методы исследований.

Цель исследований – оценка агроресурсного потенциала пастбищных угодий на песчаных массивах Донского бассейна. Объектами исследований были травянистые растительные сообщества с участием *Agropyron cristatum*, произрастающие на заросших и слабозаросших бугристо-холмистых песках II надпойменной террасы Иловлинского песчаного массива (Волгоградская область, Иловлинский район), рисунок 1.

В результате обработки полученных данных были решены следующие задачи:

- анализ погодных условий региона исследований за период 2013-2024 гг.;
- оценка сезонных и годовых изменений урожайности фитоценозов с разной долей участия *Agropyron cristatum*;
- анализ изменения морфометрических параметров травостоя *Agropyron cristatum*, испытывавшего длительные поздневесенние заморозки.

Биомасса определялась классическим методом среза пробных укосов на площадках размером по 1 м² в 10-кратных повторностях. Определялась структура пастбищных фитоценозов и доминирующие виды в сообществе. Урожайность всего участка высчитывалась в соответствии с долей площади, которую занимал каждый тип травостоя.

Анализ погодных условий (среднесуточная температура воздуха и количество осадков) в период вегетации растений проведён по данным Интернет ресурса gr5.ru (№ метеостанции 34461, 49°18'с.ш., 43°59' в.д.).

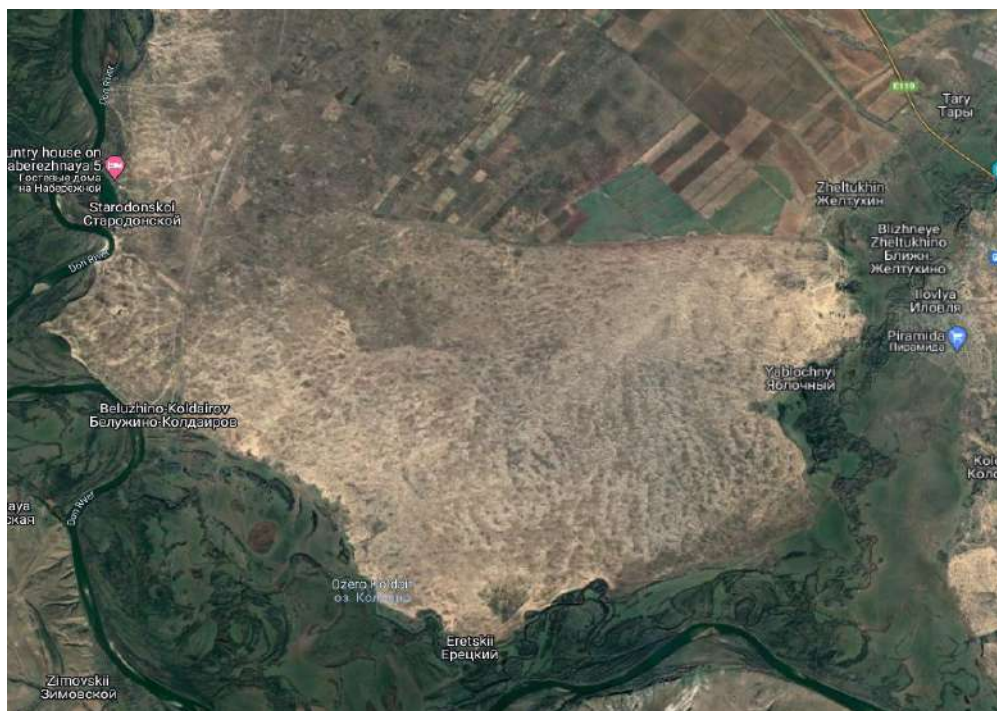


Рисунок 1 – Иловлинский песчаный массив (Google Earth Pro)

Figure 1 – Ilovinsky sand massif (Google Earth Pro)

Гидротермический коэффициент (ГТК) увлажнения рассчитывали по формуле Г. Т. Селянинова:

$$K = R \times 10 / \sum t$$

где R – суммарное количество осадков (мм) за период с t выше 10 °С,
 $\sum t$ – сумма температур выше 10 °С за это же время, по данным метеостанции Иловля, № 34461.

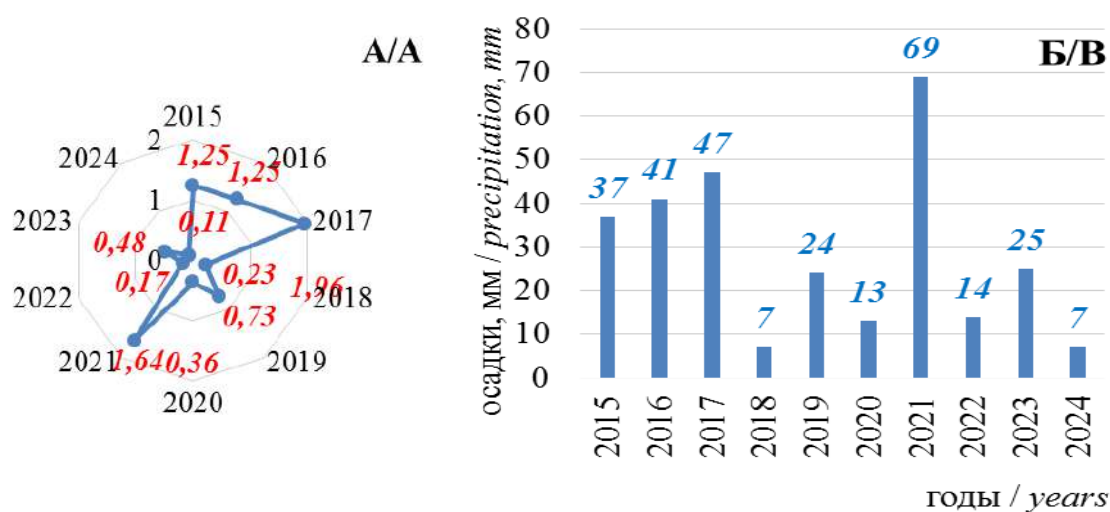
Данные были обработаны и графически представлены с помощью программ Microsoft Excel, Statistica 5.1.

При изучении изменения биомассы травостоя *Agropyron cristatum*, испытавшего длительные позднеосенние заморозки в 2024 г., проведена оценка уравнения множественной регрессии. В расчётах использовались морфометрические признаки (фитомасса, габитус, высота, количество стеблей), которые учитывались у 60 особей генеративного состояния.

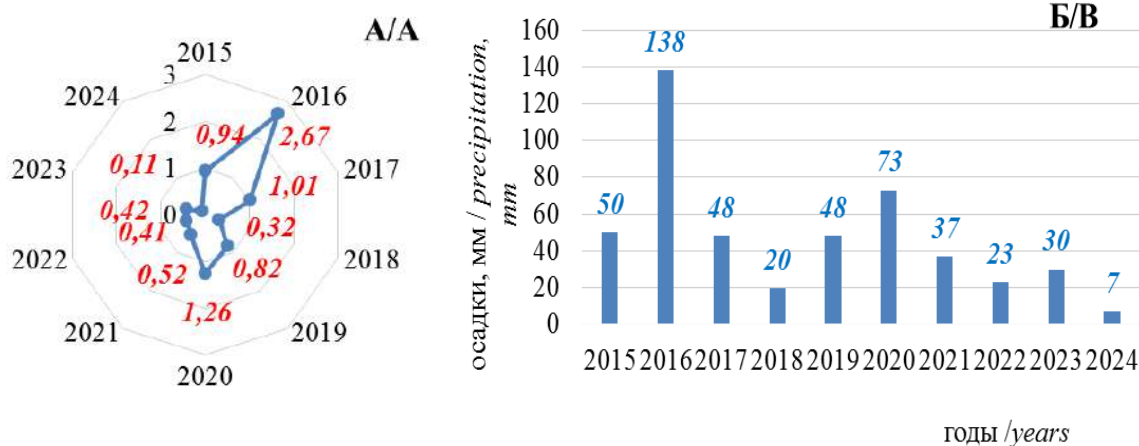
Результаты исследования и их обсуждение. Климатические условия региона исследований отличаются частыми периодами летне-осенних засух. Среднегодовая годовая температура воздуха составляет здесь 9,4 °С. За период 2015-2024 гг. превышение среднегодовой температуры отмечалось в 2015 г., 2017 г. и 2019-2023 гг. Самая высокая температура воздуха отмечалась в июле-августе (25-27 °С).

Среднегодовое количество выпавших за год осадков достигает 433 мм. Превышения среднегодовых осадков за исследуемый период не выявлено. Наименьшее количество осадков обычно выпадало в августе. Так, в августе 2022 г. и 2023 г. выпало лишь по 4 мм осадков, в 2018 г. – 9 мм. Были отмечены засушливые периоды также: в июне 2018 г. и 2022 г., когда выпало осадков 1 и 3 мм соответственно, и в июле 2021 г. (2 мм осадков), рисунки 2 и 3.

Если рассматривать 10-летний период 2015-2024 гг., то можно сказать, что в большинстве лет климат территории является очень засушливым (ГТК = 0,43-0,70), рисунок 4. Однако следует отметить, что 2016 год был годом недостаточного увлажнения (ГТК = 1,06). На ГТК всего вегетационного периода 2016 г. положительно сказались выпавшие в мае осадки (138 мм). А 2018 и 2020 годы были сухими (ГТК соответственно составляли 0,29 и 0,32).

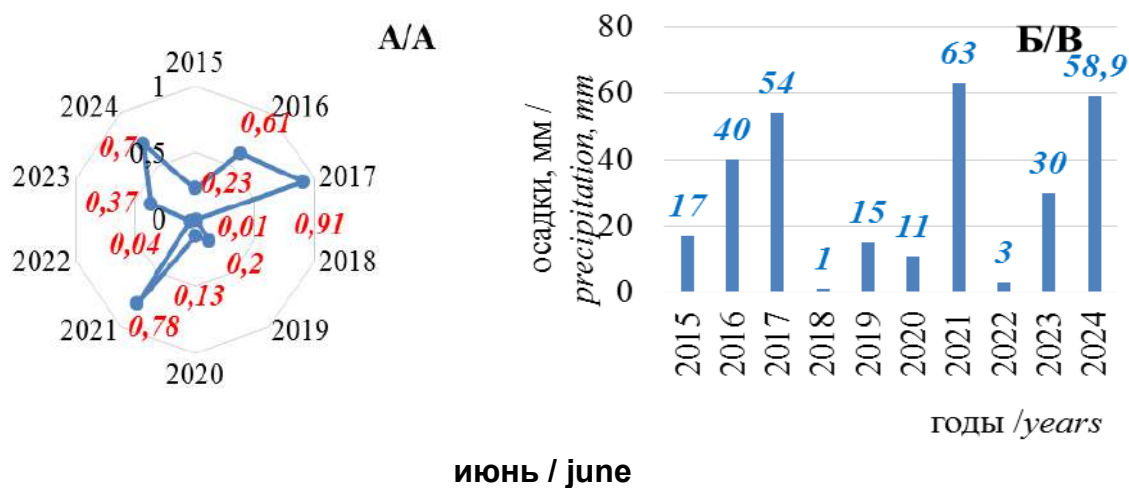


апрель / april

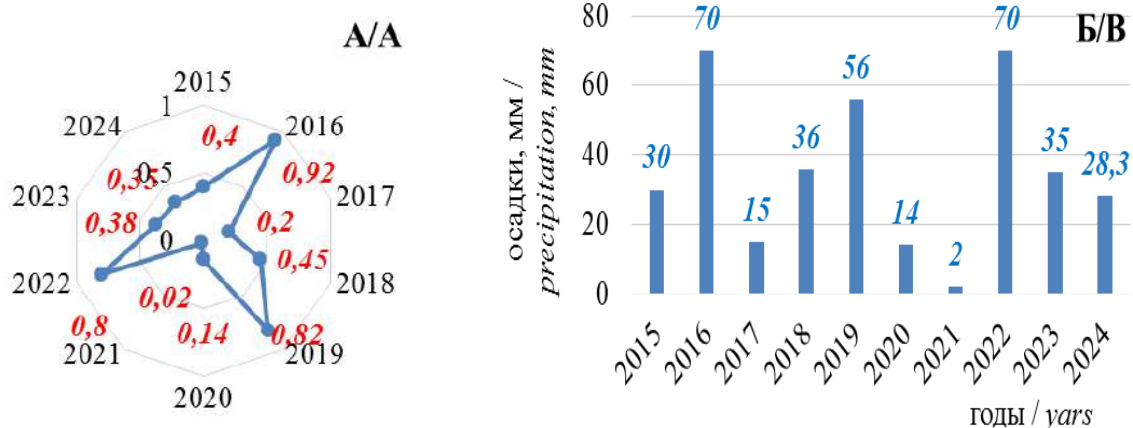


май / may

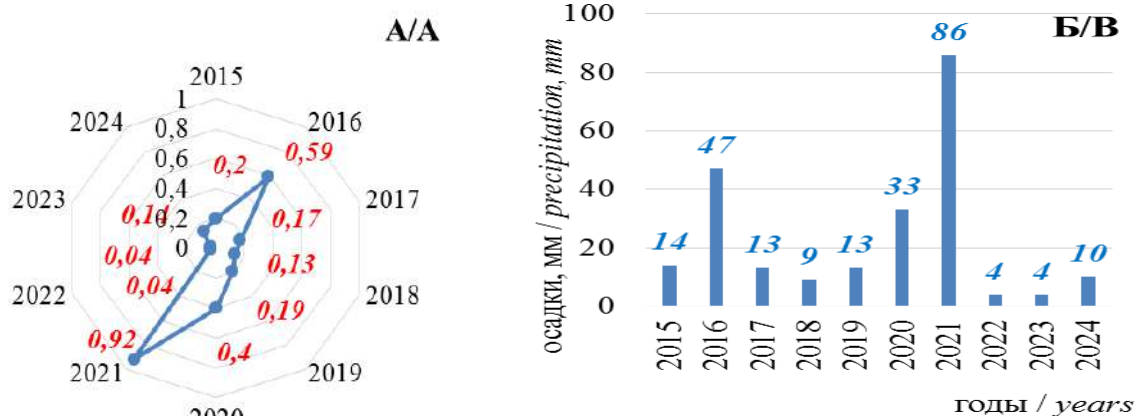
Рисунок 2 – Значения гидротермического коэффициента увлажнения воздуха (А) и количество выпавших осадков (Б) в весенний период 2015-2024 гг., метеостанция Иловля (pogodaiklimat.ru)
Figure 2 – The values of the hydrothermal coefficient of humidification (A) and the amount of precipitation (B) in the spring period 2015-2023, Ilovlya weather station (pogodaiklimat.ru)



июнь / june



июль / july



август / august

Рисунок 3 – Значения гидротермического коэффициента увлажнения воздуха (А) и количество выпавших осадков (Б) в летний период 2015-2024 гг., метеостанция Иловля (pogodaiklimat.ru)
Figure 3 – The values of the hydrothermal coefficient of humidification (A) and the amount of precipitation (B) in the summer period 2015-2023, Ilovlya weather station (pogodaiklimat.ru)

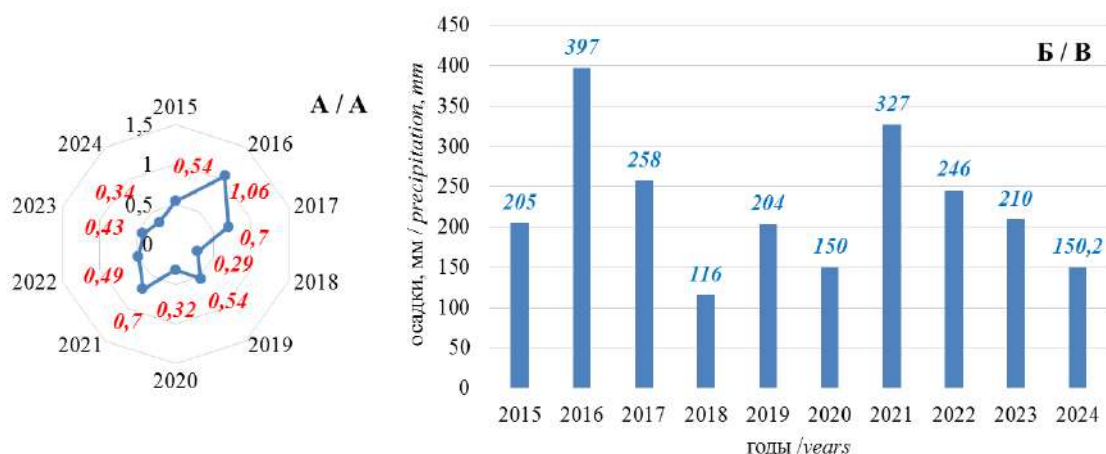


Рисунок 4 – Значения гидротермического коэффициента увлажнения воздуха (А) и количество выпавших осадков (Б) за 2015-2024 гг., метеостанция Иловля (pogodaiklimat.ru)
Figure 4 – The values of the hydrothermal coefficient of humidification (A) and the amount of precipitation (B) for 2015-2024, Ilovlya weather station (pogodaiklimat.ru)

Устойчивыми к засушливым климатическим условиям и антропогенным нагрузкам являются виды рода *Agropyron*. Одним из видов этого рода, который хорошо отрастает, устойчив к стрессовым условиям, хорошо восстанавливается после пожаров и используется при коренном и поверхностном улучшении деградированных пастбищ, является *Agropyron cristatum*. Вид является уроженцем Евразии, широко распространён практически по всему миру, рисунок 5.

Agropyron cristatum перспективен в качестве фитомелиоранта, как в монопосевах, так и в поликомпонентных смесях с бобовыми видами. Его часто включают в семенные смеси с местными видами. *Agropyron* хорошо поддается селекции: в культуре большой список сортов, адаптированных к засушливым условиям на юге России. *Agropyron cristatum* легко скрещивается с *Agropyron desertorum* для получения фертильных гибридов.

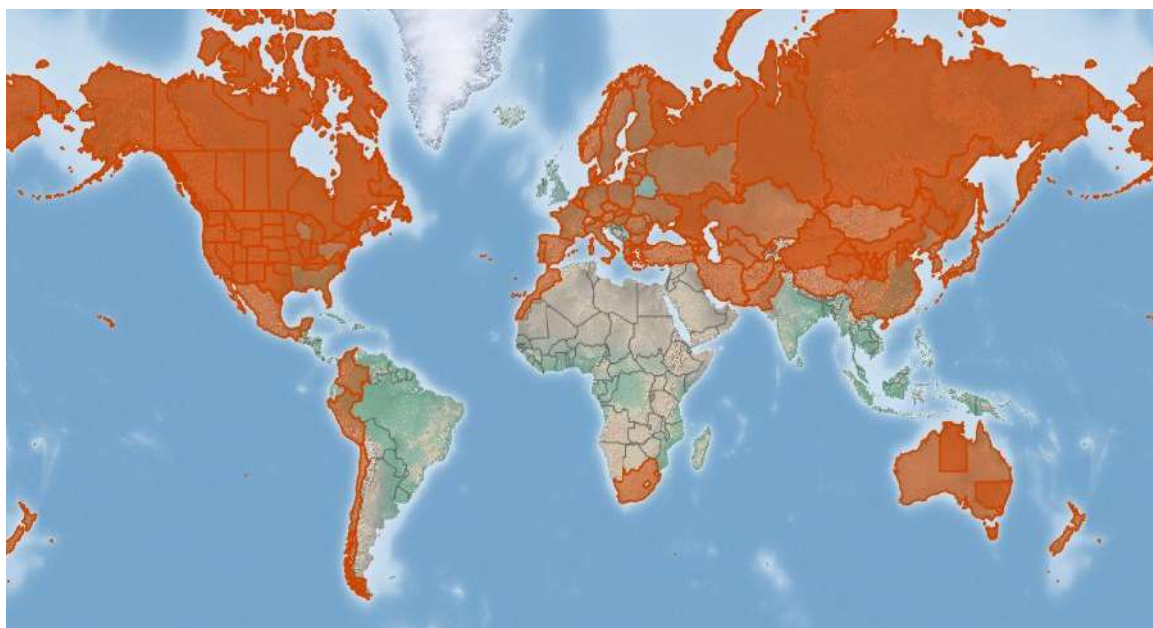


Рисунок 5 – Ареалы распространения *Agropyron cristatum* [20]

Figure 5 – Distribution areas of *Agropyron cristatum* [20]

В культуре наибольшие урожаи *Agropyron cristatum* получаются на 2-3-4 год посева. В монопосевах в условиях засушливого климата средняя урожайность фитомассы *Agropyron cristatum* формируется на уровне 3,0 т/га (с колебанием 1,2-5,9 т/га) в зависимости от погоды, вида, сорта, нормы и способа посева. Доминирующее влияние на урожайность оказывают погодные условия. Использование вида рентабельно в течение 5-6 лет [20, 21, 22].

Согласно системе эколого-ценотических стратегий *Agropyron cristatum* относится к пациентам и может существовать при ограниченном обеспечении ресурсами. За счёт эволюционно выработанных физиологических механизмов вид стал устойчивым к стрессам, способен выживать при недостатке света, тепла, влаги, дефиците элементов минерального питания, на засоленных почвах. *Agropyron cristatum* устойчив к засухе, но не переносит длительного затопления, предпочитает сухие местообитания со среднегодовым количеством осадков 100-400 мм [21, 23, 24].

Agropyron cristatum встречается рассеянно или обильно в основном в злаково-пыльнично-разнотравных сообществах в разных комбинациях с такими видами, как *Stipa capillata* L., *Stipa Lessingiana* Trin. & Rupr., *Elytrigia repens* L., *Poa pratensis* L., *Poa bulbosa* L., *Festuca valesiaca* Gaudin., *Artemisia campestris* L., *Artemisia arenaria* DC., *Galium verum* L., *Inula britannica* L., *Leymus arenarius* (L.) Hochst., *Berteroa incana* (L.) DC. и др.

Характер распространения *Agropyron cristatum* на всей территории Иловлинского песчаного массива можно охарактеризовать как рассеянно-равномерный. Но открытых песках вид встречается редко, предпочитая среднезаросшие и заросшие пески. Нарастива-

ние фитомассы травостоя песчаных пастбищ с участием *Agropyron cristatum* на заросших и среднезаросших бугристо-холмистых песках II надпойменной террасы Донского бассейна в разные сезоны 2024 г. показано в таблице 1.

Ежегодные и межсезонные изменения погодных условий значительно влияют на урожайность и видовое разнообразие травостоя в связи с тем, что изменяются мощность развития и рост определённых групп растений или отдельных видов. Особенно чувствительны флорокомплексы к теплу и влаге на ранних стадиях развития растений и в период их активного роста.

Таблица 1 – Нарастание фитомассы (г/м^2) травостоя с участием *Agropyron cristatum* на песчаных пастбищах Иловлинского массива, 2024 г.

Table 1 – Growth of phytomass (g/m^2) of herbage with the participation of *Agropyron cristatum* on sandy pastures of the Ilovinsky massif, 2024

Сообщество / The plant community	Май / May		Июнь / June		Август / August		Сентябрь / September		В среднем за вегетацию, г/м^2 / On average during the growing season, g/m^2
	г/м^2 / g/m^2	%*	г/м^2 / g/m^2	%*	г/м^2 / g/m^2	%*	г/м^2 / g/m^2	%*	
Разнотравно-житняковое / Forb-wheatgrass	280,0	21	368,4	15	488,6	22	490,1	25	406,8
Житняково-разнотравное / Wheatgrass-forb	201,3	49	345,3	51	305,3	55	310,2	48	290,5
Кострецово-житняковое / Bone-wheatgrass	198,1	18	365,2	28	401,2	33	352,6	24	329,3
Житняково-ковыльное / Wheatgrass-Feather grass	148,0	52	355,1	69	360,3	72	302,8	63	291,6
Полынно-житняковое / Wormwood-wheatgrass	303,0	27	448,9	19	490,3	26	501,3	31	435,9
Житняково-кострецово-ковыльное / Wheatgrass-bone-feather grass	185,3	48	404,0	41	395,0	42	400,5	40	346,2

Примечание: %* – доля участия *Agropyron cristatum* в сообществе.

Note: %* – the share of participation of *Adgorugop cristatum* in the community.

Сильно проявляется влияние погоды, когда для некоторых растений создаются благоприятные условия в течение нескольких вегетационных периодов. Негативно могут сказаться на последующем нарастании фитомассы поздневесенние морозы. На воздействия отрицательных температур влияет оводнённость тканей растения. Особенно легко повреждаются насыщенные водой ткани. Разные виды растений имеют свой критический температурный предел обезвоживания и сжатия, превышение или снижение которого ведёт к их гибели. Процессы, происходящие в растениях при длительных низких температурах, сходны с обезвоживанием клеток при засухе.

Продолжительные майские заморозки (до $-8,2\text{ }^{\circ}\text{C}$), которые отмечались 04.05.2024, 10.05.2024 и в период с 13.05.2024 по 20.05.2024, значительно сказались на снижении урожайности травостоя песчаных пастбищ в весенний период, особенно эфемеров и эфемероидов (*Ceratocephala orthoceras* DC., *Chorispora tenella* (Pall.) DC., *Ficaria verna* Huds., *Alyssum turkestanicum* var. *Desertorum* (Stapf) Botsch. и др.). Некоторые особи не смогли закончить вегетационный период и погибли от заморозков. Однако житняковые сообщества

отличились хорошей урожайностью в связи с морозоустойчивостью *Agropyron cristatum*. Весеннее отрастание *Agropyron cristatum* началось с III декады марта по I декаду апреля в зависимости от местообитания (понижения, вершина песчаного бугра, приуроченность к древесным насаждениям и т.д.). Длительное понижение температуры ниже 0 °С лишь притормозило весной рост и развитие *Agropyron cristatum*. Уже с конца мая растения *Agropyron cristatum* продолжили наращивание фитомассы с новой силой. Это объясняется тем, что морозоустойчивые виды имеют свои защитные механизмы, основанные на изменении физико-химических процессов. На степень морозоустойчивости растений большое влияние оказывают сахара, которые используются растениями для обеспечения энергией и строительным материалом при весеннем возобновлении роста. Также у рыхлокустовых злаков, к которым относится *Agropyron cristatum*, узел кущения расположен глубоко (3-5 см), что является дополнительным положительным моментом в приспособляемости вида к заморозкам. Абсолютная минимальная температура, при которой может выживать *Agropyron cristatum*, составляет -34 °С [21].

Майские заморозки 2024 г., а также незначительное количество выпавших осадков в апреле (7 мм) и мае (7 мм) отразились на урожайности растительных сообществ. Травостой с участием *Agropyron cristatum* в весенний период нарастили фитомассу до 148,0-303,0 г/м². Июньские осадки (58,9 мм) и сумма активных температур (841,9 °С) придали стимул к значительному увеличению урожайности (345,3-448,9 г/м²). Осадки июля (28,3 мм) и августа (10 мм) уже не существенно повлияли на рост травостоя с участием *Agropyron cristatum*: его фитомасса достигла 305,3-490,3 г/м². В пырейно-житняково-кострецовом и житняково-разнотравном сообществах отмечалось снижение фитомассы в августе и сентябре по сравнению с июнем. В среднем за вегетационный период 2024 г. наиболее урожайными были житняково-полынное (435,9 г/м²) и разнотравно-житняковое (406,8 г/м²) сообщества.

Средняя урожайность растительных сообществ с участием *Agropyron cristatum* за вегетационные периоды 2022-2024 гг. представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность (г/м²) травостоя с участием *Agropyron cristatum* на песчаных пастбищах Иловлинского массива

Table 2 – Yield (g/m²) of herbage with the participation of *Agropyron cristatum* on sandy pastures of the Ilovinsky massif

Сообщество/ The plant community	Вегетационный период / The growing season		
	2022 г. / 2022	2023 г. / 2023	2024 г. / 2024
Разнотравно-житняковое / Forb-wheatgrass	325,7	286,2	406,8
Житняково-разнотравное / Wheatgrass-forb	455,3	281,4	290,5
Кострецово-житняковое / Bone-wheatgrass	300,6	311,2	329,3
Житняково-ковыльное (<i>Stipa capillata</i>) / Wheatgrass-Feather grass (<i>Stipa capillata</i>)	312,0	300,9	291,6
Белополынно-житняковое / White-wormwood-wheatgrass	398,5	318,7	435,9
Житняково-кострецово-ковыльное / Wheatgrass-bone-feather grass	341,5	359,9	346,2

Установлено, что наибольшее варьирование показателей урожайности по годам в одинаковых условиях произрастания отмечалось в разнотравно-житняковом (286,2-406,8 г/м²), житняково-разнотравном (281,4-455,3 г/м²) и белополынно-житняковом (318,7-435,9 г/м²) сообществах. Показатель фитомассы в этих сообществах варьировал в пределах 27-38%. Показатель фитомассы в кострецово-житняковом (300,6-329,3 г/м²), житняково-ковыльном (291,6-312,0 г/м²) и житняково-кострецово-ковыльном (341,5-359,9 г/м²) сообществах варьировал в период 2022-2024 гг. в пределах 5-9%.

В эколого-ценопопуляционных исследованиях информативны признаки, отражающие адаптацию вида к среде обитания и плотности популяции. Большинство таких признаков связано с ростовыми процессами и наиболее полно раскрывает морфогенез особи. Известно, что максимальное развитие растения получают в наиболее благоприятных услови-

ях. В условиях стресса от различных факторов (антропогенные нагрузки, погодные изменения, пирогенный фактор) для многих видов характерна тактика уменьшения вегетативной сферы и стабилизации генеративной.

Для выявления зависимости наращивания фитомассы травостоя испытывавшего длительные поздневесенние заморозки, от таких параметров, как габитус, высота и количество стеблей, были проанализированы данные по 60 случайно выбранным в житняково-разнотравном сообществе особям *Agropyron cristatum* генеративного состояния, рисунок 6. Исследования показали, что их средние показатели составили: по высоте – 75,98 см, габитусу – 55,18 см, количеству стеблей – 26 шт., весу 1 растения – 22,31 г.

Регрессионным анализом получено уравнение множественной регрессии:

$$Y = -62.4949 + 0.1459X_1 + 0.8381X_2 + 0.4981X_3.$$

По данными таблиц 3 и 4 с помощью формулы (1) найдены значения парных коэффициентов корреляции, таблица 5:

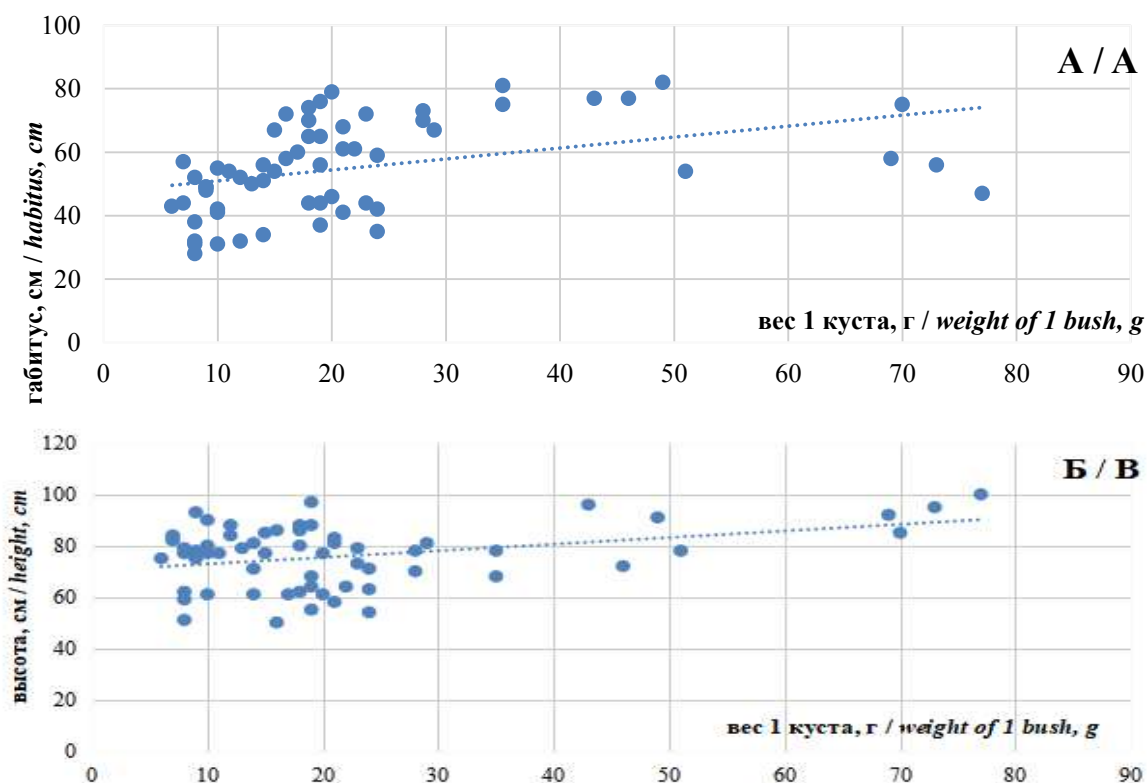
$$r_{XY} = \frac{\overline{XY} - \bar{X} \cdot \bar{Y}}{S(X) \cdot S(Y)} \quad (1)$$

Таблица 3 – Расчётные данные
Table 3 – Calculated data

Признаки / Signs	$\sum X_i$	$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$	$\sum Y_i$	$\bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n}$	$\sum X_i Y_i$	$\overline{XY} = \frac{\sum X_i Y_i}{n}$
Y и X1	3311	55.183	1339	22.317	79729	1328.817
Y и X2	4559	75.983	1339	22.317	106100	1768.333
Y и X3	1576	26.267	1339	22.317	40764	679.4
X1 и X2	4559	75.983	3311	55.183	254791	4246.517
X1 и X3	1576	26.267	3311	55.183	89548	1492.467
X2 и X3	1576	26.267	4559	75.983	112863	1881.05

Примечание: X1 – габитус (см), X2 – высота (см), X3 – количество стеблей одного растения (шт.).

Note: X1 is the habitus (cm), X2 is the height (cm), X3 is the number of stems of one plant (pcs.).



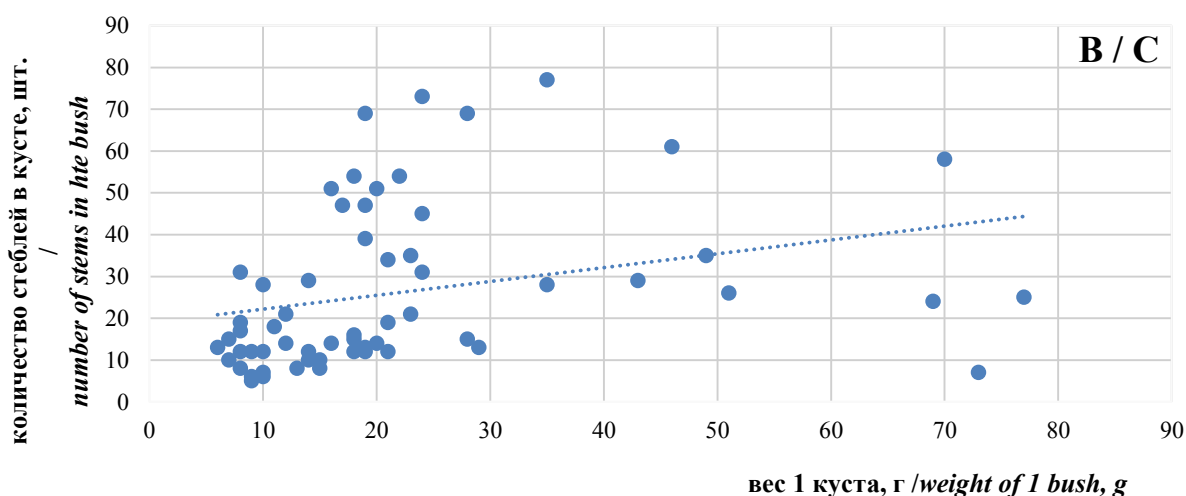


Рисунок 6 – Диаграмма наращивания фитомассы *Agropyron cristatum* в зависимости от габитуса (А), высоты (Б) и количества стеблей в одном растении (В)

Figure 6 – Diagram of the growth of phytomass of *Agropyron cristatum* depending on the habit (A), height (B) and the number of stems of one plant (C)

Таблица 4 – Дисперсии и среднеквадратические отклонения
Table 4 – Variances and standard deviations

Признаки X и Y / Signs X and Y	$D(X) = \frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n} - \bar{X}^2$	$D(Y) = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i^2}{n} - \bar{Y}^2$	$S(X) = \sqrt{D(X)}$	$S(Y) = \sqrt{D(Y)}$
Y и X1	212.916	281.183	14.592	16.769
Y и X2	145.583	281.183	12.066	16.769
Y и X3	367.662	281.183	19.175	16.769
X1 и X2	145.583	212.916	12.066	14.592
X1 и X3	367.662	212.916	19.175	14.592
X2 и X3	367.662	145.583	19.175	12.066

Примечание: X1 – габитус (см), X2 – высота (см), X3 – количество стеблей одного растения (шт.)
Note: X1 is the habitus (cm), X2 is the height (cm), X3 is the number of stems of one plant (pcs.).

Данные свидетельствуют о несильной линейной связи между высотой и наращиванием фитомассы, габитусом и высотой, а также высотой и количеством стеблей особей *Agropyron cristatum*. Между наращиванием фитомассы и количеством стеблей, а также между габитусом и количеством стеблей выявлена низкая связь, таблица 5. Так как все парные коэффициенты корреляции < 0.7 , то мультиколлинеарности факторов нет.

Таблица 5 – Сила связи парных коэффициентов корреляции
Table 5 – The strength of the coupling of paired correlation coefficients

Показатель / Indicator	Значение / Meaning	Линейная связь / Linear connection
rYX2	0.359	не сильная / not strong
rYX3	0.29	низкая / low
rX1X2	0.304	не сильная / not strong
rX1X3	0.154	низкая / low
rX2X3	-0.496	не сильная / not strong

Примечание: X1 – габитус (см), X2 – высота (см), X3 – количество стеблей одного растения (шт.)
Note: X1 is the habitus (cm), X2 is the height (cm), X3 is the number of stems of one plant (pcs.).

Расчётами установлено (таблица 6), что при изменении габитуса особи на 1% фитомасса изменится на 0.361%; при изменении количества стеблей в одном растении на 1% фитомасса изменится на 0.586%. Влияние этих факторов незначительное. При изменении высоты травостоя на 1% фитомасса изменится на 2.853%. Этот фактор существенно влияет на наращивание фитомассы *Agropyron cristatum*.

Таблица 6 – Анализ полученных расчётов
Table 6 – Analysis of the calculations obtained

Показатель / Indicator	Формула / Formula	Расчёт / Calculation	Выводы / Conclusions
1	2	3	4
Наблюдаемые значения t-статистики / Observed values of t-statistics	$t_{\text{набл}} = \frac{\sqrt{n-m-1}}{\sqrt{1-r^2} \cdot X_i}$ где m = 1 – количество факторов в уравнении регрессии / where m = 1 is the number of factors in the regression equation.	Для r габитуса t набл = 3,3. Для r высоты t набл = 2,93. Для r количества стеблей t набл = 2,31 / For the height of t observations = 3.3. For the height of t observations = 2.93. For the number of stems t observations = 2.31	Т.к. $t_{\text{набл}} > t_{\text{крит}}$ (по таблице Стьюдента $t_{\text{крит}} = 2,299$), то все коэффициенты корреляции статистически значимы / Since $t_{\text{observations}} > t$ is critical, all correlation coefficients are statistically significant (according to the Student's table, $t_{\text{critical}} = 2.299$)
Коэффициент увеличения дисперсии (VIF) / Coefficient of increase in variance (VIF)	$VIF(b_j) = \frac{1}{1 - R_j^2}$ где R_j^2 – коэффициент множественной детерминации в регрессии X_j на прочие X / R_j^2 – the coefficient of multiple determination in the regression X_j to other X .	$VIF(b_{1,2}) = \frac{1}{1 - 0,3039^2}$ $VIF(b_{1,3}) = \frac{1}{1 - 0,15369^2}$ $VIF(b_{2,3}) = \frac{1}{1 - 0,4961^2}$	$VIF(b_{1,2}) = 1,1017$; $VIF(b_{1,3}) = 1,0242$; $VIF(b_{2,3}) = 1,3265$. Так как для всех показателей $VIF \leq 4$, то мультиколлинеарность отсутствует / $VIF(b_{1,2}) = 1,1017$; $VIF(b_{1,3}) = 1,0242$; $VIF(b_{2,3}) = 1,3265$. Since for all indicators $VIF \leq 4$, there is no multicollinearity
Оценка β -коэффициентов / Estimation of β -coefficients	$0,398 = \beta_1 + 0,304\beta_2 + 0,154\beta_3$ $0,359 = 0,304\beta_1 + \beta_2 - 0,496\beta_3$ $0,029 = 0,154\beta_1 - 0,496\beta_2 + \beta_3$	Решено методом Гаусса: β_1 (габитус) = 0.127; β_2 (высота) = 0.603; β_3 (количество стеблей) = 0.57 / Solved by the Gauss method: β_1 (habitus) = 0.127; β_2 (height) = 0.603; β_3 (number of stems) = 0.57.	Стандартизированная форма уравнения регрессии: $t_y = 0.127X_1 + 0.603X_2 + 0.57X_3$ / The standardized form of the regression equation: $t_y = 0.127X_1 + 0.603X_2 + 0.57X_3$
Статистический анализ для $t_y = 0.127X_1 + 0.603X_2 + 0.57X_3$ / Statistical analysis for $t_y = 0.127X_1 + 0.603X_2 + 0.57X_3$:			
1. Средняя ошибка аппроксимации (A), % / Average approximation error (A), %	$A = \frac{\sum_{i=1}^n \left \frac{e_i}{Y_i} \right }{n} \cdot 100\%$	$A = \frac{31,045}{60} \cdot 100\%$	51,74
2. Оценка дисперсии (S_e^2) / Estimation of variance (S_e^2)	$S_e^2 = (Y - Y(X))^T (Y - Y(X))$	Оценка дисперсии равна среднему арифметическому квадратов отклонений наблюдаемых значений признака от их среднего значения / The variance estimate is equal to the arithmetic mean of the squared deviations of the observed values of the feature from their average value	9580,898

Окончание таблицы 6

1	2	3	4
3. Несмещенная оценка дисперсии (S^2) / Unbiased estimation of variance (S^2)	$S^2 = \frac{1}{n - m - 1} \cdot S_e^2$	$S^2 = \frac{1}{60 - 30 - 1} \cdot 9580,898$	171,0875
4. Оценка среднеквадратичного отклонения (S) / Estimation of the standard deviation (S)	$S = \sqrt{S^2}$	$S = \sqrt{171,0875}$	13,08
Частный коэффициент эластичности (E_i), % / Partial coefficient of elasticity (E_i), %	$E_i = b_i \frac{\bar{X}_i}{\bar{Y}}$	$E_1 = 0.146 \frac{55.183}{22.32}$ $E_2 = 0.838 \frac{75.983}{22.32}$ $E_3 = 0.498 \frac{26.267}{22.32}$	$E_1 = 0.361$; $E_2 = 2.853$; $E_3 = 0.586$ E_1 (габитус) и E_3 (количество стеблей) < 1 – влияние на наращивание фитомассы незначительно. E_2 (высота) > 1 – существенно влияет на наращивание фитомассы / E_1 (habitus) and E_3 (number of stems) < 1 – the effect on the growth of phytomass is insignificant. E_2 (height) > 1 – significantly affects the build-up of phytomass
Индекс множественной корреляции (R) / Multiple Correlation Index (R)	$R = \sqrt{1 - \frac{S_e^2}{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$	$R = \sqrt{1 - \frac{9580,898}{16870,98}}$	0,6573 связь умеренная / the connection is moderate
Коэффициент детерминации (R^2) / Coefficient of determination (R^2)	R^2	$R^2 = 0,6573^2$	0,4321
Фактическое значение F-критерия / The actual value of the F-criterion	$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m}$	$F = \frac{0,4321}{1 - 0,4321} \cdot \frac{60 - 3 - 1}{3}$	$F = 14,203$. Табличное значение $F_{kp} = 2,7581$. Т.к. $F > F_{kp}$, то R^2 статистически значим и уравнение регрессии статистически надёжно / $F = 14,203$. The tabular value of $F_{kp} = 2.7581$. Since $F > F_{kp}$, R^2 is statistically significant and the regression equation is statistically reliable

Максимальный коэффициент $\beta_2=0.603$ также показывает, что наибольшее влияние на наращивание фитомассы *Agropyron cristatum* имеет его высота.

Множественный коэффициент корреляции ($R= 0,6573$) свидетельствует о том, что связь между наращиванием фитомассы и рассмотренными морфометрическими признаками особей *Agropyron cristatum* умеренная. F_{kp} (2,7581) показывает, что уравнение регрессии статистически надёжно, а коэффициент детерминации ($R^2=0,4321$) статистически значим. Мультиколлинеарность факторов отсутствует, т.к. все парные коэффициенты корреляции <0.7. Отсутствие мультиколлинеарности факторов также подтверждает коэффициент увеличения дисперсии (VIF) ≤ 4 для всех показателей: $VIF(b_{1,2}) = 1,1017$, $VIF(b_{1,3}) = 1,0242$, $VIF(b_{2,3}) = 1,3265$.

Выводы. В статье приведены результаты исследований агоресурсного потенциала песчаных пастбищных экосистем Донского бассейна. Проведён анализ изменения погодных условий региона в период исследований. Дана оценка сезонного и межгодового изменения урожайности фитоценозов с участием зимостойкого и засухоустойчивого вида *Agropyron cristatum*. Осуществлён анализ изменения биомассы травостоя *Agropyron cristatum* испытывающего поздневесенние заморозки, в зависимости от таких параметров, как габитус, высота и количество стеблей одного растения.

По результатам исследований установлено, что урожайность злаковых сообществ с участием *Agropyron cristatum* (кострецово-житняковое, житняково-ковыльное, житняково-кострецово-ковыльное) на песчаных пастбищах варьировала в пределах 5-9% и в среднем за вегетацию составляла 291,6-359,9 г/м². Фитомасса сообществ с участием *Agropyron cristatum*, разнотравья и полыни (разнотравно-житнякового, житняково-разнотравного и белополынно-житнякового) в этих же условиях варьировала в пределах 27-38%, достигая в среднем за вегетацию 281,4-455,3 г/м². В разные сезоны сухого 2024 года (ГТК вегетационного периода = 0,34) фитомасса сообществ с участием *Agropyron cristatum* наращивалась неравномерно и значительно зависела от погодных условий сезонов. В среднем за вегетационный период 2024 г. наиболее урожайными были полынно-житняковое (435,9 г/м²) и разнотравно-житняковое (406,8 г/м²) сообщества.

Большой ареал распространения, значительная численность, долголетие и постоянное пополнение молодыми растениями популяций *Agropyron cristatum* в условиях засушливого климата на песчаных землях Донского бассейна свидетельствуют об их жизнеспособности за счёт защитных механизмов, в том числе благодаря скорости физиологических реакций особей на изменение гидротермического режима. В результате анализа данных наращивания фитомассы особей *Agropyron cristatum* прошедших через поздневесенние заморозки было установлено, что изменением габитуса, высоты и количества стеблей объясняется 43.21% общей вариабельности веса особей. Связь между наращиванием фитомассы и рассмотренными признаками умеренная ($R=0,6573$). Наибольшее влияние на наращивание фитомассы особей *Agropyron cristatum* имеет их высота.

Результаты исследований могут быть полезными при восстановлении низкопродуктивных пастбищных экосистем в регионах с аналогичными почвенно-климатическими условиями.

Conclusions. The article presents the results of studies of the agricultural potential of sandy pasture ecosystems of the Don basin. The analysis of changes in the weather conditions of the region during the research period is carried out. An assessment of seasonal and inter annual changes in the yield of phytocenoses with the participation of the winter-hardy and drought-resistant species *Agropyron cristatum* is given. The analysis of changes in the biomass of *Agropyron cristatum* herbage that experienced late spring frosts was carried out depending on such parameters as habitus, height and number of stems of one plant. According to the research results of 2022-2024. It was found that the yield of cereal communities with the participation of *Agropyron cristatum* (bone-wheatgrass, wheatgrass-feather grass, wheatgrass-bone-feather grass) on sandy pastures varied between 5-9% and averaged 291.6-359.9 g/m² during the growing season. The phytomass of communities with the participation of *Agropyron cristatum*, variegated grasses and wormwood (forb-wheatgrass, wheatgrass-forb and wormwood-wheatgrass) varied in the range of 27-38% under the same conditions, reaching an average of 281.4-455.3 g/m² during the growing season. In different seasons of the dry year 2024 (GTC of the growing season = 0.34), the phytomass of communities with the participation of *Agropyron cristatum* increased unevenly and significantly depended on the weather conditions of the seasons. On average, during the growing season of 2024, the most productive were the wormwood-wheatgrass (435.9 g/m²) and forb-wheatgrass (406.8 g/m²) communities. The large distribution area, significant abundance, longevity and constant replenishment of young plants of *Agropyron cristatum* populations in the arid climate on the sandy lands of the Don basin indicate their viability due to protective mechanisms, including due to the rapid physiological reactions of individuals to changes in the hydrothermal regime. As a result of the analysis of data on the increase in phytomass of *Agropyron cristatum* individuals that passed through late spring frosts, it was found that changes in habitus, height and number of stems account for 43.21% of the total variability in weight of individuals. The relationship between the build-up of phytomass and the considered signs is moderate ($R=0.6573$). Their height has the greatest influence on the build-up of phytomass of *Agropyron cristatum* individuals. The research results may be useful in restoring low-productivity pasture ecosystems in regions with similar soil and climatic conditions.

Библиографический список

1. Лазарева В. Г. Трансформация пространственной структуры растительного покрова Северо-Западного Прикаспия в связи с антропогенным воздействием. Известия Самарского научного центра. 2018. № 20 (2). С. 116-123.
2. Чибилёв А. А., Григорьевский Д. В., Мелешкин Д. С. Пространственная оценка уровня антропогенной нагрузки в степных регионах России. Учёные записки Казанского университета. Серия: Естественные науки. 2019. № 161 (4). С. 590-606.
3. Vlasenko M. V., Rybashlykova L. P., Turko S. Y. Restoration of Degraded Lands in the Arid Zone of the European Part of Russia by the Method of Phytomelioration. Agriculture. 2022. № 12. 437 p.
4. Larionov M. V., Dogadina M. A., Tarakin A. V. et al. Creation of artificial phytocenoses with controlled properties as a tool for managing cultural ecosystems and landscapes. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 848. 12127.
5. Вдовенко А. В., Власенко М. В., Турко С. Ю. Фитомелиоративное состояние кормовых угодий в Астраханской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 3 (31). С. 86-91.
6. Manaenkov A.S., Rybashlykova L. P. Increasing the Efficiency of Plant-Cover Restoration in the Modern Focus of Deflation on Pastures of the Northwestern Caspian Region. Arid Ecosystems. 2020. No 10 (4). Pp. 358–367.
7. Vlasenko M. V., Turko S. Yu. Comprehensive assessment of the effectiveness of the use of phytomeliorated hayfields in an arid floodplain ecosystem. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2024. No 9. P. 100675.
8. Кулик К. Н., Барабанов А. Т., Жданов Ю. М. и др. Стратегия развития защитного лесоразведения в Волгоградской области на период до 2025 года. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН, 2019. 39 с.
9. Kulik K. N., Petrov V. I., Rulev A. S., Kosheleva O. Y., Shinkarenko S. S. On the 30th anniversary of the "General plan to combat desertification of black lands and Kizlyar pastures". Arid Ecosystems. 2018. V. 8. No 1. Pp. 1-6.
10. Kulik K. N., Vlasenko M. V. Experience in implementing major national projects to combat degradation and desertification in Russia. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2024. No 9. P. 100583.
11. Эдельгериев Р. С. Х., Иванов А. Л., Донник И. М. и др. Глобальный климат и почвенный покров России: проявления засухи, меры профилактики, борьбы, ликвидации последствий и меры адаптации (сельское и лесное хозяйство). Национальный доклад 3. Москва, 2021. 700 с.
12. Куст Г. С., Андреева О. В., Лобковский В. А. Нейтральность деградации земель: современный подход к исследованию засушливых регионов на национальном уровне. Аридные экосистемы. 2020. № 10 (2). С. 87-92.
13. Шинкаренко С. С., Выприцкий А. А., Васильченко А. А., Берденгадиева А. Н. Анализ влияния антропогенных нагрузок на процессы опустынивания в северном Прикаспии по спутниковым данным. Исследование Земли из космоса. 2023. № 3. С. 44-57.
14. Занозин В. В., Бармин А. Н., Валов М. В. Исследования степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов. Геология, география и глобальная энергия. 2019. № 4 (75). С. 168-183.
15. Шамсутдинов З. Ш., Шамсутдинов Н. З., Орловский Н. С., Шамсутдинова Э. З. Биогеоэкологические принципы реставрации пастбищ в Центральноазиатской пустыне. Вестник Российской академии наук. 2021. Т. 91. № 3. С. 273-282.
16. Беляев А. И., Кулик К. Н., Петров В. И. и др. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и пустынных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями. Волгоград. ФНЦ агроэкологии РАН, 2021. 68 с.
17. Томилин В. Н. Сталинский план преобразования природы и некоторые итоги его реализации. Северо-Запад в аграрной истории России. 2022. № 28. С. 145-154.
18. Манаенков А. С., Рыбашлыкova Л. П. Эколого-биологические аспекты кустарниковой мелиорации деградированных пастбищ на бугристо-увалистых комплексах песчаных земель Прикаспия. Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 2 (56). С. 246-255.
19. Salugin A. N., Vlasenko M. V. Mathematical Models of the Dynamic Stability of Arid Pasture Ecosystems in the South of Russia. Agronomy. 2022. Vol. 12. No. 6.
20. Quiroz D. Agropyron cristatum (crested wheatgrass). CABI Compendium. CABI International, Agropyron cristatum (crested wheatgrass). 2022. V. 3723.
21. Turko S. Yu., Rybashlykova L. P., Vlasenko M. V. Agroecological aspects of cultivating granary crop for the restoration of degraded lands under arid zone: A review. Research on Crops. 2023. V. 24. No. 3. Pp. 618-627.
22. Турко С. Ю., Рыбашлыкova Л. П. Урожайность Агропурон в зависимости от погодных условий, сортов и способов посева на юге европейской территории России. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 153-161.
23. Корякина В. М., Кочегина А. А. Результаты изучения образцов рода Житняк (Agropyron gaertn.) из мировой коллекции генетических ресурсов растений ВИР в условиях Якутии. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021. Т. 182. № 1. С. 59-71.
24. Vlasenko M. V., Rybashlykova L. P., Turko S. Yu. Restoration of Degraded Lands in the Arid Zone of the European Part of Russia by the Method of Phytomelioration. Agriculture. 2022. V. 12. No. 3.

References

1. Lazareva V. G. Transformation of the spatial structure of the vegetation cover of the Northwestern Caspian Sea in connection with anthropogenic impact. Proceedings of the Samara Scientific Center. 2018. No 20 (2). Pp. 116-123.
2. Chibilev A. A., Grigorevsky D. V., Meleshkin D. S. Spatial assessment of the level of anthropogenic load in the steppe regions of Russia. Scientific notes of the Kazan University. Series: Natural Sciences. 2019. No 161 (4). Pp. 590-606.
3. Vlasenko M. V., Rybashlykova L. P., Turko S. Y. Restoration of Degraded Lands in the Arid Zone of the European Part of Russia by the Method of Phytomelioration. Agriculture. 2022. No 12. 437 p.

4. Larionov M. V., Dogadina M. A., Tarakin A. V. et al., Creation of artificial phytocenoses with controlled properties as a tool for managing cultural ecosystems and landscapes. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2021. V. 848. 12127.
5. Vdovenko A. V., Vlasenko M. V., Turko S. Y. Phytomeliorative state of forage lands in the Astrakhan region. Izvestia of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: Science and higher professional education. 2013. № 3 (31). Pp. 86-91.
6. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P. Increasing the Efficiency of Plant-Cover Restoration in the Modern Focus of Deflation on Pastures of the Northwestern Caspian Region. Arid Ecosystems. 2020. No 10 (4). Pp. 358-367.
7. Vlasenko M. V., Turko S. Yu. Comprehensive assessment of the effectiveness of the use of phytomeliorated hayfields in an arid floodplain ecosystem. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2024. No 9. P. 100675.
8. Kulik K. N., Barabanov A. T., Zhdanov Yu. M. et al. Strategy for the development of protective afforestation in the Volgograd region for the period up to 2025. Volgograd: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2019. 39 p.
9. Kulik K. N., Petrov V. I., Rulev A. S., Kosheleva O. Y., Shinkarenko S. S. On the 30th anniversary of the "General plan to combat desertification of black lands and Kizlyar pastures". Arid Ecosystems. 2018. No 8 (1). Pp. 1-6.
10. Kulik K. N., Vlasenko M. V. Experience in implementing major national projects to combat degradation and desertification in Russia. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2024. No 9. P. 100583.
11. Edelgeriev R. S. H., Ivanov A. L., Donnik I. M. et al. Global climate and soil cover of Russia: manifestations of drought, prevention, control measures, elimination of consequences and adaptation measures (agriculture and forestry). National report 3. Moscow, 2021. 700 p.
12. Kust G. S., Andreeva O. V., Lobkovskiy V. A. Land degradation neutrality: the modern approach to research on arid regions at the national level. Arid Ecosystems. 2020. No 10 (2). Pp. 87-92.
13. Shinkarenko S. S., Vypritsky A. A., Vasilchenko A. N., Berdengalieva Analysis of the impact of anthropogenic loads on desertification processes in the Northern Caspian Sea by satellite data. Exploration of the Earth from space. 2023. No 3. Pp. 44-57.
14. Zanozin V. V., Barmin A. N., Valov M. V. Studies of the degree of anthropogenic transformation of natural territorial complexes. Geology, geography and global energy. 2019. No 4 (75). Pp. 168-183.
15. Shamsutdinov Z. Sh., Shamsutdinov N. Z., Orlovsky N. S., Shamsutdinova E. Z. Biogeocenotic principles of pasture reclamation in the Central Asian desert. Bulletin of the Russian Academy of Sciences. 2021. No 91 (3). Pp. 273-282.
16. Belyaev A. I., Kulik K. N., Petrov V. I. et al. Methodological recommendations on phytomeliorative reconstruction of degraded and desolate pastures of the Russian Federation with innovative environmentally safe resource-saving technologies. Volgograd, 2021. 68 p.
17. Tomilin V. N. Stalin's plan for the transformation of nature and some results of its implementation. The North-West in the agrarian history of Russia. 2022. No 28. Pp. 145-154.
18. Manaenkov A. S., Rybashlykova L. P. Ecological and biological aspects of shrubby reclamation of degraded pastures on bumpy-hummocky complexes of sandy lands of the Caspian Sea. Sustainable development of mountainous territories. 2023. V. 15. No 2 (56). Pp. 246-255.
19. Salugin A. N., Vlasenko M. V. Mathematical Models of the Dynamic Stability of Arid Pasture Ecosystems in the South of Russia. Agronomy. 2022. V. 12. No. 6.
20. Quiroz D. Agropyron cristatum (crested wheatgrass). CABI Compendium. CABI International, Agropyron cristatum (crested wheatgrass). 2022. V. 3723.
21. Turko S. Yu., Rybashlykova L. P., Vlasenko M. V. Agroecological aspects of cultivating granary crop for the restoration of degraded lands under arid zone: A review. Research on Crops. 2023. V. 24. No. 3. Pp. 618-627.
22. Turko S. Yu., Rybashlykova L. P. Yield of Agropyron depending on weather conditions, varieties and methods of sowing in the south of the European territory of Russia. Izvestiya Nizhnevolzhsky agrouniversitetskiy complex: Science and higher professional education. 2022. No 2 (66). Pp. 153-161.
23. Koryakina V. M., Kochegina A. A. Results of the study of samples of the genus Zhitnyak (Agropyron gaertn.) from the world collection of genetic resources of VIR plants in Yakutia // Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021. V. 182. No 1. Pp. 59-71.
24. Vlasenko M. V., Rybashlykova L. P., Turko S. Yu. Restoration of Degraded Lands in the Arid Zone of the European Part of Russia by the Method of Phytomelioration. Agriculture. 2022. V. 12. No 3.

Информация об авторах

Власенко Марина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru

Кулик Алексей Константинович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: [0000-0001-5927-7336](http://orcid.org/0000-0001-5927-7336), e-mail: kulikak79@yandex.ru

Author's Information

Vlasenko Marina Vladimirovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6356-2225>, e-mail: vlasencomarina@mail.ru

Kulik Aleksey Konstantinovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory of Hydrology of Agroforest Landscapes of the Federal Research Center for Agroecology of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: [0000-0001-5927-7336](http://orcid.org/0000-0001-5927-7336), e-mail: kulikak79@yandex.ru

**CHANGES IN THE CHEMICAL COMPOSITION OF ALFALFA VARIABLE
(MEDICAGO VARIA MART.) OF THE IZUMRUDA VARIETY AND ANNUAL WHITE SWEET
CLOVER (MELILOTUS ALBUS MEDIC) OF THE SREDNEVOLZHISKY VARIETY,
DEPENDING ON THE USE OF THE MIVAL-AGRO PREPARATION**¹Volodina I. A., ²Marunova L. K.¹Samara State Agrarian University
Kinel, Samara region, Russian Federation²Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, P. N. Konstantinov's Volga Region
Scientific Research Institute of Breeding and Seed Production
Ust-Kinelsky, Samara region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: VolodinaIrina1980@yandex.ru

Received 04.08.2024

Submitted 21.02.2025

Summary

The article presents the results of the effect of the drug Mival-Agro on the chemical composition of feed crops of variable alfalfa (*Medicago varia* Mart.) and annual white donnik (*Melilotus albus* Medic). The results of the chemical analysis showed that the drug Mival-Agro has a positive effect on the studied crops. Under its action, the content of sugars and carotene increased. The protein content was more dependent on the varietal characteristics of the crop, the meteorological conditions of vegetation and the timing of mowing. It is possible to recommend the treatment of these crops with the preparation Mival-Agro in order to increase the productivity and nutritional value of the feed obtained from them.

Abstract

Introduction. The development of research in the field of increasing the assortment of forage legumes has led to the practice of studying such a honey plant as annual white donnik as a component of animal feeding on an equal basis with alfalfa. One of the methods of increasing the yield of these forage grasses is processing with the domestic growth regulator Mival-Agro, which has a positive effect on growth processes, increases productivity, and helps to uncover the potential reserve of productivity of the studied crops.

Object. The present study was aimed at examining the effect of the drug Mival-Agro on productivity and the content of the main elements of nutritional value in the green mass of variable alfalfa (*Medicago varia* Mart.) and annual white donnik (*Melilotus albus* Medic), which were the **object of study**. **Materials and methods.** The research was carried out on experimental fields of fodder and grain-grass crop rotations of the Volga Research Institute, which is the originator and patent holder of the zoned varieties: Emerald (alfalfa changeable) and Srednevolzhsky (annual white donnik). The basis for preparing seeds for sowing was the treatment with Mival-Agro a day before sowing. The seeding rate was 15 kg/ha for alfalfa and 16 kg/ha for sweet donnik, the repeatability of the experiment was 4-fold with randomization. The laying of nurseries and related observations were carried out according to the methodology of State Inspection of agricultural crops.

Results and conclusions. The main purpose of the study was to take into account the regrowth and linear growth of plants, the degree of leaf coverage, and the yield of green mass. The scope of the research tasks included the delivery of sheaf material in the amount of 1 kg to determine the chemical composition of the studied crops treated with the preparation Mival-Agro and not processed. The protein content did not change much when using the drug Mival-Agro and was in the range of 12-16% in annual white donnik and 15-20% in alfalfa variable in terms of absolutely dry matter. This indicator varied more depending on the prevailing meteorological conditions, the phase and time of mowing crops. The sugar content was within the limits of zootechnical norms and there was an increase in sugar by 0.23-0.99% in the samples of melon treated with Mival-agro at the first mowing period and by 0.41-0.63% in the second mowing period. In alfalfa, the same indicator had a difference from 0.33 to 2.14% in the first mowing and 1.62-2.43% in the second. Carotene was taken into account in mg per 1 kg of feed, the results of chemical analysis showed a persistent increase in carotene in white donnik by an average of 20% during the first and second mowing periods when processing the array with the applied biostimulator. In the feed mass of alfalfa, carotene decreased by 8.7% when treated with the drug Mival-Agro only in the first mowing, when analyzing the otava, the carotene content increased by an average of 26.3% under the action of the drug. The results suggest further research aimed at improving the efficiency of the production of nutritious feed from these legumes.

Keywords: legumes, nutritious feed production, alfalfa varieties, Mival-Agro, grass feed mass.**Citation.** Volodina I. A., Marunova L. K. Changes in the chemical composition of alfalfa variable (*Medicago varia* Mart.) of the Izumruda variety and annual white sweet clover (*Melilotus albus* Medic) of the Srednevolzhsky variety, depending on the use of the Mival-Agro preparation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 101-111 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-10.**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

УДК 633.31:631

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛЮЦЕРНЫ ИЗМЕНЧИВОЙ (*MEDICAGO VARIA* MART.) СОРТА ИЗУМРУДА И ДОННИКА БЕЛОГО ОДНОЛЕТНЕГО (*MELILOTUS ALBUS* MEDIC) СОРТА СРЕДНЕВОЛЖСКИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРЕПАРАТА МИВАЛ-АГРО¹Володина И. А., кандидат сельскохозяйственных наук²Марунова Л. К., старший научный сотрудник¹ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет
г. Кинель, Российская Федерация²Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова
пгт. Усть-Кинельский, Российская Федерация

Актуальность. Развитие исследований в области повышения сортимента кормовых бобовых культур привело к практике изучения такого медоносного растения как донник белый однолетний, в качестве компонента кормления животных наравне с люцерной изменчивой. Одним из приемов повышения урожайности этих кормовых трав является обработка отечественным регулятором роста Мивал-Агро, который положительно влияет на ростовые процессы, повышает урожайность, способствует раскрытию потенциального резерва продуктивности изучаемых культур. Настоящее исследование было направлено на рассмотрение вопроса влияния препарата Мивал-Агро на продуктивность и содержание основных элементов питательной ценности в зеленой массе люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic), которые являлись объектом изучения. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытных полях кормового и зерно-травяного севооборотов Поволжского НИИСС, который является оригинатором и патентообладателем районированных сортов: Изумруда (люцерна изменчивая) и Средневожский (донник белый однолетний). Основой подготовки семян к посеву являлась обработка препаратом Мивал-Агро за сутки до посева. Норма высева составляла 15 кг/га у люцерны и 16 кг/га у донника, повторность опыта 4-кратная с рендомизацией. Закладка питомников и сопутствующие наблюдения проведены согласно методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Основная цель исследования заключалась в учете отрастания и линейного роста растений, степени покрытия листьями, урожайности зеленой массы. В рамки задач исследований входила сдача снопового материала в размере 1 кг на определение химического состава изучаемых культур обработанных препаратом Мивал-Агро и не обработанных. Содержание протеина не сильно изменялось при использовании препарата Мивал-Агро и было в пределах 12-16% у донника белого однолетнего и 15-20% у люцерны изменчивой в пересчете на абсолютно сухое вещество. Этот показатель больше изменялся от складывающихся метеорологических условий, фазы и срока укоса культур. Содержание сахаров находилось в пределах зоотехнических норм и отмечалось повышение сахара на 0,23-0,99% в образцах донника, обработанных Мивал-агро, при первом сроке укоса и на 0,41-0,63% во втором сроке укоса. У люцерны этот же показатель имел разницу от 0,33 до 2,14% в первом укосе и 1,62-2,43% во втором. Каротин учитывался в мг на 1 кг корма, результаты химического анализа показали стойкое повышение каротина в доннике белом в среднем на 20% при первом и втором сроках укоса при обработке массива применяемым биостимулятором. В кормовой массе люцерны каротин снижался на 8,7% при обработке препаратом Мивал-Агро только в первом укосе, при анализе отавы содержание каротина повышалось под действием препарата среднем на 26,3%. Полученные результаты предполагают дальнейшие исследования, направленные на повышение эффективности производства питательных кормов из этих бобовых трав.

Ключевые слова: бобовые травы, производство питательных кормов, сорта люцерны, Мивал-Агро, кормовая масса трав.

Цитирование. Володина И. А., Марунова Л. К. Изменение показателей химического состава люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) сорта Изумруда и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic) сорта Средневожский в зависимости от применения препарата Мивал-Агро. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 101-111. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-10.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Одной из важнейших задач развития животноводства является повышение производства высококачественных кормов и снижение их себестоимости. В полевом кормопроизводстве выращивают сельскохозяйственные культуры, удовлетворяющие на

60-70% потребность животных в грубоволокнистых кормах. К таким культурам относятся многолетние бобовые травы, содержащие незаменимые питательные вещества для животных, имеющие высокую продуктивность и адаптивность. С их помощью возможно решение проблемы кормового белка, а также, наряду с этим, улучшение экологического состояния почвы [1, 2, 3, 4]. Развитие исследований в области повышения сортимента кормовых бобовых культур привело к практике изучения такого медоносного растения, как донник белый однолетний, в качестве компонента кормления животных наравне с люцерной изменчивой. Одним из приемов повышения урожайности этих кормовых трав является обработка отечественным регулятором роста Мивал-Агро, который положительно влияет на ростовые процессы, повышает урожайность, способствует раскрытию потенциального резерва продуктивности изучаемых культур. Мивал-Агро – регулятор роста растений, помогает решить одну из важнейших проблем в агрономии на данный момент – отрицательное влияние стрессовых факторов на растение. Препарат Мивал-Агро выполняет сразу несколько важных функций: защита от неблагоприятных воздействий окружающей среды, снятие стрессовой нагрузки с растения, а также улучшение транспорта питательных элементов и ускорение обменных процессов внутри клетки [5]. В клетке кремний способствует образованию соединений, которые связывают свободную воду и превращают ее в своего рода гель и тем самым повышают водоудерживающую способность клетки и растения в целом. Таким образом, кремний препятствует образованию кристаллов льда при заморозках и испарению воды при высоких температурах в засуху [5].

Многолетние исследования, проведенные в разных регионах РФ, подтверждают высокую эффективность препарата Мивал-Агро практически на всех культурах и во многих сферах деятельности человека. В растениеводческой деятельности Мивал-Агро нашел наиболее многофакторное применение. Отметим, что «Мивал-Агро» – это регулятор роста растений, он зарегистрирован для применения на широком ряде культур. Также есть возможность использовать его на каждой из стадий онтогенеза растений. Изучение использования препарата Мивал-Агро на столовых корнеплодах: сахарной свеклы и моркови показало, что он повышает не только продуктивность, но и содержание сахаров у этих культур [6, 7]. Изучение кремнийорганического биостимулятора Мивал-Агро в условиях лесостепной зоны Южного Урала снижало степень развития фитофтороза в варианте с обработкой семенных клубней картофеля (2 г/т) в среднем на 15%, альтернариоза – на 16%, ризоктониоза в форме сухой язвенной гнили стеблей – на 25% по сравнению с контролем. Сбалансированность роста и развития растений и улучшение фитосанитарного состояния этой культуры как следствие использования препарата Мивал-агро привело к наращиванию листовой поверхности на 27,4%, и в конечном счете, величины урожая на 17,2% и крахмалистости клубней – на 0,37% [8]. В других исследованиях на картофеле *in vitro* наблюдения за процессом морфогенеза показали, что добавление препарата Мивал-агро в питательную среду способствовало увеличению высоты к 21 дню культивирования на 18,5%, что важно в процессе пассирования растений, когда желательно получить большее количество эксплантов с более длинными междоузлиями для дальнейшего размножения [9].

Согласно полученным данным Незамовой М. А., урожайность гороха сорта Фараон под воздействием регулятора роста Мивал-Агро была на 0,18 т/га выше по сравнению с контрольным вариантом, а урожайность сорта Темп превысила контрольный вариант еще более ощутимо, на 0,45 т/га [10].

Опыт применения Мивал-Агро при выращивании сои в Краснодарском крае в непростых климатических условиях воздушной и почвенной засухи 2017 года, показал высокую эффективность. Контрольные варианты развивались с опережением, показывая отличия по корневой системе, вегетативной массе и количеству плодов и при уборке получена достоверная прибавка урожая свыше 30%. После анализе качества полученного урожая растений сои, обработанных по семенам и по вегетации, оказалось, что влажность семян контроля снизилась с 12,9% до 10,0%, а семян с опытного участка – с 10,7% до 10,2%. На контроле семена сои сорта Протина содержали 36,4% протеина, а урожай, убранный с опытного участка, оказался ещё более богат им 37,0%. Содержание сахара в контроле (7,0%), отличалось от опыта (10,2%) почти на треть [11].

Известно, что прочная кормовая база определяется общим производством кормов и их качеством. Питательность и кормовая ценность получаемого корма из многолетних трав зависит от его химического состава, на который влияют сроки использования травостоя, его ботанический состав, почвенно-климатические условия. По данным многих ученых, уровень продуктивности молочного скота на 70% зависит от качества кормов и только на 30% обусловлен условиями содержания и породой [12]. Одной из сложных задач современного сельского хозяйства, является переход на экологические агротехнологии, которые позволяют получать урожай, свободный от токсических веществ, так как использование в течение длительного периода времени высоких норм химически активных минеральных удобрений привело к накоплению в почве различных нежелательных элементов. Поэтому с целью получения высокого урожая люцерны с качественными показателями Бацазова Т. М. предлагает осуществлять ее посев семенами обработанными стимуляторами роста [13]. Многообещающим способом повышения продуктивности кормовых трав является использование препарата нового поколения Мивал-Агро в виде замачивания семян и фоллиарного опрыскивания [14].

Кормовые достоинства люцерны давно известны и признаны как аксиома, а вот донник долгое время использовался только как медоносное растение и даже подвергался гонениям как злостный сорняк, но это – ошибочность мнения многих специалистов сельского хозяйства, что там, где культивируется люцерна или клевер, нет места доннику вообще. В книге Н. А. Мелешко «Донник» (1934) полученные данные своей убедительностью подчеркивают, что люцерна и донник – союзники, а не антагонисты [15]. В связи с этим изучение взаимосвязей повышения питательной ценности бобовых трав являются актуальными и на сегодняшний день. Настоящее исследование было направлено на рассмотрение вопроса влияния препарата Мивал-Агро на продуктивность и содержание основных элементов питательной ценности в зеленой массе люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic), которые являлись объектом изучения.

Цель исследований – определить степень влияния отечественного препарата Мивал-Агро, на содержание основных питательных веществ в кормовой массе и ценность получаемой продукции люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic).

Задачи: отследить влияние препарата Мивал-Агро на содержание основных элементов питательности изучаемых культур. Определить степень воздействия предпосевной обработки семян и фоллиарного опрыскивания на общую урожайность зеленой массы и качества получаемой продукции.

Материалы и методы. Исследования проводились на опытном поле зерно-травяного севооборота Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова – филиале Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук (Поволжский НИИСС – филиал Сам НЦ РАН), который является оригинатором и патентообладателем районированных сортов: Изумруда (люцерна изменчивая) и Средневожский (донник белый однолетний). Основой подготовки семян к посеву являлась их обработка препаратом Мивал-Агро за сутки до посева. Почва опытного участка представлена типичным среднегумусным чернозёмом тяжелосуглинистого гранулометрического состава. Содержание гумуса в пахотном слое почвы 0,25 м – 5,2%, подвижного калия и фосфора – 292,0 мг/кг и 56 мг/кг почвы соответственно, рН солевой вытяжки почвы 6,9-7,2, содержание легкогидролизуемого азота – 116,0-132,0 мг/кг почвы. Закладка питомников и сопутствующие наблюдения проведены согласно методике Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур [16]. Семенной материал бобовых трав обрабатывали перед посевом препаратом Мивал-Агро и в дальнейшем использовали его для опрыскивания вегетирующих растений в период «бутонизация – начало цветения». Делянки посеяны сплошным способом беспокровно, рендомизированно, площадь – 7,5 м², и 13,5 м², повторность 4-х кратная. На опыте с донником использовался метод расщепленных делянок, с дальнейшим горизонтальным делением. Агротехника – общепринятая для возделывания люцерны и донника в Самарской области. В эти же сутки брали материал для определения химического состава в образцах, анализ проводился в аналитической лаборатории при ба-

зе института. Общий азот и сырой протеин определяли методом Кьельдаля, определение содержания сахара по методу Бертрона, каротин определяли с помощью фотоэлектроколориметра. Математическую обработку полученных данных выполняли методом статистического анализа по Б. А. Доспехову (1985).

Результаты. Применение препарата Мивал-Агро на бобовых культурах, таких как люцерна изменчивая (*Medicago varia* Mart.) и донник белый однолетний (*Melilotus albus* Medic), является эффективным приемом для повышения продуктивности и урожайности этих культур. Для более детального анализа, представлены данные метеорологических условий периода вегетации люцерны и донника при испытании препарата Мивал-Агро за период с 2019 по 2021 годы (таблица 1).

Таблица 1 – Метеорологические условия периода вегетации люцерны и донника при испытании препарата Мивал-Агро за 2019-2021 гг.

Table 1 – Meteorological conditions during the growing season of alfalfa and sweet clover when testing the drug Mival-Agro for 2019-2021

Год наблюдения / Year of observation	Месяц / Month					Апрель- август / April-August
	апрель / April	май / May	июнь / June	июль / July	август / August	
Среднемесячная температура, t °C / Monthly average temperature, t °C						
2019	8,4	17,0	20,6	20,3	18,3	16,9
2020	7,3	15,6	18,5	24,1	18,9	16,9
2021	9,3	20,8	22,9	23,4	24,7	20,2
Среднепогодная / Long-term average	7,1	15,0	19,9	21,7	19,3	16,6
Сумма активных температур, t °C / Sum of active temperatures, t °C						
2019	145,3	533,2	618,0	630,3	560,9	2487,7
2020	86,5	467,1	553,9	743,6	586,6	2437,7
2021	144,0	643,4	686,9	726,4	765,5	2966,2
Среднепогодная / Long-term average	109,0	436,0	561,0	642,0	584,0	2332,0
Осадки, мм / Precipitation, mm						
2019	33,3	38,6	10,5	32,7	28,8	143,9
2020	29,5	17,6	48,3	21,6	43,0	160,0
2021	30,7	20,8	72,3	17,7	0,6	142,1
Среднепогодные / Long-term average	34,0	34,0	55,0	50,0	43,0	216,0
ГТК / SCC						
2019	0,7	0,7	0,2	0,5	0,5	0,5
2020	3,4	0,4	0,8	0,3	0,7	1,1
2021	2,1	0,3	1,1	0,2	0,0	0,8
Среднепогодное / Long-term average	3,1	0,8	0,9	0,8	0,7	1,3

Весна 2019 года оказалась ранней, что способствовало успешному началу вегетации люцерны и донника. Активные температуры апреля составили 145,3 °C, а осадки были в пределах нормы. Обработка посевов в первой декаде июня способствовала повышению продуктивности люцерны на 24,3% по сравнению с контролем. Отсутствие влаги в июне и пониженные температуры воздуха в июле отрицательно сказались на урожае донника, но фоллиарная обработка повысила его на 1,99 т/га.

Весна 2020 года началась затянувшимся периодом с низкими положительными температурами, что негативно сказалось на всхожести донника и отрастании растений люцерны. Несмотря на это, обработка препаратом Мивал-Агро сохранила урожайность люцерны, превысив контроль на 14,5%. Донник развивался хуже, чем люцерна, прибавка урожайности зеленой массы была наименьшей за все годы изучения препарата с превышением контроля всего на 0,3 т/га. А генерация отавы была напротив самой высокой за годы исследований и составила 19,0% к общей массе, а превышение второго укоса к контрольному варианту при отрастании было выше на 52,7%.

В 2021 году наблюдалось раннее резкое потепление. Люцерна активно отрастала, несмотря на дефицит осадков и урожайность при контрольном измерении была выше на 11,1%, с прибавкой по сравнению с контролем в цифровом эквиваленте на 2,2 т/га. Данные наблюдения иллюстрируют важность агрономических практик для повышения продуктивности многолетних трав в различных климатических условиях.

Обсуждение. Исследование было направлено не только на изучение влияния препарата Мивал-Агро на продуктивность, но и на регистрацию содержания основных элементов питательной ценности в зеленой массе люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic). В данном исследовании была проанализирована продуктивность сорта Изумруда люцерны изменчивой и сорта Средневолжский донника белого однолетнего. В ходе эксперимента были учтены различные показатели, включая высоту растений, облиственность, а также урожайность зеленой массы и ее химический состав.

В среднем за три года исследований воздействия препарата Мивал-Агро было выяснено, что вариант опыта с использованием препарата демонстрирует значительные улучшения показателей продуктивности донника белого по сравнению с контрольным вариантом, где использовалась только вода без добавления препарата Мивал-Агро. Высота растений в этом варианте была выше на 1,4 см в фазе начало цветения и на 5,7 см в фазе полное цветение (рисунок 1). Облиственность также увеличилась на 5,6% в фазе начало цветения и на 1,5% в фазе полное цветение. Такие показатели говорят о более интенсивном росте и развитии растений под влиянием препарата Мивал-Агро.

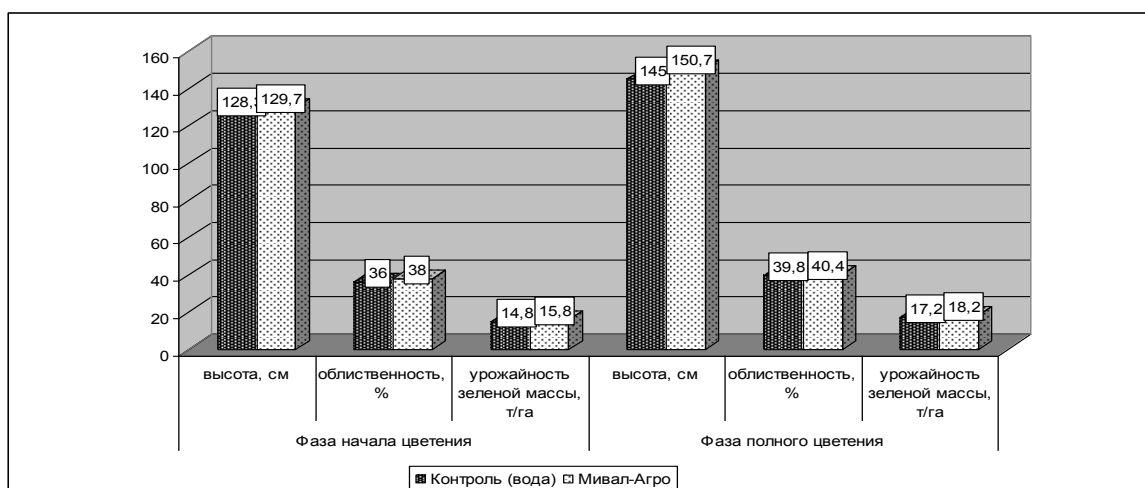


Рисунок 1 – Показатели продуктивности донника белого однолетнего, сорт Средневолжский, при использовании препарата Мивал-Агро (среднее за 2019-2021 гг.)

Figure 1 – Productivity indicators of annual white sweet clover, variety Srednevolzhsky, using the drug Mival-Agro (average for 2019-2021)

Из рисунка 1 также следует, что применение препарата Мивал-Агро на доннике белом однолетнем (сорт Средневолжский) привело к увеличению урожайности зеленой массы в первом укосе и составила 15,8 т/га, относительно контроля 14,8 т/га. Во втором укосе эти показатели были на уровне 18,2 и 17,2 т/га соответственно. Увеличение урожайности зеленой массы в варианте с применением Мивал-Агро донника белого однолетнего была больше на 1 тонну, как в фазе начало цветения, так и в фазе полного цветения. Это является значительным улучшением по сравнению с контрольной группой.

Аналогичные положительные эффекты были замечены и на люцерне изменчивой (сорт Изумруда). При применении препарата Мивал-Агро высота растений в период I укоса была выше на 2,2 см и составила 82,8 см, а во II укосе осталась на уровне контроля 62,4 см. Облиственность растений повысилась с 39,4% до 40,9% (прибавка 3,9%) в первом укосе с 45,9% до 47,5% во втором укосе (прибавка 3,6%), а урожайность зеленой массы значительно возросла и достигла 28,4 тонн на гектар (прибавка 20,0%) относительно 23,7 т/га в контрольной группе.

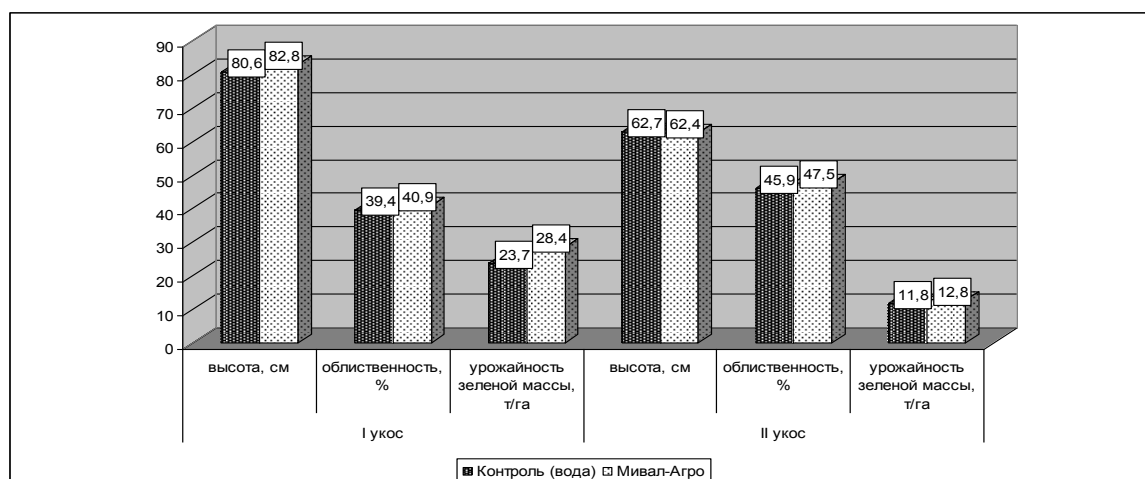


Рисунок 2 – Показатели продуктивности люцерны изменчивой, сорт Изумруда, при использовании препарата Мивал-Агро (среднее за 2019-2021 гг.)

Figure 2 – Productivity indicators of variable alfalfa, Izumruda variety, using the drug Mival-Agro (average for 2019-2021)

Изучая показатели химического состава образцов донника и люцерны в различные годы формирования урожая, выяснилось, что содержание протеина повышалось или понижалось незначительно, что обусловлено тем, что этот признак носит больше наследственный характер, а также зависит от срока укоса и фазы развития, в которой находится растение в момент скашивания. У донника белого однолетнего обработка препаратом Мивал-Агро приводила к некоторому снижению протеина, при этом ко второму сроку укоса в фазе цветения его в принципе становилось меньше. Самое большое снижение зафиксировано в относительно благоприятном 2019 году на 34% в фазе бутонизация – начало цветения, а к фазе полного цветения на фоне общего понижения протеина относительно первой фазы до 14,5%, а при обработке Мивал-Агро было повышение на 0,78% относительно не обработанного варианта (таблица 2).

Таблица 2 – Химический состав зеленой массы донника за 2019-2021 гг.
Table 2 – Chemical composition of the green mass of sweet clover for 2019-2021

Вариант опыта / experiment option	В абсолютно сухом веществе, % / In a completely dry substance, %								Каротина в мг на 1 кг корма / Carotene in mg per 1 kg of feed			
	протеин / protein				сахар / sugar							
	2019	2020	2021	средний / average	2019	2020	2021	средний / average	2019	2020	2021	средний / average
	начало цветения / beginning of flowering											
Контроль (вода) / Control (water)	16,18	14,42	15,79	15,46	10,22	8,65	6,44	8,44	58,00	29,80	49,26	45,69
Мивал-Агро / Mival-Agro	15,46	14,27	15,64	15,12	11,19	7,57	6,67	8,48	51,15	42,54	71,20	54,96
	полное цветение / full bloom											
	2019	2020	2021	средний / average	2019	2020	2021	средний / average	2019	2020	2021	средний / average
Контроль (вода) / Control (water)	12,43	15,19	14,27	13,96	7,58	6,88	4,82	6,43	23,79	30,64	47,86	34,10
Мивал-Агро / Mival-Agro	13,21	14,97	14,37	14,18	8,21	8,29	5,22	6,91	49,57	35,55	37,23	40,78

В 2020 году при обработке препаратом протеин снижался на 3,5%, а при обработке водой на 5,3%, в 2021 году на 9,28%, а в контрольном варианте на 9,63%, эти данные показывают общую тенденцию снижения количества протеина с переходом растений донника к более зрелому состоянию, но при обработке препаратом Мивал-Агро снижение меньше, чем без обработки.

Рассматривая полученные результаты, выяснилось, что общее снижение этого показателя связано с переходом растений в более зрелое состояние, а препарат Мивал-Агро может стимулировать процесс перехода от одной фазы к следующей. В более молодом травостое содержание питательных веществ больше, чем в цветущем. Некоторые авторы советуют косить донник даже до появления цветочных почек. А вот содержание сахаров и каротина повышалось при применении препарата Мивал-Агро практически во все годы изучения. Так, в 2019 году у донника белого однолетнего во время первого срока укоса содержание сахаров при обработке было выше на 9,5% относительно контрольного варианта без обработки (10,22%). При проведении второго срока укоса (в фазе полного цветения) содержание сахаров при обработке было выше на 8,3%, контроль (7,58%). Содержание каротина при этом в фазе начало цветения было на 11,8% ниже, а в фазе полного цветения уже на 108,4% выше относительно контроля без опрыскивания (23,79 мг/кг корма). Чем больше осадков выпадало перед проведением укоса, тем меньше сахаров в растениях донника было обнаружено при изучении этого показателя. Можно сделать вывод, что лучше косить донник белый однолетний в фазе бутонизации – начало цветения, так как при достаточном выходе зеленой массы в ней сохраняется большая часть питательных веществ.

Что касается люцерны, то у нее прослеживается аналогичная тенденция: содержание сахаров в 2019 году в первом укосе было на 32,3% выше в варианте с обработкой препаратом, а во втором укосе превышение было на 45,3%. Каротина в первом укосе тоже было меньше на 19,4%, во втором как и у донника имелось превышение на 13,6% (таблица 3). Содержание протеина в зеленой массе люцерны под воздействием Мивал-Агро повышалось на 0,75% в первом укосе и на 0,86% во втором.

Таблица 3 – Химический состав зеленой массы сортообразцов люцерны в питомнике испытания препаратов, посев 2018 г, за 2019-2021 гг.

Table 3 – Chemical composition of the green mass of alfalfa varieties in the nursery for drug testing, sowing in 2018, for 2019-2021

Вариант опыта / experiment option	В абсолютно сухом веществе, % / In a completely dry substance, %								Каротина в мг на 1 кг корма / Carotene in mg per 1 kg of feed			
	протеин / protein				сахар / sugar							
	2019	2020	2021	средний / average	2019	2020	2021	средний / average	2019	2020	2021	средний / average
	I укос / 1 mow											
Кон- троль (вода) / Control (water)	15,82	18,59	16,80	17,07	6,69	8,58	3,17	6,15	140,1	114,2	111,6	122,0
Мивал- Агро / Mival- Агро	16,57	20,15	16,97	17,90	8,83	8,32	3,50	6,88	113,0	134,4	110,7	111,4
II укос / 2 mow												
Кон- троль (вода) / Control (water)	17,64	15,22	16,49	16,43	5,37	9,34	4,57	6,43	101,9	64,7	82,3	82,97
Мивал- Агро / Mival- Агро	18,50	16,24	17,15	17,30	7,80	8,50	6,19	7,50	120,2	88,6	105,9	104,9

Май и июнь 2020 года отличались колебаниями дневных и ночных температур воздуха. В последние годы появился новый тип засухи, который характеризуется резкими перепадами среднесуточных температур воздуха, дефицитом тепла в ночные часы и жаркой погодой в дневные. Наблюдается в весенне-летний период и даже при хороших запасах влаги в почве весной рост растений замедляется при нормальном их развитии. Такой тип засухи принято считать холодной. Она в первую очередь заметно снижает урожайность озимых и ранних яровых зерновых культур [15]. На бобовых травах проявление холодной засухи так же приводит к снижению урожайности вегетативной массы, проявляется это вытягиванием междоузлий и общим снижением облиственности. При этом люцерна была более восприимчива к обработке препаратом Мивал-Агро, чем донник. Это обусловлено происхождением и природной неприхотливостью донника белого. Что касается содержания протеина, то в 2020 году его содержание в обработанном травостое было уже на 1,56% выше, чем в не обработанном в первом укосе и на 1,02% во втором.

2021 год был самым теплым за все время изучения. В исследованиях проведенных Степановой отмечено, что при высокой тепло- и влагообеспеченности с преобладанием пасмурной погоды содержание протеина снижалось до 16,1%. В наших исследованиях первый укос донника формировался с достаточным количеством влаги в июне, что предположительно привело к снижению протеина в зеленой массе, относительно более приближенного к среднему 2019 году. Содержание протеина в зеленой массе первого укоса было 15,79% без обработки и 15,84 с обработкой препаратом Мивал-Агро. А вот во втором сроке укоса снизилось до 14,27 без обработки и 14,37% с обработкой. При этом содержание сахаров в массе первого укоса было больше, чем во втором на 1,62% без применения препарата и на 1,45% с его использованием. Также следует отметить, что это был самый низкий процент сахара за все годы исследований. Кстати, в зеленой массе люцерны, так же наблюдалось понижение сахара в 2021 году до 3,17% при обработке водой и до 3,50% при обработке препаратом Мивал-Агро, по сравнению с 2019 (6,69/8,83%) и 2020 (8,58/8,32%) годами. Содержание каротина при этом в люцерне было выше, чем в доннике в среднем за три года на 76,28 мг/ кг без обработки и 64,40 мг/кг с обработкой (первый укос). Содержание протеина в зеленой массе люцерны, также как и в предыдущие годы, было выше при обработке Мивал-Агро на 0,17% (первый укос) и на 0,87% (второй укос). В среднем за 3 года исследований содержание протеина в кормовой массе люцерны повышалось под влиянием обработок препаратом Мивал-Агро на 0,85% в первом укосе и на 0,87% во втором укосе.

Мы уже проводили исследования по отзывчивости бобовых трав люцерны и донника на применение препарата Мивал-Агро [17]. Дальнейшее, более детальное, исследование этого вопроса привело к интересным результатам. В целом в доннике содержание сахаров на порядок больше, чем в люцерне, независимо от года исследования и погодных условий вегетации. А вот каротина и протеина в зеленой массе люцерны больше, нежели в доннике белом однолетнем. Несмотря на всю схожесть этих бобовых трав, имеются достаточно большие различия в химическом составе зеленой массы, а также в отношении этих культур к применению обработок и реакции на них.

Выводы. Таким образом, на основании полученных данных можно сказать, что внедрение препарата Мивал-Агро как дополнительного элемента технологии при возделывании люцерны и донника сказывается на повышении урожайности и росте продуктивности этих бобовых культур. Также отмечено положительное влияние обработки препаратом Мивал-Агро на показатели химического состава бобовых трав – повышение содержания сахаров в среднем за 3 года изучения на 0,26% у донника белого однолетнего и на 0,9% у люцерны изменчивой, каротина на 7,98 мг на килограмм корма у донника и на 5,66% у люцерны, что важно в питательной ценности получаемых кормов.

Conclusions. Thus, based on the data obtained, it can be said that the introduction of the drug Mival-Agro as an additional element of technology in the cultivation of alfalfa and sweet clover affects the increase in yield and productivity of these legumes. The positive effect of treatment with Mival-Agro on the chemical composition of legumes was also noted – an increase in the sugar content on average over 3 years of study by 0.26% in annual white clover and 0.9% in variable alfalfa, carotene by 7.98 mg per kilogram of feed in sweet clover and 5.66% in alfalfa, which is important in the nutritional value of the feed obtained.

Библиографический список

1. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земцова И. П., Головатюк О. В. Продуктивность многолетних бобовых трав на орошении. Известия НВ АУК. 2022. № 2 (66). С. 22-30.
2. Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Изучение коллекции люцерны в условиях Среднего Урала по основным хозяйственно ценным признакам. Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 8. С. 56-59.
3. Guo H., Gong Y.B., Bao A.K. Comprehensive assessment of drought resistance in seedlings of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. Applied ecology and environmental research. 2019. № 17 (6). Pp. 13253-13261.
4. Katanski S. et al. Dry matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate. Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. Pp. 265-267.
5. Регулятор роста растений «Мивал-Агро» Инструкция по применению в сельскохозяйственном производстве. <https://agrosil.ru/>
6. Мухина Т. М. и др. Эффективность регуляторов роста в посевах моркови в условиях Нижнего Поволжья. Плодородие. 2022. № 1. С.14-16.
7. Пусенкова Л. И. Эффективность применения биопрепаратов при выращивании и хранении сахарной свеклы. Достижения науки и техники АПК. 2007. N 5. С. 48-49.
8. Васильев А. А. Влияние Мивала-Агро на фитосанитарное состояние и продуктивность картофеля. Защита и карантин растений. 2015. № 8. С. 17-19.
9. Уромова И. П., Козлов А., Штырлина О. В., Семерикова М. Влияние кремнийсодержащего препарата на морфолого-физиологические показатели растений картофеля в условиях *in vitro*. Journal of Agriculture and Environment 2023. Т. 33.12. № 5 (33).
10. Экономическая эффективность использования регулятора роста Мивал-Агро на посевах гороха в условиях Орловской области. Студенческий научный форум: материалы V Международной студенческой научной конференции. <https://scienceforum.ru/2013/article/2013005244>
11. Производственные опыты применения Мивал-Агро на сое в условиях Краснодарского края (АО фирма «Агрокомплекс» п/п им. П. Я. Штанько, Новокубанский район, Краснодарский край. 2017. <https://agrosil.ru>
12. Степанова С. Г. Влияние погодных условий на химический состав сухого вещества люцерны (*Medicago Varia* Mart.) в фазу цветения. Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 2. С. 26-39.
13. Бацазова Т. М. Применение стимуляторов роста на посевах люцерны. Северо-Кавказский научно-исследовательский институт. 2023. № 5. С. 86-89.
14. Володина И. А., Марунова Л. К. Применение препарата Мивал-Агро на бобовых культурах: люцерна изменчивая (*Medicago Varia* Mart.) и донник белый однолетний (*Melilotus Albus* Medic). Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023. Т. 2. № 3. С. 3-8.
15. Мелешко Н. А. Донник. Москва; Ленинград: Сельхозгиз, 1934. 140 с.
16. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Выпуск 1. Общая часть. М: ООО «Группа Компаний море». 2019. 384 с.
17. Володина И. А., Марунова Л. К. Отзывчивость бобовых трав: люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) и донника белого однолетнего (*Melilotus albus* Medic) на влияние отечественного регулятора роста Мивал-Агро. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2024. № 2 (74).

References

1. Dronova T. N., Burtseva N. I., Molokantseva E. I., Zemtsova I. P., Golovatyuk O. V. Productivity of perennial legumes in irrigation. Izvestia NV AUK. 2022. No 2 (66). Pp. 22-30.
2. Braking M. A., Zyryanseva A. A. The study of the alfalfa collection in the conditions of the Middle Urals according to the main economically valuable characteristics. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2020. Vol. 34. No. 8. Pp. 56-59.
3. Guo H., Gong Y. B., Bao A. K. Comprehensive assessment of drought resistance in seedlings of five alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars. Applied ecology and environmental research. 2019. № 17 (6). Pp. 13253-13261.
4. Katanski S. et al. Dry matter yield and plant density of alfalfa as affected by cutting schedule and seeding rate. Grassland Science in Europe. 2018. Vol. 23. Pp. 265-267.
5. Plant growth regulator "Mival-Agro" Instructions for use in agricultural production. <https://agrosil.ru>
6. Mukhina T. M. et al. The effectiveness of growth regulators in carrot crops in the conditions of the Lower Volga region. Fertility. 2022. No. 1. Pp.14-16.
7. Pusenkova L. I. The effectiveness of the use of biological products in the cultivation and storage of sugar beet. Achievements of science and technology of the agroindustrial complex. 2007. N 5. Pp. 48-49.
8. Vasiliev A. A. The influence of Mival-Agro on the phytosanitary condition and productivity of potatoes. Protection and quarantine of plants. 2015. No. 8. Pp. 17-19.
9. Uromova I. P., Kozlov A., Shtyrina O. V., Semerikova M. The effect of a silicon-containing drug on the morphological and physiological parameters of potato plants under in vitro conditions. Journal of Agriculture and Environment. 2023. V. 33.12. № 5 (33).
10. Economic efficiency of using the growth regulator Mival-Agro on pea crops in the conditions of the Orel region. Student Scientific Forum: Materials of the V International Student Scientific Conference. <https://scienceforum.ru/2013/article/2013005244>
11. Production experiments of the use of Mival-Agro on soybeans in the conditions of the Krasnodar Territory (JSC firm Agrocomplex named after P. Ya. Shtanko, Novokubansky district, Krasnodar Territory. 2017. <https://agrosil.ru>
12. Stepanova S. G. The influence of weather conditions on the chemical composition of the dry matter of alfalfa (*Medicago Varia* Mart.) in the flowering phase. Adaptive feed production. 2019. No. 2. Pp. 26-39.
13. Batsazova T. M. The use of growth stimulants on alfalfa crops. North Caucasus Research Institute. 2023. No. 5. Pp. 86-89.

14. Volodina I. A., Marunova L. K. The use of the drug Mival-Agro on legumes: alfalfa changeable (*Medicago Varia Mart.*) and annual white clover (*Melilotus Albus Medic.*). Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2023. Vol. 2. No. 3. Pp. 3-8.

15. Meleshko N. A. Donnik. Moscow; Leningrad: Agricultural Institute, 1934. 140 p.

16. The methodology of the state variety testing of agricultural crops. Issue 1. The general part. M: LLC "Sea Group of Companies". 2019. 384 p.

17. Volodina I. A., Marunova L. K. Responsiveness of legumes: alfalfa changeable (*Medicago varia Mart.*) and annual white clover (*Melilotus albus Medic.*) on the influence of the domestic growth regulator Mival-Agro. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2024. № 2 (74).

Информация об авторах

Володина Ирина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Самарский государственный аграрный университет (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная 1.), e-mail: Volodinalrina1980@yandex.ru

Марунова Людмила Константиновна, старший научный сотрудник, Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства им. П. Н. Константинова (Российская Федерация, 446442, Самарская область, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76), e-mail: gnu_pniiss@mail.ru

Author's Information

Volodina Irina Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Samara State Agrarian University (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Uchebnaya str. 1.), e-mail: Volodinalrina1980@yandex.ru

Marunova Lyudmila Konstantinovna, senior researcher, Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after. P. N. Konstantinov (Russian Federation, 446442, Samara region, Ust-Kinelsky, Shosseynaya str., 76), e-mail: gnu_pniiss@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-11

THE ASSESSMENT OF THE AGROECOLOGICAL ADAPTABILITY OF SPRING BARLEY VARIETIES IN THE CONDITIONS OF THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE MIDDLE VOLGA REGION

Kosykh L. A., Nikonorova Yu. Yu.

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Kinel, Samara region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: laramart163@mail.ru

Received 05.09.2024

Submitted 31.01.2025

The research was carried out as part of the implementation of the State assignment on the topic "Scientific basis for the creation of new varieties of cereals, grain fodder and sorghum crops, with complex resistance to biological and abiostressors, with high economically valuable traits, ensuring stable yields in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region" (FMRW-2022-0019), state registration number of EGISU R&D 1021032424537-6-4.1.6.

Abstract

Introduction. Modern barley breeding is aimed at creating adaptive and environmentally friendly varieties of a new generation capable of providing consistently high yields and grain quality under conditions adapted to the limiting stress factors of the environment of a particular region and adaptive to natural challenges. The aim of the research was to evaluate zoned and promising varieties of spring barley based on the parameters of agroecological adaptability and to select the best genotypes for the forest-steppe zone of the Middle Volga region. **Object.** The object of the research was 8 varieties of spring barley bred by the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences: 5 varieties zoned for the Middle Volga (7) region (Berkut, Povolzhsky 65, Povolzhsky 22, Povolzhsky 49, Povolzhsky Yantar), 3 varieties are undergoing State Variety Testing (Povolzhsky Prize, Nart, Povolzhsky Dar). **Material and methods.** The studies were conducted in the Samara region in 2020-2023. The studies were carried out according to generally accepted methods: Methodology of state variety testing of agricultural crops, methods of field experiment. To evaluate varieties for plasticity and stability of yield, the method of S. A. Eberharta and W. A. Rassella was used, according to the method of A. I. Kincharov et al., the variety (genotype) index, the relative value of the variety yield index, the degree of responsiveness of the variety (genotype) to favorable environmental conditions, the degree of yield depression of the variety to unfavorable conditions and the degree of agroecological adaptability of the variety were determined. **Results and conclusions.** As a result of the research, high-yielding varieties Povolzhsky Yantar and Povolzhsky Prize were identified; on average, over the years of research, these varieties had a yield of 5.6-5.9% higher than the average for the experiment. The most stable varieties were Povolzhskiy 65 (stability coefficient – 0.35), Povolzhskiy Yantar (0.65) and Povolzhskiy Priz (0.66). A high degree of agroecological adaptability was noted in the varieties Povolzhskiy Yantar (DAAi=–2.89%), Povolzhskiy Priz (DAAi=–3.81%) and Berkut (DAAi=–8.18%). These varieties of spring barley are proposed for further study and use in the breeding process.

Keywords: spring barley, spring barley varieties, spring barley selection, adaptability of spring barley.

Citation. Kosykh L. A., Nikonorova Yu. Yu. The assessment of the agroecological adaptability of spring barley varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 111-119 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-11.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, implementation and analysis of the results of this study. The authors of this article have reviewed the final version and approved it.

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

УДК 633.162:631.527

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ АДАПТИВНОСТИ СОРТОВ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ СРЕДНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

**Косых Л. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Никонорова Ю. Ю., младший научный сотрудник**

Самарский федеральный исследовательский центр РАН
г. Кинель, Самарская область, Российская Федерация

Исследования проводились в рамках выполнения Государственного задания по теме «Научные основы создания новых сортов крупяных, зернофуражных и сорговых культур, с комплексной устойчивостью к био- и абиострессорам, с высокими хозяйственно ценными признаками, обеспечивающих получение стабильных урожаев в условиях лесостепи Среднего Поволжья» (FMRW-2022-0019), номер государственной регистрации ЕГИСУ НИОКР 1021032424537-6-4.1.6.

Актуальность. Современная селекция ячменя направлена на создание адаптивных и экологически устойчивых сортов нового поколения, способных обеспечивать стабильно высокую урожайность и качество зерна в условиях, приспособленных к лимитирующим стресс-факторам окружающей среды конкретного региона, адаптивных к вызовам природы. Цель исследований – оценить районированные и перспективные сорта ярового ячменя по параметрам агроэкологической адаптивности и отобрать лучшие генотипы для лесостепной зоны Среднего Поволжья. **Объект исследований** – 8 сортов ярового ячменя селекции Самарского федерального исследовательского центра РАН: 5 районированных по Средневолжскому (7) региону сортов (Беркут, Поволжский 65, Поволжский 22, Поволжский 49, Поволжский январь), 3 сорта проходят Государственное сортоиспытание (Поволжский приз, Нарт, Поволжский дар). **Материал и методы.** Исследования проведены в Самарской области в 2020-2023 гг. Исследования выполнялись по общепринятым методикам: Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур, методика полевого опыта. Для оценки сортов по пластичности и стабильности урожайности использовали метод S. A. Eberharta и W. A. Russell, по методике Кинчарова А. И. и др. определяли индекс сорта (генотипа), относительное значение индекса урожайности сорта, степень отзывчивости сорта (генотипа) на благоприятные условия среды, степень депрессии урожайности сорта на неблагоприятные условия и степень агроэкологической адаптивности сорта. **Результаты и выводы.** В результате исследований выделены урожайные сорта Поволжский январь и Поволжский приз, эти сорта в среднем за годы исследований имели урожайность на 5,6-5,9% выше средней по опыту. Самыми стабильными оказались сорта Поволжский 65 (коэффициент стабильности – 0,35), Поволжский январь (0,65) и Поволжский приз (0,66). Высокая степень агроэкологической адаптивности отмечена у сортов Поволжский январь ($DAA_1 = -2,89\%$), Поволжский приз ($DAA_1 = -3,81\%$) и Беркут ($DAA_1 = -8,18\%$). Данные сорта ярового ячменя предложены для дальнейшего изучения и использования в селекционном процессе.

Ключевые слова: яровой ячмень, сорта ярового ячменя, селекция ярового ячменя, адаптивность ярового ячменя.

Цитирование. Косых Л. А., Никонорова Ю. Ю. Оценка агроэкологической адаптивности сортов ярового ячменя в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 111-119. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-11.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Ячмень является одной из ключевых зерновых культур как в отечественном, так и в мировом земледелии. Эта культура отличается широким спектром применения: зерно ячменя используется в качестве ценного корма для животных и птиц, служит важным сырьем для производства солода и пива, а также перерабатывается в крупу. В северных и высокогорных регионах ячмень также находит применение в хлебопечении.

Для успешного выращивания ярового ячменя необходимы сорта, способные обеспечивать стабильно высокие урожаи благодаря эффективному использованию климатических условий конкретного региона выращивания и устойчивости к стрессовым факторам окружающей среды [1, 2, 3].

В соответствии с мнением академика А. А. Жученко, приоритетами и критериями селекции, испытаний сортов и семеноводства в нынешнем столетии должны стать интеграция высокой потенциальной продуктивности и качества урожая с устойчивостью к как абиотическим, так и биотическим стрессам на уровнях сорта, агроценоза, агроэкосистемы и агроландшафта [4, 5].

Адаптация – это процесс взаимодействия генотипа и среды, характеризующийся единством противоположностей: изменчивости и устойчивости, гибкости и устойчивости, дифференциации и функциональной целостности. Одним из основных направлений адаптационных механизмов является приспособленность генотипа к различным условиям температурного и водного режима окружающей среды [6, 7].

Комплексное исследование генотипов на предмет их пластичности, стабильности и устойчивости к неблагоприятным условиям позволяет выделить из большого числа создаваемых сортов сорта с высокой степенью адаптации к условиям конкретного региона [8, 9].

Цель исследований заключается в оценке районированных и перспективных сортов ярового ячменя по критериям агроэкологической адаптивности, а также в отборе лучших генотипов для лесостепной зоны Среднего Поволжья.

Материал и методы. Исследования проводили в лаборатории селекции и семеноводства зернофуражных культур Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук с 2020-2023 годы. Институт расположен на 53°16' северной широты и 50°36' восточной долготы и на 58-120 м над уровнем моря, в лесостепной полосе левобережья Средней Волги в Самарской области.

Полевые эксперименты проводились на полях первого селекционного севооборота, где предшественником выступал чистый пар. Агротехника возделывания ярового ячменя была традиционной и включала осеннюю вспашку поля на зябь, весеннее боронование в два этапа, две культивации и прикатывание с помощью кольчатых катков. Посев осуществлялся в оптимальные сроки (первая декада мая) с использованием селекционной сеялки СНЦ-10 при норме высева 4,5 млн всхожих семян на гектар. Уборка урожая проводилась напрямую комбайном Samro-130. Учетная площадь делянок конкурсного сортоиспытания составила 25 м², повторность экспериментов была четырехкратной.

Почва опытного участка представляет собой типичный малогумусный чернозем с содержанием гумуса в среднем 5-6%. Она характеризуется средней мощностью и легкоглинистой текстурой. В почве наблюдаются следующие уровни питания: подвижный фосфор в пределах 61,4-77,0 мг/кг, обменный калий – от 374,0 до 423,0 мг/кг, а легкогидролизуемый азот варьируется от 28,5 до 49,4 мг/кг. Уровень кислотности данной почвы считается слабокислым, с pH = 5,4.

В качестве объекта исследования использовались 8 сортов ярового ячменя, выведенных в Самарском федеральном исследовательском центре РАН. Из них 5 сортов районированы по Средневолжскому (7) региону (Беркут, Поволжский 65, Поволжский 22, Поволжский 49, Поволжский янтарь), а 3 сорта (Поволжский приз, Нарт, Поволжский дар) находятся на стадии Государственного сортоиспытания. Стандарт – сорт Беркут.

Исследования выполнялись по общепринятым методикам: Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [10], методика полевого опыта [11].

Для оценки сортов по их пластичности и стабильности урожайности применялся метод S. A. Eberharta и W. A. Russell [12], который основывается на расчете коэффициента линейной регрессии (bi). Он позволяет определить реакцию генотипа на изменения в окружающей среде, демонстрируя экологическую пластичность сорта. Также учитывается среднее квадратичное отклонение от линии регрессии (S²d), отражающее стабильность сорта при различных условиях внешней среды.

Согласно методике, разработанной Кинчаровым А. И. и др. [13], измеряли индекс сорта (генотипа) (li), который определяется как разница между средней урожайностью данного сорта и средней урожайностью по всем сортам в эксперименте. Также вычисляли относительное значение индекса урожайности сорта ($li\%$) как отношение этой разности к средней урожайности по опыту, представленное в процентах. Степень отзывчивости сорта (генотипа) на благоприятные условия среды ($Ri\%$) определялась как разница между максимальной урожайностью сорта и его средней урожайностью, деленная на среднюю урожайность по опыту, выраженная в процентах. Кроме того, оценивали степень депрессии урожайности сорта в неблагоприятных условиях ($Di\%$), которая рассчитывается как разница между минимальным и максимальным значениями урожайности сорта, деленная на максимальную урожайность, также в процентах. Степень агроэкологической адаптивности сорта ($DAAi$) вычисляется как сумма относительного индекса урожайности, степени отзывчивости на благоприятные условия и степени депрессии урожайности.

Статистическую обработку данных по урожайности проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета анализа компьютерной программы «Microsoft Excel» и Statistika 10.0 согласно Методике полевого опыта [11].

Результаты и обсуждение. В 2020-2023 годах в конкурсном испытании сортов оценены показатели агроэкологической адаптивности районированных и перспективных сортов ярового ячменя двухрядного по урожайности зерна, которую они производят. Изучена реакция сортов разных генотипов и разных стадий селекции на колебания погодных факторов в течение вегетационного периода.

Агрометеорологические условия в годы исследований носили разнообразный характер, что позволило более объективно оценить изучаемые сорта исходя из преобладающих внешних условий среды, определяемых гидротермическим режимом (рисунок 1).

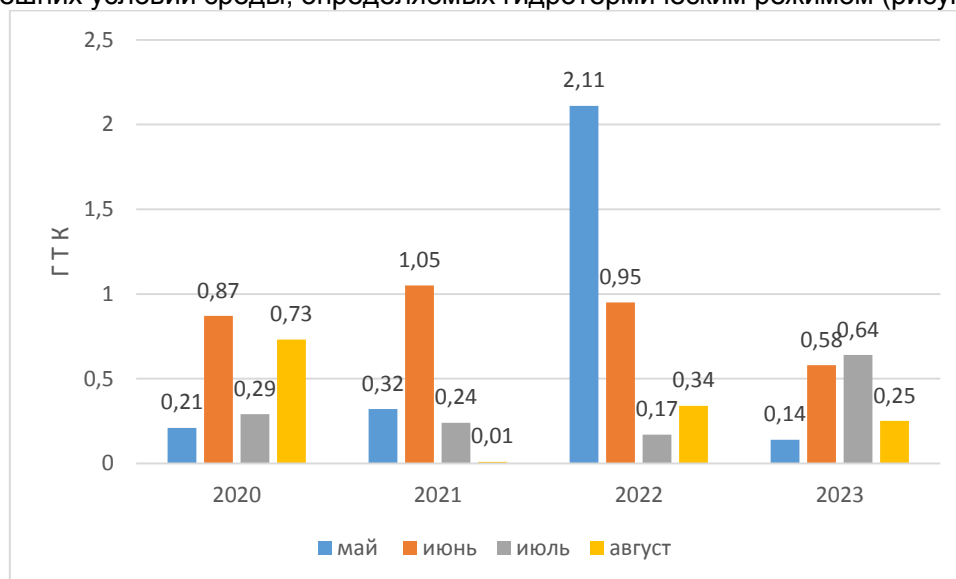


Рисунок 1 – Изменения ГТК по месяцам в 2020-2023 гг.

Figure 1 – Changes in the State Customs Code by month in 2020-2023

В 2020 году вегетация ярового ячменя в целом была удовлетворительной с точки зрения температуры и влажности. В первую половину вегетационного периода ярового ячменя температура находилась на уровне средних многолетних значений для мая, а потребность в воде удовлетворялась благодаря запасам зимне-весенней влаги и осадкам, выпавшим в мае (17,6 мм). Первая половина июня ознаменовалась значительными осадками – 45 мм. Благоприятные температурные условия, установившиеся после посева ярового ячменя, поспособствовали успешному появлению всходов. Однако в период налива зерна наблюдались повышенные температуры воздуха, которые превышали средние многолетние значения на 3-4 °С, а количество осадков в это время было минимальным. Средняя температура воздуха за период с мая по август составила 19,3 °С, что соответствует

среднему многолетнему значению, количество осадков за этот период составило 130,5 мм, что на 50 мм меньше нормы. Гидротермический коэффициент (ГТК) за вегетационный период ярового ячменя равнялся 0,52.

В 2021 году вегетацию можно было охарактеризовать как контрастную по погодным условиям для ярового ячменя. В течение вегетационного периода температуры в целом превышали среднемноголетние значения. В первой половине вегетации высокая температура компенсировалась значительным количеством осадков, выпавших в первый критический период для ячменя. Однако во второй половине вегетации наблюдались высокие температуры и нехватка осадков, что сказалось на продолжительности вегетации и процессах налива зерна. Средняя температура воздуха за период май-август составила 22,9 °С, что на 2 °С выше нормы, сумма осадков за вегетационный период составила 111,4 мм, что на 70 мм меньше нормы; ГТК за вегетацию ярового ячменя составил 0,40.

Вегетационный период ярового ячменя в 2022 году можно оценить как удовлетворительный с точки зрения температурных и влажностных условий. В начале вегетации температура была ниже средних многолетних значений, однако это не мешало росту и развитию ячменя на фоне обильных осадков, объем которых за май и июнь составил 137 мм, в то время как многолетняя норма составляет 88 мм. Условия, сложившиеся после посева, способствовали успешному прорастанию семян. Однако в период налива зерна наблюдались повышенные температуры воздуха, превышающие средние многолетние значения на 3-5 °С, и количество осадков в этот период было недостаточным. Средняя температура воздуха с мая по август составила 19,2 °С, что соответствует среднему многолетнему значению, в то время как осадки составили 174 мм, что на 10 мм меньше нормы. Гидротермический коэффициент за весь вегетационный период ярового ячменя составил 0,64.

В 2023 году первая половина вегетации ярового ячменя отмечалась дефицитом осадков – всего 19,6 мм, что составляет 34% от среднемноголетней нормы. Среднесуточная температура воздуха за этот период составила 19,5 °С, что на 3 °С выше среднего многолетнего показателя. ГТК первой половины вегетации соответствовал условиям пониженной влажности (0,24). Среднее значение среднесуточных температур в период налива и созревания зерен ярового ячменя находилось на уровне средних многолетних значений – 21,5 °С. За этот период выпало 56,2 мм осадков, что составило около 75% от общего количества осадков, выпавших за вегетацию ярового ячменя в 2023 году. Отношение суммы осадков к сумме температур при созревании колосьев, выраженное в ГТК, составило 0,71. В целом за вегетацию ярового ячменя в 2023 году общее количество осадков составило 75,8 мм (из них 34,4 мм выпало во второй декаде июля в период созревания ярового ячменя), среднегодовая сумма осадков за этот же период составила 75,8 мм, период составил 127,9 мм. ГТК за вегетацию ярового ячменя в 2023 году находился на уровне 0,46.

Таким образом, наиболее благоприятными по соотношению погодных факторов условия для роста и развития растений ярового ячменя и формирования высокой урожайности сортов сложились в 2020 году, индекс условий среды (I_j) = 0,1 и в 2023 году I_j = 0,79, а менее благоприятные засушливые условия наблюдались в 2021 году I_j = -0,58 и 2022 году I_j = -0,29.

Урожайность изучаемых сортов ярового ячменя за годы исследований имела достоверно значимые различия как по годам, так и среди изучаемых сортов. Проведенный двухфакторный дисперсионный анализ показал значительное влияние на урожайность ярового ячменя условий года (фактор В, среда) – 56,55%, в меньшей степени повлиял сорт (фактор А) – 3,53%. Взаимодействие факторов А x В (сорт x год) составило 6,93%.

Среднесортная урожайность зерна исследуемых сортов варьировала по годам от 2,80 т/га (2021 г.) до 4,17 т/га (2023 г.), коэффициент вариации (V) средний – 17,51%. У большинства изучаемых сортов ярового ячменя получен высокий потенциал продуктивности, максимальная средняя урожайность зерна сформирована у новых селекционных сортов Поволжский приз (3,58 т/га) и Поволжский янтарь (3,57 т/га). Наименьшая средняя урожайность отмечена у сорта Поволжский 65 (3,21 т/га). Коэффициент вариации урожайности зерна сортов составил 12,33-26,37% (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры экологической пластичности и стабильности сортов ярового ячменя по признаку урожайность зерна

Table 1 – Parameters of ecological plasticity and stability of spring barley varieties based on grain yield

Сорт (фактор A) / Variety (factor A)	Урожайность, т/га (фактор B) / Yield, t/ha (factor B)				Средняя / Average	V, %	bi	S ² _d
	2020	2021	2022	2023				
Беркут / Berkut	3,29	3,31	2,87	4,28	3,31	20,69	1,20	1,07
Поволжский 65 / Povolzhskiy 65	3,22	3,21	2,88	3,76	3,21	12,33	0,70	0,35
Поволжский 22 / Povolzhskiy 22	3,53	3,38	3,15	4,17	3,38	18,74	1,12	1,09
Поволжский 49 / Povolzhskiy 49	3,49	3,38	3,06	4,55	3,38	26,37	1,57	1,37
Поволжский янтарь / Povolzhskiy yantar	3,78	3,57	3,07	4,18	3,57	14,25	0,87	0,65
Поволжский приз / Povolzhskiy priz	3,84	3,58	3,31	4,10	3,58	13,21	0,84	0,66
Нарт / Nart	3,10	3,24	3,13	4,20	3,24	21,39	1,19	1,11
Поволжский дар / Povolzhskiy dar	3,62	3,41	3,26	4,08	3,41	17,47	1,03	1,02
Средняя по году / Average for the year	3,48	2,80	3,09	4,17	-	-	-	-
l _j среды / l _j environment	0,1	-0,58	-0,29	0,79	-	-	-	-

Оценку пластичности и устойчивости сортов ярового ячменя осуществляли с использованием двух показателей: коэффициента регрессии (bi), который показывает реакцию сортов на изменения условий выращивания (пластичность), и стабильности (S²_d) (таблица 1). Если значение bi превышает 1, то сорт демонстрирует высокую реакцию на улучшение условий, таким образом, он классифицируется как высокопластичный. Однако такие сорта требуют соблюдения высоких стандартов агротехники, поскольку при ухудшении внешних условий их урожайность значительно падает. Наиболее пластичными оказались сорта Беркут, Поволжский 22, Поволжский 49 и Нарт. К сортам, обладающим средней интенсивностью и пластичностью (bi<1), которые могут обеспечивать высокие, но более стабильные урожаи, относятся Поволжский 65, Поволжский янтарь и Поволжский приз. Если значение bi равно 1, это указывает на то, что сорт хорошо адаптирован к различным условиям окружающей среды, что свидетельствует о его высокой пластичности. В данную категорию входит и новый перспективный сорт Поволжский дар. Более того, чем меньше стандартное отклонение фактической урожайности от теоретически ожидаемой, тем выше степень стабильности данного сорта. В исследованном спектре сортов наиболее устойчивыми оказались сорта Поволжский 65, Поволжский янтарь и Поволжский приз с коэффициентом стабильности 0,35-0,66 (таблица 1).

Определение агроэкологической адаптивности по урожайности сортов проводилось параллельно с методом, предложенным А. И. Кинчаровым и др. Средний показатель урожайности, который имеет большое значение для последующих расчетов, определяется на основе опытных данных и представляет собой отношение суммы урожая зерна всех сортов за весь период испытаний к произведению числа сортов и количества лет испытаний. В нашем случае средняя урожайность по опыту составляет 3,38 т/га.

Для определения относительного индекса урожайности сорта (li%) вычисляется разница между средней урожайностью данного сорта и средней урожайностью по эксперименту, которая затем делится на среднюю урожайность по опыту и выражается в процентах. Полученные значения могут быть как положительными, так и отрицательными. Этот индекс показывает, насколько продуктивность сорта отличается от среднего значения по опыту в процентах. Наибольшие значения относительного индекса урожайности продемонстрировали сорта Поволжский янтарь – 5,62% и Поволжский приз – 5,92% (см. таблицу 2).

Таблица 2 – Агроэкологическая адаптивность сортов ярового ячменя и значения составляющих его показателей (%), ранг и степень адаптивности

Table 2 – Agroecological adaptability of spring barley varieties and values of its constituent indicators (%), rank and degree of adaptability

Сорт / Variety	$I_{i\%}$	$R_{i\%}$	$D_{i\%}$	DAA_i		
				%	Ранг / Rank	Степень адаптивности / Degree of adaptability
Беркут / Berkut	-2,07	28,70	-34,81	-8,18	3	Высокая / High
Поволжский 65 / Povolzhskiy 65	-5,03	16,27	-23,40	-12,16	5	Средняя / Average
Поволжский 22 / Povolzhskiy 22	0,00	23,37	-35,97	-12,60	6	Средняя / Average
Поволжский 49 / Povolzhskiy 49	0,00	34,62	-46,59	-11,97	4	Средняя / Average
Поволжский янтарь / Povolzhskiy yantar	5,62	18,05	-26,56	-2,89	1	Высокая / High
Поволжский приз / Povolzhskiy priz	5,92	15,39	-25,12	-3,81	2	Высокая / High
Нарт / Nart	-4,14	28,40	-39,52	-15,26	8	Низкая / Low
Поволжский дар / Povolzhskiy dar	0,89	19,82	-34,56	-13,85	7	Средняя / Average

Одним из ключевых показателей адаптивности, пластичности и экономической ценности сорта является его способность эффективно реагировать на благоприятные условия окружающей среды. Степень отзывчивости сорта ($R_i\%$) в условиях, благоприятных для роста, определили как отношение разницы в урожайности в благоприятный год и средней урожайности данного сорта к среднему уровню урожайности за весь период испытаний, выраженное в процентах. Наибольшее значение этого показателя было зафиксировано у сорта Поволжский 49, который при оптимальных погодных и агротехнических условиях способен увеличить урожайность зерна на 34,62% по сравнению со средней продуктивностью исследуемого набора сортов.

В агроклиматических условиях исследуемого региона большое значение приобретают показатели, характеризующие устойчивость сорта к различным неблагоприятным факторам внешней среды. Одним из наиболее значимых из них является депрессия урожайности зерна из-за воздействия как отдельных, так и комбинированных негативных факторов. Степень депрессии урожая зерна ($D_i\%$) определяли, как отношение разницы в урожайности сорта в неблагоприятный год к урожайности в благоприятный год, выраженное в процентах. Минимальные значения этого показателя наблюдались у сортов Поволжский 65 (-23,40%), Поволжский янтарь (-26,56%) и Поволжский приз (-25,12%).

Степень агроэкологической адаптивности сорта (DAA_i) вычисляется путём сложения трех ключевых показателей: индекса относительной урожайности зерна данного сорта ($I_i\%$), степени отзывчивости ($R_i\%$) в условиях, благоприятных для роста, и степени депрессии урожайности зерна сорта ($D_i\%$). Полученные результаты свидетельствуют о том, что величина агроэкологической адаптивности у исследуемой группы сортов колеблется в пределах (-2,890 – (-15,26). Для оценки сорта были разделены на три группы: 1 – сорта с высокой степенью агроэкологической адаптивности к условиям среды (Беркут, Поволжский янтарь, Поволжский приз); 2 – со средней степенью адаптивности (Поволжский 65, Поволжский 22, Поволжский 49 и Поволжский дар) и 3 – с низкой степенью адаптивности (сорт Нарт) (таблица 2).

Заключение. В процессе проведения исследований в питомнике конкурсного сортиспытания были проанализированы районированные и перспективные сорта ярового ячменя. В результате работы были выделены урожайные сорта Поволжский янтарь и Поволжский приз, которые в среднем за период исследований демонстрировали урожайность на 5,6-5,9% превышающую средний уровень по опыту. Самыми стабильными оказались сорта Поволжский 65 (коэффициент стабильности – 0,35), Поволжский янтарь (0,65) и Поволжский приз (0,66). Высокая степень агроэкологической адаптивности отмечена у сортов Поволжский янтарь ($DAA_i=-2,89\%$), Поволжский приз ($DAA_i=-3,81\%$) и Беркут ($DAA_i=-8,18\%$). Данные сорта ярового ячменя предложены для дальнейшего изучения и использования в селекционном процессе.

Conclusions. In the course of the research, zoned and promising varieties of spring barley were studied in the competitive variety testing nursery. As a result of the research, high-yielding varieties Povolzhsky Yantar and Povolzhsky Priz were identified; on average, over the years of research, these varieties had a yield that was 5.6-5.9% higher than the average for the experiment. The most stable varieties were Povolzhsky 65 (stability coefficient – 0.35), Povolzhsky Yantar (0.65) and Povolzhsky Priz (0.66). A high degree of agroecological adaptability was noted in the varieties Povolzhsky Yantar (DAAi = -2.89%), Povolzhsky Priz (DAAi = -3.81%) and Berkut (DAAi = -8.18%). These varieties of spring barley are proposed for further study and use in the breeding process.

Библиографический список

1. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems. BIO OF Coferences. 2020. V. 27. P. 00049.
2. Косых Л. А., Столпивская Е. В., Никонорова Ю. Ю. Поволжский яantar – перспективный сорт ярового ячменя для Средневолжского региона. Земледелие. 2021. № 8. С. 32-36.
3. Hakala K., et al. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. Field Crops Research. 2020. V. 259. P. 107956.
4. Жученко А. А. Фундаментальные и прикладные научные приоритеты адаптивной интенсификации растениеводства в XXI веке. Саратов, 2000. 275 с.
5. Антимонova О. Н. и др. Урожайность и параметры адаптивности перспективных сортов проса посевного в условиях лесостепи Самарской области. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2019. Т. 21. № 6. С. 9-14.
6. Безуглая О. Н. Адаптивный потенциал коллекционных образцов фасоли. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2018. Вып. 2 (174). С. 23-28.
7. Дёмина Е. А. Оценка адаптивности районированных и новых сортов яровой мягкой пшеницы в лесостепных условиях Среднего Поволжья. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Сельскохозяйственные науки. 2023. Т. 2. № 4. С. 50-56.
8. Чернова В. Л. и др. Сравнительная оценка урожайности, массы 1000 и натурной массы зерна сортов озимой мягкой пшеницы по параметрам экологической пластичности и стабильности. Аграрная наука. 2022. № 6. С. 76-79.
9. Засыпкина И. М., Донцова А. А. Результаты изучения параметров адаптивности озимого ячменя по предшественникам. Зерновое хозяйство России. 2024. Т. 16. № 1. С. 48-54.
10. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. М., 2019. Выпуск 1. 384 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 2014. 336 с.
12. Eberchart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966. V. 6. № 1. Pp. 36-40.
13. Кинчаров А. И. Методика оценки агроэкологической адаптированности генотипов в условиях глобального потепления климата. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022. № 183 (4). С. 39-47.

References

1. Sanina N. V. The productivity and spring barley grain quality depending on mineral fertilizer systems. BIO OF Coferences. 2020. V. 27. P. 00049.
2. Kosykh L. A., Stolpivskaya E. V., Nikonorova Y. Y. Povolzhsky Yantar is a promising variety of spring barley for the Middle Volga region. Agriculture. 2021. № 8. Pp. 32-36.
3. Hakala K., et al. Different responses to weather events may change the cultivation balance of spring barley and oats in the future. Field Crops Research. 2020. V. 259. P. 107956.
4. Zhuchenko A. A. Fundamental and Applied Scientific Priorities of Adaptive Intensification of Plant Production in the XXI Century. Saratov, 2000. 275 p.
5. Antimonova O. N. et al. Yield and Parameters of Adaptability of Promising Varieties of Millet in the Forest-Steppe of the Samara Region. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2019. V. 21. № 6. Pp. 9-14.
6. Bezuglaya O. N. Adaptive Potential of Collection Samples of Beans. Oilseeds. Scientific and Technical Bulletin of the All-Russian Research Institute of Oilseeds. 2018. I. 2 (174). Pp. 23-28.
7. Demina E. A. Assessment of the adaptability of zoned and new varieties of spring soft wheat in the forest-steppe conditions of the Middle Volga region. Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Agricultural Sciences. 2023. V. 2. № 4. Pp. 50-56.
8. Chernova V. L. et al. Comparative assessment of yield, weight of 1000 and natural weight of grain of winter soft wheat varieties according to the parameters of ecological plasticity and stability. Agrarian science. 2022. № 6. Pp. 76-79.
9. Zasypkina I. M., Dontsova A. A. Results of Studying the Parameters of Adaptability of Winter Barley by Predecessors. Grain farming in Russia. 2024. V. 16. No 1. Pp. 48-54.
10. Methods of State Variety Testing of Agricultural Crops. General part. Moscow, 2019. Issue 1. 384 p.
11. Dospekhov B. A. Methods of field experience. Moscow, Kolos Publ., 2014. 336 p.
12. Eberchart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop Science. 1966. V. 6. No 1. Pp. 36-40.
13. Kincharov A. I. Methodology for Assessing the Agroecological Adaptation of Genotypes in the Context of Global Warming of the Climate. Works on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022. № 183 (4). Pp. 39-47.

Информация об авторах

Косых Лариса Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76), e-mail: laramart163@mail.ru

Никонорова Юлия Юрьевна, младший научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт селекции и семеноводства имени П. Н. Константинова – филиал Самарского федерального исследовательского центра РАН (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Шоссейная, 76), e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

Author's Information

Kosykh Larisa Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, leading researcher, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinova – the branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky, Shosseynaya str., 76), e-mail: laramart163@mail.ru

Nikonorova Yulia Yurievna, junior researcher, Volga Region Research Institute of Selection and Seed Production named after P. N. Konstantinova – the branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 446442, Samara region, Kinel, Ust-Kinelsky, Shosseynaya str., 76), e-mail: yuliya_zinkova12@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-12

**PROMISING FRUIT MULBERRY FROM THE COLLECTION GENE POOL
OF SERICULTURE STATION****Leinweber E. F., Evlagina E. G., Evlagin V. G.**

*Research Station of Sericulture – branch of Federal state budgetary scientific institution
«The North Caucasus federal agricultural research center»
Inozemtsevo, Stavropol region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Received 14.11.2024

Submitted 10.01.2025

Abstract

Introduction. The uniqueness of mulberry fruits, due to their chemical composition and therapeutic and prophylactic properties, confirms **the relevance** of the ongoing research, which consists in expanding the assortment of fruit mulberry due to the gene pool of the Research Station of Sericulture – branch of Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research centre», which will significantly enrich the range of fruit crops, an additional source of valuable fruits. **The purpose** is to evaluate the promising fruit varieties and forms of mulberry of the Station of Sericulture according to the morph organoleptic parameters of the inflorescences and the biological features of fruiting. **Materials and methods.** The research material was varieties and forms of mulberry of the collection gene pool of the Station of Sericulture of various species origin, with different levels of ploidy, promising for fruiting: varieties PS-109, PS-229, PS-885, Nadezhda, Tamara, Georgia, forms 10-4-51, 10-4-62 (8 varieties). The research was carried out in 2020-2024 at the collection sites of the Station of Sericulture – branch of FSBSI «The North Caucasus federal agricultural research centre», Stavropol Territory, Inozemtsevo village. The morphological parameters of the inflorescences were characterized: color, shape, size (length and diameter, in cm), according to Fedorov A. I. The taste qualities of the inflorescences were determined organoleptically. Accounting for fruiting according to a method with a five-point rating scale developed in the course of work. **Results and conclusions.** In the course of research, it was established that the morpho-organoleptic parameters of the fruits of the studied cultivars are diverse in color, shape, size and taste properties: dark-colored oval fruits prevail; dimensional characteristics: length from 2.1 to 3.5 cm, diameter from 1.0 to 1.8 cm; the variety samples are divided into three categories according to taste: 1) sweet, with a slight sourness: varieties Gruziya, PS-229, form 10-4-62; 2) sour-sweet: varieties Nadezhda, Tamara, form 10-4-51; 3) sweet, with a slight sourness: varieties PS-109, PS-885. According to the average weight of one fruits: the tetraploid variety Tamara (fruits weight – 3.5 g), from triploid cultivars the form 10-4-62 (3.3 g) and the variety Nadezhda (3.2 g) can be attributed to large-fruited; the medium-fruited triploid form 10-4-51 (3.0 g) and the diploid introduced variety Gruziya (2.9 g); the studied diploid varieties PS-109, PS-229, PS-885 are small-fruited (coplodium weight from 2.0 to 2.5 g). According to the level of fruiting, the studied varietal material is divided into three groups: 1) average fruiting (3 points) – diploid variety PS-109 and triploid forms 10-4-51 and 10-4-62; 2) high fruiting (4 points) – varieties of different types: Gruziya (2n), Nadezhda (3n), Tamara (4n); 3) very high fruiting (5 points) – diploid varieties PS-229 and PS-885 of station breeding. The highest yield of fruits from the 1st tree was noted in the following varieties: PS-229 – 2,785 kg, PS-885 – 2,810 kg. The results of the assessment of morpho-organoleptic parameters of fruits and biological features of fruiting of mulberry cultivars of the Station of Sericulture – branch of FSBSI «The North Caucasus federal agricultural research centre»: PS-109, PS-229, PS-885, Nadezhda, Tamara, F. 10-4-51, F. 10-4-62, Gruziya, confirm the suitability of the studied varietal material for the fruit field of operation, namely sufficiently high dimensional and mass parameters of the fruits, taste qualities and the level of fruiting during operation in the fruit and feed direction.

Keywords: mulberry (*Morus L.*), mulberry varieties, mulberry inflorescences, mulberry flavor properties, mulberry fruits.

Citation. Leinweber E. F., Evlagina E. G., Evlagin V. G. Promising fruit mulberry from the collection gene pool of sericulture station. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 119-129 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-12.

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 634.38:634.1.076

ПЕРСПЕКТИВНАЯ ПЛОДОВАЯ ШЕЛКОВИЦА КОЛЛЕКЦИОННОГО ГЕНОФОНДА СТАНЦИИ ШЕЛКОВОДСТВА

Лейнвебер Е. Ф., кандидат сельскохозяйственных наук

Евлагина Е. Г., директор

Евлагин В. Г., научный сотрудник

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»,
Станция шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»
п. Иноземцево, Ставропольский край, Российская Федерация

Актуальность. Уникальность соплодий шелковицы, обусловленная химическим составом и лечебно-профилактическими свойствами, подтверждает **актуальность** проводимых исследований, которая заключается в расширении сортимента плодовой шелковицы за счет генофонда Научно-исследовательской станции шелководства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», что позволит значительно обогатить ассортимент плодовых культур, станет дополнительным источником ценных плодов. **Цель** – провести оценку перспективных плодовых сортов и форм шелковицы Станции шелководства по морфо-органолептическим параметрам соплодий и биологическим особенностям плодоношения. **Материалы и методы.** Материалом для исследований являлись сорта и формы шелковицы коллекционного генофонда Станции шелководства различного видового происхождения, с разным уровнем плоидности, перспективные по плодоношению: сорта ПС-109, ПС-229, ПС-885, Надежда, Тамара, Грузия, формы 10-4-51, 10-4-62 (8 сортообразцов). Исследования проводились в 2020-2024 годах на коллекционных участках Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Ставропольский край, п. Иноземцево. Характеристику по морфологическим параметрам соплодий: окраска, форма, размер (длина и диаметр, в см), проводили по Федорову А. И. Вкусовые качества соплодий определяли органолептически. Учет плодоношения по методике с пятибалльной шкалой оценки, разработанной в процессе выполнения работы. **Результаты и выводы.** В ходе исследований установили, что морфо-органолептические параметры соплодий исследуемых сортообразцов разнообразны по окраске, форме, размеру и вкусовым и вкусовым свойствам: преобладают темно-окрашенные овальные соплодия; размерные характеристики: длина от 2,1 до 3,5 см, диаметр от 1,0 до 1,8 см; по вкусу сортообразцы делятся на три категории: 1) сладкие, с легкой кислинкой: сорта Грузия, ПС-229, форма 10-4-62; 2) кисло-сладкие: сорта Надежда, Тамара, форма 10-4-51; 3) сладкие, со слабой кислинкой: сорта ПС-109, ПС-885. По средней массе одного соплодия: к крупноплодным можно отнести тетраплоидный сорт Тамара (масса соплодия – 3,5 г), из триплоидных сортообразцов форму 10-4-62 (3,3 г) и сорт Надежда (3,2 г); к среднеплодным триплоидную форму 10-4-51 (3,0 г) и диплоидный интродуцированный сорт Грузия (2,9 г); исследуемые диплоидные сорта ПС-109, ПС-229, ПС-885 являются мелкоплодными (масса соплодия от 2,0 до 2,5 г). По уровню плодоношения исследуемый сортовой материал распределен на три группы: 1) среднее плодоношение (3 балла) – диплоидный сорт ПС-109 и триплоидные формы 10-4-51 и 10-4-62; 2) высокое плодоношение (4 балла) – разнотипные сорта: Грузия (2n), Надежда (3n), Тамара (4n); 3) очень высокое плодоношение (5 баллов) – диплоидные сорта ПС-229 и ПС-885 станционной селекции. Наибольший урожай плодов с 1-го дерева отмечен у следующих сортов: ПС-229 – 2,785 кг, ПС-885 – 2,810 кг. Результаты оценки морфо-органолептических параметров соплодий и биологических особенностей плодоношения сортообразцов шелковицы Станции шелководства – ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»: ПС-109, ПС-229, ПС-885, Надежда, Тамара, Ф. 10-4-51, Ф. 10-4-62, Грузия, подтверждают пригодность исследуемого сортового материала для плодового направления эксплуатации, а именно достаточно высокие размерно-массовые параметры соплодий, вкусовые качества и уровень плодоношения при эксплуатации в плодово-кормовом направлении.

Ключевые слова: шелковица (*Morus L.*), сорта шелковицы, соплодия шелковицы, вкусовые свойства шелковицы, плоды шелковицы.

Цитирование. Лейнвебер Е. Ф., Евлагина Е. Г., Евлагин В. Г. Перспективная плодовая шелковица коллекционного генофонда Станции шелководства. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 119-129. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-12.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Шелковица (*Morus*) – однодомное или двудомное, ветроопыляемое, древесное растение семейства тутовые (*Moraceae* Gaudich). Род *Morus* насчитывает по G. Koidzumi 24 вида, при этом классификация рода не разработана, до настоящего времени таксономия пересматривается из-за широкого географического распространения шелковицы (от субтропиков до умеренных широт), эколого-морфологической пластичности, гибридизации, длительного периода доместикиции и интродукции. Для выкормки тутового шелкопряда используют в основном 4 вида шелковицы: белая (*Morus alba* Linn.), атласная или шелковичная (*Morus bombycis* Koidz), многостебельная или многоствольная (*Morus multicaulis* Perr.), японская или шелковица Кагаямы (*Morus Kagayamae* Koidz), которые имеют женские и однодомные плодовые формы. Вид шелковица черная (*Morus nigra* Linn.) мало пригодна для выкормок тутового шелкопряда, используются в основном как плодовая культура [1, 2].

В России изучением, сохранением сортимента шелковицы кормового направления использования занимается Научно-исследовательская станция шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Станция шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»). На Станции шелководства сформирован уникальный коллекционный генофонд разного уровня плоидности, адаптированный к местным климатическим условиям, состоящий из сортов и форм шелковицы станционной селекции и интродуцированных, различного географического происхождения (страны Европы и Азии), которые в основном являются материалом для селекционной работы по созданию высокопродуктивных кормовых сортов и кормовой базой тутового шелкопряда. Видовой состав коллекционных сортов и форм в основном представлен межвидовыми и межсортowymi гибридами, большая часть сортообразцов относятся к виду шелковица белая (*Morus alba*), который наиболее распространен в умеренной климатической зоне, имеются представители видов *Morus multicaulis* и *Morus Kagayamae*. На Станции шелководства с момента ее основания (1929 г.) в основном занимались выведением сортов шелковицы для формирования кормовой базы шелководства, в связи с чем оценка имеющегося генофонда шелковицы на предмет отбора плодовых форм практически не проводилась, хотя более 80% коллекции – это женские растения, которые выделяются не только высокой урожайностью листовой массы, но и плодоношением [3].

Плодоносящая шелковица имеет большое значение как пищевое растение: плоды употребляют в свежем и консервированном (в том числе сушеном) виде, также шелковица нашла свое применение и в медицине [4, 5]. Соплодия шелковицы различаются по размеру, цвету (белый, розовый, красный, фиолетовый, черный и их сочетания) и вкусовым качествам [6]. Уникальные вкусовые и лечебно-профилактические свойства плодов шелковицы обусловлены содержанием сахаров и органических кислот, витаминов (С, Е, А, группа В), макро- (кальций, натрий, магний, фосфор, калий) и микроэлементов (цинк, селен, марганец, медь, железо), фенольных соединений и других биологически активных веществ [7, 8]. Содержащиеся в соплодиях шелковицы вещества, в том числе обладающие антиоксидантными свойствами, положительно влияют на метаболизм и здоровье человека [9].

Плоды шелковицы применяются для получения лекарственных средств с антибактериальными и противовирусными свойствами в традиционной медицине Азии и Индии. В настоящее время лекарственные препараты на основе соплодий шелковицы нашли свое применение в управлении уровнем глюкозы у людей, страдающих диабетом, снижении высокого артериального давления при гипертонии, высокого уровня холестерина и лечении анемии [10-14].

Плоды шелковицы являются ценным сырьем для производства продуктов питания функционального назначения, используются как пищевые добавки в производстве мучных кондитерских изделий, а также в получении напитков [15, 16].

Уникальность соплодий шелковицы, обусловленная химическим составом и лечебно-профилактическими свойствами, подтверждает **актуальность** проводимых исследований, которая заключается в расширении сортимента плодовой шелковицы за счет генофонда Станции шелководства, что позволит значительно обогатить ассортимент плодовых культур, станет дополнительным источником ценных плодов.

Новизна проводимых исследований заключается в отборе перспективных плодовых сортов шелковицы из коллекционного генофонда Станции шелководства, сортовой материал которого до настоящего не оценивался по плодоношению и на предмет ценности соплодий.

Цель исследований – провести оценку перспективных плодовых сортов и форм шелковицы Станции шелководства по морфо-органолептическим параметрам соплодий и биологическим особенностям плодоношения.

Материалы и методы. Исследования проводились в 2020-2024 годах на коллекционных участках Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», Ставропольский край, п. Иноземцево.

Материалом для исследований являлись двудомные, женские сорта и формы шелковицы коллекционного генофонда Станции шелководства различного видового происхождения, с разным уровнем плоидности, перспективные по плодоношению. Сорта ПС-109, ПС-229, ПС-885, Грузия – диплоидные; сорт Надежда, формы 10-4-51, 10-4-62 – триплоидные; сорт Тамара – тетраплоидный. Исследуемые сорта и формы выведены на Станции шелководства (станционная селекция) и относятся к виду *Morus alba*, за исключением интродуцированного сорта – Грузия, который относится к виду *Morus Kagayamae*, стана происхождения Грузия.

Модельные сортаобразцы, по 3 растения каждый, представлены штамбовыми деревьями с трехкулачным типом формовки: штамп с тремя скелетными ветками длиной 30-40 см, у вершины которых при многолетней обрезке образуется наплыв («кулак») с ежегодно отрастающими одногодичными побегами. Схема посадки исследуемых сортаобразцов 3,0×1,5 м, агроход стандартный, деревья ежегодно эксплуатируются в весенне-летний сезон выращивания тутового шелкопряда (производится заготовка листа для выкармливания гусениц).

Сбор соплодий для определения морфо-органолептических параметров осуществляли не менее чем за неделю до эксплуатационной срезки одногодичных побегов шелковицы на выкармливание тутового шелкопряда, в период массового созревания (биологической зрелости) с середины июня до первой декады июля (данный период связан с тем, что у исследуемых сортаобразцов созревание плодов происходит в разные периоды – неодновременно). Характеристику исследуемых сортов и форм по морфологическим параметрам соплодий: окраска, форма, размер (длина и диаметр, в см), проводили по Федорову А. И. [17].

Вкусовые качества соплодий определяли органолептически.

Для оценки биологических особенностей плодоношения исследуемых сортаобразцов шелковицы коллекционного генофонда Станции шелководства определяли уровень плодоношения и урожай плодов с учетом одновременного двойного направления эксплуатации – кормовой и плодовой.

В связи с особенностями эксплуатации нами разработана методика учета плодоношения со шкалой оценки в баллах, которая заключается в следующем: на отобранных 3-х модельных деревьях на 3-х «кулаках» и 3-х одногодичных побегах на каждом кулаке (всего 9 побегов с одного дерева, соответственно с 3-х деревьев – 27 шт.) проводили подсчет количества соплодий на 14-й день после опыления и начала формирования плодов, что связано с высокой осыпаемостью соплодий в зрелом виде. Среднее количество соплодий на 1 побеге определяли путем деления подсчитанного общего количества соплодий на 27 – количество побегов, на которых производился подсчет. Уровень плодоношения оценивали по пятибалльной шкале:

0 баллов – плодоношение отсутствует;

1 балл – 10-20 шт. соплодий на одном побеге (очень слабое плодоношение);

2 балла – 21-40 шт. (слабое плодоношение);

3 балла – 41-60 шт. (среднее плодоношение);

4 балла – 61-80 шт. (высокое плодоношение);

5 баллов – от 81 шт. и более (очень высокое плодоношение).

Среднюю массу 1-го соплодия (в г) определяли по соотношению массы навески (500 г) к количеству ягод в навеске на лабораторных аналитических весах ВЛ-224.

Урожай плодов с 1-го дерева рассчитывали по формуле:

$$Y = \frac{K_c \times K_v \times M_c}{1000},$$

где Y – урожай плодов с 1-го дерева, кг;

K_c – среднее количество соплодий на побеге, шт.;

K_v – количество побегов на 1-м дереве, шт.;

M_c – средняя масса соплодия, г.

Обработка и анализ полученных результатов осуществлялись при помощи программы StatPlus 7.0 («AnalystSoft Inc.», США).

Результаты. В ходе работы с исследуемыми двудомными, женскими сортообразцами шелковицы коллекционного генофонда Станции шелководства: станционной селекции ПС-109, ПС-229, ПС-885, Надежда, Тамара, форма 10-4-51 (Ф. 10-4-51), форма 10-4-62 (Ф. 10-4-62), которые относятся к виду *Morus alba*, и интродуцированным сортом – Грузия (вид *Morus Kagayamae*), отмечен ряд отличительных особенностей морфо-органолептических параметров плодов (соплодий), наглядно представленных на рисунке 1.

Окраска соплодий у исследуемых разноплоидных сортов и форм имеет широкий диапазон от светлой до темной с различным оттенком, преобладают темно-окрашенные плоды. Диплоидные сорта характеризуются следующей окраской плодов: ПС-109 – черная; ПС-229 – фиолетово-черная; ПС-885 – светло-розовая с фиолетовым оттенком. У триплоидов: Надежда и Ф. 10-4-51 окраска соплодий черная, Ф. 10-4-62 – бордово-черная. Соплодия тетраплоидного сорта Тамара бордово-черные. У интродуцированного диплоидного сорта Грузия соплодия бордово-черные. Форма соплодий у исследуемого сортового материала также разнообразна: преобладает овальная (сорта ПС-885 и Грузия, формы 10-4-51 и 10-4-62), цилиндрическую имеют сорта Надежда, ПС-109 и ПС-229, округлая у сорта Тамара. Особенностью диплоидных сортов ПС-109, ПС-229 и Грузия является наличие на поверхности соплодий своеобразных выростов (волосков) – остатков пестиков, которые придают опушение (рисунок 1, таблица 1).

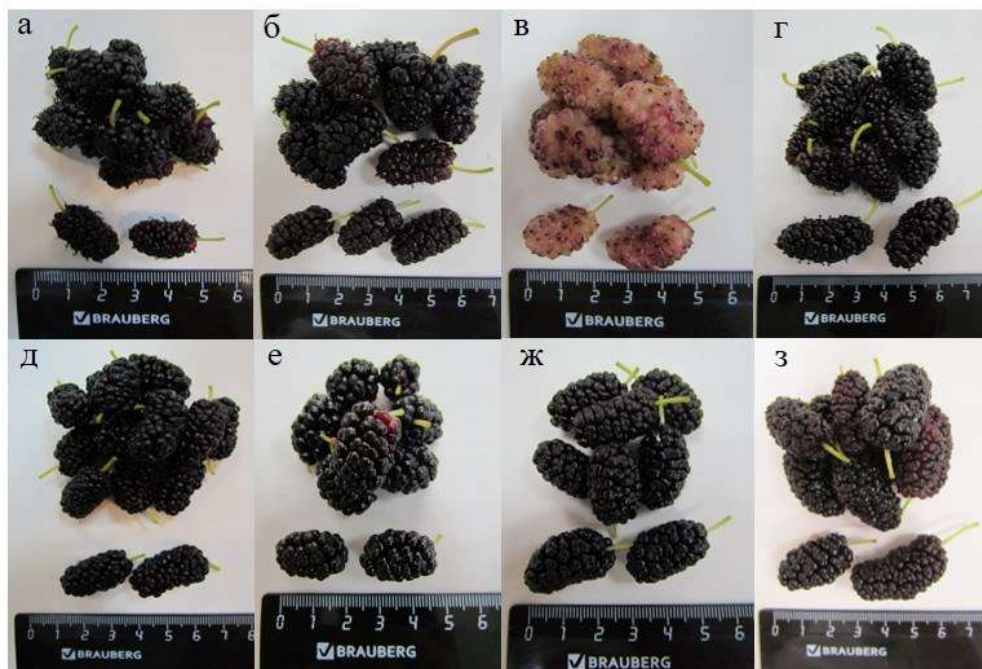


Рисунок 1 – Соплодия шелковицы: а – сорт ПС-109, б – сорт ПС-229, в – сорт ПС-885, г – сорт Грузия, д – сорт Надежда, е – сорт Тамара, ж – форма 10-4-51, з – форма 10-4-62

Figure 1 – Mulberry fruit: a – variety PS-109, b – variety PS-229, v – variety PS-885, g – variety Gruzija, d – variety Nadezhda, e – variety Tamara, g – form 10-4-51, z – form 10-4-62

Таблица 1 – Морфологические параметры соплодий исследуемых коллекционных сортов и форм шелковицы

Table 1 – Morphological parameters of fruit of the studied collection varieties and forms of mulberry

Сортообразец / Variety sample	Плоид- ность / Ploidy	Окраска / Coloration	Форма / Form	Размер соплодия, см / Fruit size, cm	
				Длина / length	Диаметр / diameter
Сортовой материал станционной селекции / Varietal material of station selection					
ПС-109 / PS-109	2n	черная / black	цилиндрическая / cylindrical	2,1±0,12	1,0±0,15
ПС-229 / PS-229	2n	фиолетово-черная / violet-black	цилиндрическая / cylindrical	2,4±0,11	1,4±0,06
ПС-885 / PS-885	2n	светло-розовая с фиолетовым оттенком / light pink with a purple tint	овальная / oval	2,3±0,16	1,5±0,18
Надежда / Nadezhda	3n	черная / black	Цилиндрическая / cylindrical	3,2±0,10	1,7±0,14
Ф. 10-4-51 / F. 10-4-51	3n	черная / black	овальная / oval	2,6±0,19	1,8 ±0,21
Ф. 10-4-62 / F. 10-4-62	3n	бордово-черная / burgundy black	овальная / oval	3,1±0,45	1,6±0,11
Тамара / Tamara	4n	бордово-черная / burgundy black	округлая / rounded	2,4±0,16	1,6±0,20
Интродуцированный сорт / Introduced variety					
Грузия / Gruziya	2n	бордово-черная / burgundy black	овальная / oval	3,5±0,15	1,6±0,15

Размер плодов у исследуемого сортового материала не зависит от плоидности (таблица 1): соплодия диплоидных сортов характеризуются длиной от 2,1 до 3,5 см, диаметром от 1,0 до 1,6 см; триплоидных – длиной 2,6...3,2 см, диаметром 1,6...1,8 см; единственный из исследуемых тетраплоидный сорт Тамара имеет следующие размеры плодов 2,4 × 1,6 см. По размеру диплоидные сорта ПС-109, ПС-229 и ПС-885 относительно мелкие: длина 2,1...2,4 см, диаметр 1,0...1,5 см. Крупными соплодиями выделяются триплоидные сортообразцы станционной селекции: Надежда (3,2 × 1,7 см) и Ф. 10-4-62 (3,1 × 1,6 см), а также интродуцированный диплоидный сорт Грузия (3,5 × 1,6 см). Сорт Грузия, относящийся к виду *Morus Kagayamae*, превосходит сортовой материал станционной селекции, который относится к виду *Morus alba*, по длине соплодий по сравнению с диплоидными сортами максимальное превышение 66,7%, по сравнению с триплоидами на 9,4...34,6%, по диаметру плодов зарубежный сорт уступает 2-м триплоидам сорту Надежда и форме 10-4-51 на 5,9 и 11,1% соответственно. При сопоставлении размеров соплодий полиплоидных (3n и 4n) и диплоидных (2n) сортообразцов станционной селекции установили, что превосходство полиплоидных составляет по длине 1,1...1,5, по диаметру в 1,6...1,8 раз.

Для всесторонней оценки исследуемых сортов и форм органолептически определяли вкусовые качества соплодий шелковицы.

По вкусу соплодия оцениваемых сортообразцов распределили на три категории:

- 1) сладкие, с легкой кислинкой: сорта Грузия, ПС-229, форма 10-4-62;
- 2) кисловато-сладкие: сорта Надежда, Тамара, форма 10-4-51;
- 3) сладкие, со слабой кислинкой: сорта ПС-109, ПС-885.

На консистенцию соплодий шелковицы оказывают влияние структурные особенности плода, связанные с уровнем плоидности, так, триплоидные сортообразцы (сорт Надежда, формы 10-4-51 и 10-4-62,) обладают наиболее нежной и сочной структурой, что связано с явлением партенокарпии (партенокарпические плоды бессемянные). Для тетраплоидов (сорт Тамара) характерны крупные семена и маленькое их количество (8-10 шт. в одном соплодии), что придает консистенции сочность. Из исследуемых диплоидных сортов, содержащих множество мелких семян (20-40 шт. в одном соплодии), наиболее сочной консистенцией обладает крупноплодный сорт Грузия, сорта ПС-229 и ПС-885 имеют тонкую кожицу соплодий, что придает соплодиям нежную консистенцию, сорт ПС-109 характеризуется очень тонкой кожицей и рыхлой структурой соплодий.

Биологические особенности плодоношения исследуемых сортообразцов шелковицы коллекционного генофонда Станции шелководства определяли с учетом одновременного двойного направления эксплуатации – кормовое и плодовое. Уровень плодоношения оценивали по разработанной нами методике по пятибалльной шкале. Характеристика исследуемых коллекционных сортов и форм шелковицы по плодоношению представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристика исследуемых коллекционных сортов и форм шелковицы по плодоношению
Table 2 – Characteristics of the studied collection varieties and forms of mulberry by fruiting

Сортообразец / Variety sample	Плоид- ность / Ploidy	Масса соплодия, г / Fruit weight, g	Кол-во соплодий на побеге, шт. / Number of inflorescences per shoot, pcs.	Уровень плодоноше- ния, балл / Fruiting level, score	Кол-во побегов на 1-м дереве, шт. / Number of shoots on the 1st tree, pcs.	Урожай плодов с 1-го дерева, кг / Fruit harvest from 1 tree, kg
Сортовой материал станционной селекции / Varietal material of station selection						
ПС-109 / PS-109	2n	2,0±0,09	52,9±2,50	3	13,7±0,89	1,450
ПС-229 / PS-229	2n	2,3±0,15	86,5±1,41	5	14,0±0,67	2,785
ПС-885 / PS-885	2n	2,5±0,14	91,4±1,23	5	12,3±0,71	2,810
Надежда / Nadezhda	3n	3,2±0,11	72,7±1,94	4	9,4±0,80	2,187
Ф. 10-4-51 / F. 10-4-51	3n	3,0±0,17	60,3±2,93	3	12,0±0,96	2,171
Ф. 10-4-62 / F. 10-4-62	3n	3,3±0,08	54,8±1,98	3	11,6±1,01	2,098
Тамара / Tamara	4n	3,5±0,15	63,6±2,69	4	10,8±1,12	2,404
Интродуцированный сорт / Introduced variety						
Грузия / Gruziya	2n	2,9±0,21	68,1±1,52	4	11,3±0,77	1,843

По средней массе одного соплодия: к крупноплодным можно отнести тетраплоидный сорт Тамара (масса соплодия – 3,5 г), из триплоидных сортообразцов форму 10-4-62 (3,3 г) и сорт Надежда (3,2 г); к среднеплодным триплоидную форму 10-4-51 (3,0 г) и диплоидный интродуцированный сорт Грузия (2,9 г); исследуемые диплоидные сорта ПС-109, ПС-229, ПС-885 являются мелкоплодными (масса соплодия от 2,0 до 2,5 г). Из оцениваемого сортового материала наиболее крупными соплодиями выделяется сорт станционной селекции Тамара, который превосходит по массе соплодия триплоидов: сорт Надежда и форму 10-4-51 на 9,4 и 16,7% соответственно, а также диплоидные сорта ПС-109, ПС-229, ПС-885 – в 1,4...1,8 раз. Из диплоидных сортов по массе соплодия выделяется интродуцированный сорт Грузия, который незначительно уступает наиболее крупноплодным полиплоидным сортообразцам: Ф. 10-4-62 (3n) на 12,1%, сорту Тамара (4n) на 17,1%.

По уровню плодоношения, согласно разработанной нами методике и в соответствии с оценкой по пятибалльной шкале, исследуемый нами сортовой материал распределен на три группы:

среднее плодоношение (3 балла) – диплоидный сорт ПС-109 и триплоидные формы 10-4-51 и 10-4-62;

высокое плодоношение (4 балла) – разнотипные сорта: Грузия (2n), Надежда (3n), Тамара (4n);

очень высокое плодоношение (5 баллов) – диплоидные сорта ПС-229 и ПС-885 станционной селекции.

Диплоидные сортообразцы вида *Morus alba*, характеризующиеся очень высоким уровнем плодоношения, имеют соответственно и наибольший урожай плодов с 1-го дерева: ПС-229 – 2,785 кг, ПС-885 – 2,810 кг, превосходят сорта с высоким уровнем плодо-

шения в среднем на 30,4% (в 1,3 раза), сортовой материал со средним уровнем плодоношения – на 46,8% (в 1,5 раза). На урожай плодов непосредственно влияют следующие показатели: масса и количество соплодий, количество ветвей и побегов на дереве. Количество побегов на дереве зависит от побегообразовательной способности, что имеет первостепенное значение при кормовом и плодово-кормовом направлении эксплуатации шелковицы, которые подразумевают ежегодную эксплуатационную срезку на корм тутовому шелкопряду. Достаточно высокой побегообразовательной способностью характеризуются весь сортимент Станции шелководства, из исследуемых в данной работе сортообразцов по данному показателю следует выделить ПС-109, ПС-229 и ПС-885 [3].

Обсуждение. Интерес к шелковице как плодовой культуре не угасает, что в первую очередь связано с наличием разнообразных биологически активных веществ, содержащихся в плодах шелковицы, которые представляют интерес не только для пищевой, но и для фармацевтической промышленности. Большинство исследований связаны с изучением морфологических и анатомических параметров соплодий шелковицы, а также биохимического состава, сведений об урожайности плодовой шелковицы недостаточно.

Так, в работе исследователей из Индии приведены подходы к промышленной эксплуатации шелковицы как плодовой культуры, представлены направления использования плодов шелковицы как пищевого и фармацевтического сырья, содержатся данные, характеризующие плоды элитных экзотических и местных сортов шелковицы, произрастающей в Индии: химический состав, цвет, вкус, размер плодов (длина 1,41...7,0 см; ширина 0,94...1,24 см), размеры плодоножки, вес соплодия (0,954...1,891 г), урожай плодов с дерева (от 0,36 до 11,021 кг) [18].

В другой работе индийских исследователей представлена оценка элитных генотипов шелковицы по параметрам плодов, биохимическому составу, урожайности с целью отбора и дальнейшего использования в селекционных программах. Из восьми оцениваемых саженцев шелковицы были выделены генотипы, выделяющиеся биохимическим составом плодов по содержанию отдельных минеральных веществ (цинка, калия, кальция, фосфора, магния), антоциана, витамина С, а также перспективный генотип ME-0006, характеризующийся следующими параметрами плодов: длина – 3,16 см, ширина – 2,01 см, вес – 3,02 г, урожай с растения – 166,55 г [19].

Проведенный в Турции полевой мониторинг местных некультивируемых (дикорастущих) форм шелковицы, с целью определения перспективных и распределения по направлениям использования: употребление в свежем виде, для переработки (производство сока, сиропа), для сушки, позволил выявить 35 генотипов, которые относятся к трем видам: *Morus alba*, *Morus nigra* и *Morus rubra*, и характеризуются следующими морфологическими параметрами плода: масса (2,22...9,05 г), ширина (1,28...2,10 см), длина (1,82...3,43 см) [20].

В исследованиях сербских ученых приведены результаты отбора генотипов шелковицы, подходящих для целей ландшафтного дизайна, декоративных целей и/или производства плодов. Оценка плодовых генотипов проведена по следующим параметрам: масса, размер (высота, ширина), индекс формы, длина и ширина плодоножки. Для употребления в свежем виде рекомендованы генотипы, имеющие массу плодов 4,2-6,1 г, сбалансированный сладко-кислый вкус и химический состав, характеризующийся высоким содержанием растворимых сухих веществ, общего сахара, аскорбиновой кислоты, фенолов [21].

В исследованиях российских ученых представлено морфо-анатомическое изучение соплодий, позволяющее определить диагностические признаки шелковицы как лекарственного растительного сырья: цилиндрическая форма, длина 1,5...3,0 см, ширина 0,7...1,2 см, вкус кисло-сладкий [4].

В работе других отечественных исследователей, посвященной интродукции шелковицы в Центральном регионе России, представлены следующие данные: средняя масса одного соплодия 0,80...2,21 г, урожай соплодий с одного дерева 3,2...10,7 кг [6].

Перечисленные зарубежные и отечественные исследования во многом подтверждают полученные нами результаты и данные. Следует отметить, что морфологические параметры соплодий шелковицы, а также урожай плодов зависят от особенностей генотипа, возраста, густоты посадки, формовки деревьев, агрохода за насаждениями. Свободно

растущие деревья, не подвергающиеся эксплуатационной обрезке для заготовки листа гусеницам тутового шелкопряда, могут давать урожай плодов в 2,5 раза больше, чем ежегодно эксплуатируемые [17], урожай соплодий с 1-го дерева шелковицы: 5,1...6,8 кг (среднее значение за три года) по наиболее урожайным сортам [6].

В проведенной нами работе урожай плодов (1,450...2,810 кг с 1-го дерева) определяли на ежегодно эксплуатируемых деревьях шелковицы, используемых как кормовая база тутового шелкопряда, что, по сути, представляет собой двойное направление эксплуатации: плодово-кормовое. Плодово-кормовое направление эксплуатации шелковицы позволяет сочетать двойное производство: пловодство (получение плодов шелковицы) и шелководство (получение кормового листа шелковицы для гусениц тутового шелкопряда), конечным продуктом которого является натуральный шелк – ценнейшее волокно для текстильной промышленности. Поэтому можно утверждать, что оцениваемые сортообразцы, имеющие достаточно высокие показатели плодоношения при плодово-кормовом направлении эксплуатации, имеют высокий потенциал и могут быть рекомендованы для плодово-кормового направления эксплуатации.

Закключение. Результаты оценки морфо-органолептических параметров соплодий и биологических особенностей плодоношения сортообразцов шелковицы Станции шелководства – ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»: ПС-109, ПС-229, ПС-885, Надежда, Тамара, Ф. 10-4-51, Ф. 10-4-62, Грузия, подтверждают пригодность исследуемого сортового материала для плодово-кормового направления эксплуатации, а именно достаточно высокие размерно-массовые параметры соплодий, вкусовые качества и уровень плодоношения при эксплуатации в плодово-кормовом направлении. В процессе выполнения работы разработана методика учета плодоношения с пятибалльной шкалой оценки, позволяющая определять уровень плодоношения шелковицы независимо от направления эксплуатации. Исследуемые сорта и формы вида *Morus alba*: ПС-109, ПС-229, ПС-885, Надежда, Тамара, Ф. 10-4-51, Ф. 10-4-62 и интродуцированный сорт Грузия, который относится к виду *Morus Kagayamae*, характеризуются следующими показателями плодоношения: масса соплодия от 2,0 до 3,5 г, урожай плодов с 1-го дерева от 1,450 до 2,810 кг.

Conclusions. The results of the assessment of the morpho-organoleptic parameters of inflorescences and biological features of fruiting of mulberry cultivar accessions of the Station of Sericulture – branch of FSBSI «The North Caucasus federal agricultural research centre»: PS-109, PS-229, PS-885, Nadezhda, Tamara, F. 10-4-51, F. 10-4-62, Gruziya, confirm the suitability of the studied varietal material for the fruit direction of exploitation, namely, sufficiently high size-weight parameters of inflorescences, taste and level of fruiting during operation in the fruit and fodder Direction. In the process of performing the work, a method for recording fruiting with a five-point assessment scale was developed, which allows you to determine the level of fruiting of mulberries regardless of the direction of operation. The studied varieties and forms of the species *Morus alba*: PS-109, PS-229, PS-885, Nadezhda, Tamara, F. 10-4-51, F. 10-4-62 and the introduced variety Gruziya, which belongs to the species *Morus Kagayamae*, are characterized by the following fruiting indicators: inflorescence weight from 2.0 to 3.5 g, fruit yield from the 1st tree from 1.450 to 2.810 kg.

Библиографический список

1. Ладыженская О. В., Фирсов Г. А., Анискина Т. С., Крючкова В. А. Полиморфизм отборной формы шелковицы в Северо-Западном регионе России. *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 6 (54).
2. Дадабоева Д. В., Нормуродова К. Т. Состав плодов шелковицы и их полезные свойства для здоровья человека. *Novainfo*. 2023. № 136 С. 4-6. <https://novainfo.ru/article/19694>.
3. Лейнвебер Е. Ф., Евлагина Е. Г., Евлагин В. Г., Костадинов М. Г., Храпач В. В. Оценка кормовых сортов шелковицы (*Morus L.*) для распределения по сезонам эксплуатации. *Кормопроизводство*. 2023. № 10. С. 39-43.
4. Вахрушева Ю. А., Селина И. И., Оганесян Э. Т. Сравнительная антиоксидантная активность ягод шелковицы черной (*Morus nigra L.*), шелковицы белой (*Morus alba L.*) и шелковицы красной (*Morus rubra L.*). *Фармация и фармакология*. 2015. № 3 (2(9)). С. 4-6.
5. Исламова Ф. И., Раджабов Г. К., Мусаев А. М. Антиоксидантная активность и биохимический состав у растений *Morus alba* и *Morus nigra*. *Сельскохозяйственная биология*. 2022. Т. 57. № 1. С. 122-130.
6. Стрелец В. Д., Виноградова О. А. Результаты интродукции шелковицы (*Morus*) в Центральном регионе России. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2012. № 5. С. 130-135.
7. Eyduvan S. P., Ercisli S., Akin M., Beyhan O., Gecer M. K., Eyduvan E., Erturk Y. E. Organic acids, sugars, vitamin C, antioxidant capacity, and phenolic compounds in fruits of white (*Morus alba L.*) and black (*Morus nigra L.*) mulberry genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2015. № 88. Pp. 134-138.
8. Chen T., Shuang F.-F., Fu Q.-Y., Ju Y.-X., Zong C.-M., Zhao W.-G., Zhang D.-Y., Yao X.-H., Cao F.-L. Evaluation of the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Mulberry (*Morus alba L.*) Fruits from Different Varieties in China. *Molecules*. 2022. № 27 (9).
9. He X., Fang J., Ruan Y., Wang X., Sun Y., Wu N., Zhao Z., Chang Y., Ning N., Guo H., Huang L. Structures, bioactivities and future prospective of polysaccharides from *Morus alba* (white mulberry): A review. *Food Chemistry*. 2018. № 245. Pp. 899-910.

10. Suriyaprom S., Kaewkod T., Promputtha I., Desvaux M., Tragoolpua Y. Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of white mulberry (*Morus alba* L.) fruit extracts. *Plants* (Basel). 2021. № 12.
11. Memete A. R., Timar A. V., Vuscan A. N., Miere F., Venter A. C., Vicas S. I. Phytochemical composition of different botanical parts of *Morus* species, health benefits and application in food industry. *Plants*. 2022. № 11.
12. Yu J. S., Lee D., Lee S. R., Lee J. W., Choi C. I., Jang T. S., Kang K. S., Kim K. H. Chemical characterization of cytotoxic indole acetic acid derivative from mulberry fruit (*Morus alba* L.) against human cervical cancer. *Bioorganic Chemistry*. 2018. V. 76. Pp. 28-36.
13. Mo R.-L., Zhang N., Zhou Ya., Dong Z.-X., Zhu Z.-X., Li Y., Zhang Ch., Jin Q., Yu C. Influence of eight rootstocks on fruit quality of *Morus multicaulis* cv. 'Zijing' and the comprehensive evaluation of fruit quality traits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022. Vol. 50 (1).
14. Phimarn W., Wichaiyo K., Silpsavikul K., Sungthong B., Saramunee K. A meta-analysis of efficacy of *Morus alba* Linn. to improve blood glucose and lipid profile. *European Journal of Nutrition*. 2017. № 56 (4). Pp. 1509-1521.
15. Оганесянц Л. А., Лорян Г. В. Перспективы использования плодов шелковицы при производстве спиртных напитков. *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2014. № 8. С. 43-45.
16. Полякова А. В. Сравнительная характеристика плодов белой и черной шелковицы как пищевых добавок в производстве мучных кондитерских изделий. *Функциональное питание и проблема специфических заболеваний (Особенности функционального питания детей дошкольного и школьного возраста): V Международная научно-практическая конференция. Владикавказ: Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)*, 2022. С. 45-50.
17. Федоров А. И. *Тутоводство*. М., 1947. 348 с.
18. Singhal B., Mohammad A. U. Khan, Dhar A., Farooq Mohammad Baqual, Bindroo B. B. Approaches to industrial exploitation of mulberry (*Mulberry* sp.) fruits. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*. 2010. V. 18 (1). Pp. 83-99.
19. Chethankumar D. S., Thrilekha D., Chikkalingaiah, Kalpana B., Manjunath Gowda. Assessment of elite mulberry genotypes for fruit traits and biochemical composition. *European Journal of Nutrition & Food Safety*. 2024. V. 16 (9). Pp. 31-40.
20. Turemis N., Pirlak L., Esitken A., Erdogan U., Tumer A., Imrak B., Burgut A. A field survey of promising mulberry (*Morus* spp.) genotypes from Turkey. *Erwerbs-Obstbau*. 2017. № 59. Pp. 101-107.
21. Ljubojevic, M., Savikin K., Zdunic G., Bijelic S., Mrdan S., Kozomara M., Pusic M., Narandzic T. Selection of mulberry genotypes from Northern Serbia for 'Ornafruit' purposes. *Horticulturae*. 2023. № 9 (1).

References

1. Ladyzhenskaya O. V., Aniskina T. S., Kryuchkova V. A. Polymorphism of the selected mulberry form in the Northwestern region of Russia. *AgroEcolInfo*. 2022. № 6 (54).
2. Dadaboeva D. V., Normurodova K. T. The composition of the fruits of the mulberry plant and its beneficial properties for human health. *NovalInfo*. 2023. № 136. Pp. 4-6. <https://novainfo.ru/article/19694>.
3. Leinweber E. F., Evlagina E. G., Evlagin V. G., Kostadinov M. G., Khrapach V. V. Evaluation of forage varieties of mulberry (*Morus* L.) for distribution by seasons of operation. *Fodder production*. 2023. № 10. Pp. 39-43.
4. Vakhrusheva Yu. A., Selina I. I., Oganessian E. T. Comparative antioxidant activity of black mulberry berries (*Morus nigra* L.), white mulberry (*Morus alba* L.) and red mulberry (*Morus rubra* L.). *Pharmacy and pharmacology*. 2015. № 3 (2(9)). Pp. 4-6.
5. Islamova F. I., Rajabov G. K., Musaev A. M. Antioxidant activity and biochemical composition in plants *Morus alba* and *Morus nigra*. *Agricultural biology*. 2022. V. 57. № 1. Pp. 122-130.
6. Strelets V. D., Vinogradova O. A. The results of the introduction of mulberry (*Morus*) in the Central region of Russia. *Proceedings of the Timiryazev Agricultural Academy*. 2012. № 5. Pp. 130-135.
7. Eyduan S. P., Ercisli S., Akin M., Beyhan O., Gecer M. K., Eyduan E., Erturk Y. E. Organic acids, sugars, vitamin C, antioxidant capacity, and phenolic compounds in fruits of white (*Morus alba* L.) and black (*Morus nigra* L.) mulberry genotypes. *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 2015. № 88. Pp. 134-138.
8. Chen T., Shuang F.-F., Fu Q.-Y., Ju Y.-X., Zong C.-M., Zhao W.-G., Zhang D.-Y., Yao X.-H., Cao F.-L. Evaluation of the Chemical Composition and Antioxidant Activity of Mulberry (*Morus alba* L.) Fruits from Different Varieties in China. *Molecules*. 2022. № 27(9).
9. He X., Fang J., Ruan Y., Wang X., Sun Y., Wu N., Zhao Z., Chang Y., Ning N., Guo H., Huang L. Structures, bioactivities and future prospective of polysaccharides from *Morus alba* (white mulberry): A review. *Food Chemistry*. 2018. № 245. Pp. 899-910.
10. Suriyaprom S., Kaewkod T., Promputtha I., Desvaux M., Tragoolpua Y. Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of white mulberry (*Morus alba* L.) fruit extracts. *Plants* (Basel). 2021. № 12.
11. Memete A. R., Timar A. V., Vuscan A. N., Miere F., Venter A. C., Vicas S. I. Phytochemical composition of different botanical parts of *Morus* species, health benefits and application in food industry. *Plants*. 2022. № 11.
12. Yu J. S., Lee D., Lee S. R., Lee J. W., Choi C. I., Jang T. S., Kang K. S., Kim K. H. Chemical characterization of cytotoxic indole acetic acid derivative from mulberry fruit (*Morus alba* L.) against human cervical cancer. *Bioorganic Chemistry*. 2018. V. 76. Pp. 28-36.
13. Mo R.-L., Zhang N., Zhou Ya., Dong Z.-X., Zhu Z.-X., Li Y., Zhang Ch., Jin Q., Yu C. Influence of eight rootstocks on fruit quality of *Morus multicaulis* cv. 'Zijing' and the comprehensive evaluation of fruit quality traits. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2022. V. 50 (1).
14. Phimarn W., Wichaiyo K., Silpsavikul K., Sungthong B., Saramunee K. A meta-analysis of efficacy of *Morus alba* Linn. to improve blood glucose and lipid profile. *European Journal of Nutrition*. 2017. № 56(4). Pp. 1509-1521.
15. Оганесянц Л. А., Лорян Г. В. Prospects for the use of mulberry fruits in the production of alcoholic beverages. *Storage and processing of agricultural raw materials*. 2014. № 8. Pp. 43-45.

16. Polyakova A. V. Comparative characteristics of white and black mulberry fruits as food additives in the production of flour confectionery products. Functional nutrition and the problem of specific diseases (Features of functional nutrition of preschool and school-age children): V International Scientific and Practical Conference. Collection of reports. Vladikavkaz: North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University), 2022. Pp. 45-50.
17. Fedorov A. I. Mulberry growing. M., 1947. 348 p.
18. Singhal B., Mohammad A. U. Khan, Dhar A., Farooq Mohammad Baqual, Bindroo B. B. Approaches to industrial exploitation of mulberry (Mulberry sp.) fruits. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. 2010. V. 18 (1). Pp. 83-99.
19. Chethankumar D. S., Thrilekha D., Chikkalingaiah, Kalpana B., Manjunath Gowda. Assessment of elite mulberry genotypes for fruit traits and biochemical composition. European Journal of Nutrition & Food Safety. 2024. V. 16 (9). Pp. 31-40.
20. Turemis N., Pirlak L., Esitken A., Erdogan U., Tumer A., Imrak B., Burgut A. A field survey of promising mulberry (*Morus* spp.) genotypes from Turkey. Erwerbs-Obstbau. 2017. № 59. Pp. 101-107.
21. Ljubojevic, M., Savikin K., Zdunic G., Bijelic S., Mrdan S., Kozomara M., Pusic M., Narandzic T. Selection of mulberry genotypes from Northern Serbia for 'Ornafruit' purposes. Horticulturae. 2023. № 9 (1).

Информация об авторах

Лейнвебер Евдокия Федотовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, 357432, Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево, ул. Пушкина, 13), ORCID: 0000-0002-5284-0840, e-mail: tutovod@mail.ru

Евлагина Елена Григорьевна, директор Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, 357432, Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево, ул. Пушкина, 13), ORCID: 0000-0003-1050-9970, e-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Евлагин Виктор Григорьевич, научный сотрудник Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, 357432, Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево, ул. Пушкина, 13), ORCID: 0000-0002-2404-4222, e-mail: evlagingv@mail.ru

Author's Information

Leinweber Evdokia Fedotovna, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the Research Station of Sericulture – the branch of the Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center» (Russian Federation, 357432, Stavropol region, Zheleznovodsk, Inozemtsevo (village), Pushkina str., 13), ORCID: 0000-0002-5284-0840, e-mail: tutovod@mail.ru

Evlagina Elena Grigorievna, director of the Research Station of Sericulture – the branch of the Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center» (Russian Federation, 357432, Stavropol region, Zheleznovodsk, Inozemtsevo (village), Pushkina str., 13), ORCID: 0000-0003-1050-9970, e-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Elagin Victor Grigorievich, researcher of the Research Station of Sericulture – the branch of the Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center» (Russian Federation, 357432, Stavropol region, Zheleznovodsk, Inozemtsevo (village), Pushkina str., 13), ORCID: 0000-0002-2404-4222, e-mail: evlagingv@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-13

CHICKPEA SOWING DATES TO OPTIMIZE YIELDS ON LIGHT CHESTNUT SOILS OF THE VOLGOGRAD REGION

¹**Malahova A. A.**, ²**Balashov A. V.**, ¹**Naboychenko K. V.**, ¹**Grabov R. S.**

¹*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

²*Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Soleno Zaymishche, Chernoyarsky district, Astrakhan region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: malachovaavilov@mail.ru

Received 26.11.2024

Submitted 09.01.2025

Summary

The article presents the results of a study of the timing of sowing varieties of Volgograd selection. Three sowing periods of the Privo 1 variety are considered.

Abstract

Introduction. The most important problem facing the Russian agro-industrial complex is the expansion of legume production. An important feature of chickpeas is its high adaptability to the arid growing conditions in the south of Russia. Chickpeas have stable resistance to pressure caused by increased summer temperatures, and even in these adverse conditions chickpeas can produce stable grain yields. This distinguishes it from many other legumes; therefore, the selection of new sowing dates is an urgent task for science and production. **Object.** The terms of sowing the chickpea variety Privo 1 in the arid conditions of the Volgograd region, on light chestnut soils, are considered. **Materials and methods.** The observations were carried out in the conditions of light chestnut soils of the Volgograd region in the fields of the Agrobiotechnology research ground, the Research Institute of Fundamental and Applied Agrobiotechnology, the Volgograd State

Agrarian University, the Center for Applied Genetics, breeding and seed production of cereals and legumes. The laying of the experience was carried out according to the methods of State agricultural testing. **Results and conclusions.** The main elements of the structure of the chickpea crop of the Privo 1 variety, which vary depending on the timing of sowing, are analyzed. The dates of onset and the rate of occurrence of all phases of development, which are interrelated with the light and hydrothermal regime, which were formed at different dates of sowing, have been studied. The performed studies have confirmed that the lower limit of optimal temperatures in order to obtain timely chickpea seedlings in the conditions of light chestnut soils of the Lower Volga region, it is necessary to warm the soil and air to 25-28 °C. The duration of the growing season was 1 period – 83 days, 2 period – 91 days, 3 period – 90 days. The largest grain yield in an average of three years was obtained at the first and second sowing periods of 1.22-1.34 t/ha, respectively. The lowest yield was observed at the third term of 1.00 t/ha.

Keywords: legumes, chickpeas, chickpea cultivation technologies, leguminous crops, chickpea sowing dates.

Citation. Malakhova A. A., Balashov A. V., Naboichenko K. V., Grabov R. S. Chickpea sowing dates to optimize yields on light chestnut soils of the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 129-136 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-13.

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

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

УДК 631.5

СРОКИ ПОСЕВА НУТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УРОЖАЙНОСТИ НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Малахова А. А., кандидат сельскохозяйственных наук

²Балашов А. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Набойченко К. В., кандидат сельскохозяйственных наук

¹Грабов Р. С., кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН

с. Соленое Займище, Черный район, Астраханская область, Российская Федерация

Актуальность. Важнейшей проблемой, стоящей перед российским агропромышленным комплексом, является расширение производства бобовых культур. Важной особенностью нута является его высокая приспособленность к засушливым условиям выращивания на юге России. Нут обладает стабильной устойчивостью к давлению, вызванному повышением летних температур, и даже в этих неблагоприятных условиях нут может давать стабильные урожаи зерна. Это отличает его от многих других бобовых культур поэтому подбор новых сроков посева является актуальной задачей для науки и производства. **Объект.** Рассмотрены сроки посева сорта нута Приво 1 в засушливых условиях Волгоградской области, на почвах светло-каштановых. **Материалы и методы.** Исследования проведены в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области на полях научно-исследовательского полигона «Агробιοтехнологий», НИИ фундаментальных и прикладных агробιοтехнологий, Волгоградского государственного аграрного университета, центром прикладной генетики, селекции и семеноводства зерновых и зернобобовых культур. Закладка опыта проведена согласно методикам Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Проанализированы основные элементы структуры урожая нута сорта Приво 1, которые изменяются в зависимости от сроков посева. Изучены даты наступления и темпы протекания всех фаз развития, которые взаимосвязаны со световым и гидротермическим режимом, которые складывались при различных датах посева. Выполненные исследования подтвердили, что нижней границей оптимальных температур для того, чтобы получить своевременные всходы нута в условиях светло-каштановых почв Нижнего Поволжья, необходимо прогревание почвы и воздуха до 25-28 °C. Продолжительность вегетационного периода по срокам составила 1 срок – 83 суток, 2 срок – 91 суток, 3 срок – 90 суток. Наибольший урожай зерна в среднем за три года был получен при первом и втором сроке посева 1,22-1,34 т/га соответственно. Наименьший урожай (1,00 т/га) наблюдался при третьем сроке.

Ключевые слова: бобовые культуры, нут, технологии возделывания нута, зернобобовые культуры, сроки посева нута.

Цитирование. Малахова А. А., Балашов А. В., Набойченко К. В., Грабов Р. С. Сроки посева нута для оптимизации урожайности на светло-каштановых почвах Волгоградской области. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 129-136. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-13.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В России бобы нута в питании человека по сравнению с другими странами менее востребованы, но широко применяются в животноводстве и пищевой промышленности. Для укрепления продовольственной и кормовой устойчивости России необходимо более широкое использование в посевных площадях высокобелковых бобовых культур. Нут известен как ценная культура бобовых, которая принадлежит к роду *Cicer L.* и объединяет 27 различных видов. Зерно содержит от 19 до 30% белка, 4-7% жира, 48-56% некислотных экстрактов, цинка, фолиевой кислоты, а переваривание нута достигает 89-97%. Данная культура принадлежит к одному из старейших растений, выращиваемых человеком, которое широко распространено в мире и занимает третье место среди бобовых культур, уступая только соевым бобам и бобовым. Устойчивой основой большинства агроэкосистем являются активные бобовые, обеспечивающие увеличение интенсивности поглощения азота из воздуха за счет образования ризобиального симбиоза и повышение урожайности растений [1].

Размещение зернобобовой культуры в правильно подобранном районе с почвенно-климатической зоной, прежде всего, успешно для увеличения производства и биологизации земледелия. Разработка и продвижение энергоресурсосберегающих агротехнологий значительно увеличивает продуктивность зернобобовых. Засушливый климат проблема для многих культур. Нут в наибольшей степени приспособлен к данным условиям, имеет устойчивость к заведению, так как в тканях содержится больше связанной воды, в листьях повышенное осмотическое давление [2].

Стебли и листья, на которых имеется железистое опушение и содержание органических кислот, служат защитой от засухи. Интенсивная транспирация является защитой от перегрева, потенциалом нута для борьбы с критическими погодными условиями.

Корневая система бобовой культуры и ее проникновение в глубокие слои почвы приводят к экономному потреблению влаги. При неблагоприятных погодных условиях растение приостанавливается в росте. Нут дает урожай в острозасушливое лето, когда влажность не более 20% [3].

Использование нутовой культуры для севооборота – залог хорошего урожая и улучшения плодородия почвы. Касательно экологии и земледелия это стоит на первом месте. Увеличение посевных площадей этой культуры способствует пониженному применению минерального азота. Пожнивные и корневые остатки, которые содержат азот и находятся в почве, быстро разлагаются, что приводит к возрастанию биоактивности почвы [4].

Ценность нута также обусловлена его способностью хорошо произрастать и давать высокие урожаи в районах с пониженной урожайностью других бобовых культур. В условиях засухи нут дает больше урожая, чем все другие бобовые культуры, потому что основные районы, где он выращивается, являются засушливыми. Засухоустойчивая культура нут с высокими технологическими качествами при уборке способна стабилизировать производство высокобелкового зерна и повысить стабильность всей агроэкосистемы [5].

Главное у этой зернобобовой культуры – повышенная стойкость к сухим условиям, что характерно для Нижнего Поволжья. Получить урожай этой культуры возможно при повышенных летних температурах и почвенной засухе [6].

Выбор срока посева нута, как и других культур, взаимосвязан со многими факторами: сорт, почвенно-климатические условия, состав почвы. Все это является необходимым для повышения и стабильности урожая.

Для светло каштановых почв Нижнего Поволжья влага – главный фактор для получения хорошего урожая. Поэтому сеять необходимо раньше, так как семена прорастают при 6-8 °С, всходы переносят короткие заморозки, к снижению урожая приводит запоздание с посевом.

Рациональные сроки посева – это ровные всходы, так как несоблюдение влечет низкую всхожесть, понижение урожайности и качества семенного материала. Тепло – главное для прорастания семян и неповреждения болезнями, имея высокие показатели для жизнестойкости всходов. Несвоевременный посев ведет к низкой всхожести, так как верхний слой почвы подсушен [7].

Важное условие для стабильного урожая – это обширное изучение вопроса сроков посева для конкретных почвенно-климатических зон. При установлении оптимальных сроков посева, научно обоснованной является взаимосвязь между биологическими характеристиками сорта и благоприятными условиями для развития растений.

Материалы и методы. Экспериментальные исследования проводились Центром прикладной генетики, селекции и семеноводства зерновых и зернобобовых культур в 2020-2022 гг. на полях научно-исследовательского полигона «Агробiotехнологий», НИИ фундаментальных и прикладных агробiotехнологий, Волгоградского государственного аграрного университета.

Объектом исследований был сорт нута Волгоградской селекции: Приво 1 – средне-спелый, засухоустойчивый, устойчив к полеганию, осыпанию, масса 1000 семян – 227-268 г, содержание белка – до 26%. Сорт включен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на территории Российской Федерации по 8-му региону.

Схема исследований:

- I срок – посев проводился в третий декаде апреля;
- II срок – посев проводился в первой декаде мая;
- III срок – посев проводился во второй декаде мая.

Агротехника – общепринятая для возделывания культуры в южной зоне Волгоградской области. Предшественник – чёрный пар. Учётная площадь делянки – 56 кв. м, повторность – 4-х кратная. Способ посева широкорядный с междурядьями 0,7 м. Норма высева 150 тыс. шт./га. Наблюдения и анализы проводились по методике Государственного сортоиспытания (2019)³.

Результаты и обсуждение. Агроклиматические ресурсы в условиях изменяющегося климата не всегда благоприятны для получения высоких и стабильных урожаев зернобобовых культур. В южной части Волгоградской области – зоне нестабильной влажности, в самый критический период развития культивируемой культуры обеспечение влажности почвы очень важно для формирования урожая [8].

Культура хорошо переносит заморозки до – 8 С⁰. Созревание ее происходит при среднесуточных температурах 1800-2000 С⁰. Семена прорастают при 2-5С⁰. Требуется много тепла в период вегетации, особенно цветения – плодообразования, где температурный режим должен быть не менее 20-25С⁰.

Засуха, сухие ветры и жаркое лето – все это нут превосходно переносит. Необходимым свойством указанной культуры является то, что благодаря совершенству своей биологической структуры она может длительное время сохранять влагу. Плоды, листья и стебли покрыты тонкими волосками, которые помогают задержать испарение влаги, а щавелевая и яблочная кислоты, которые выделяются в больших количествах, защищают растения от многих вредителей [9].

Нут – фотофильная культура. Недостаточное освещение ведет к замедлению созревания бобов, листья частично изреживаются, стебель теряет яркость, понижается урожайность [10].

Осадки – самый неустойчивый элемент климата. В месячных суммах осадков различия достаточно большие, особенно летом. Основная часть осадков приходится на теплый период, в основном это короткие активные дожди.

Присутствие континентального воздуха в летний период приводит к суховеям. Периоды бездождья могут быть длительными.

Зимой запас влаги играет важную роль. Осадки и снежный покров – процесс неустойчивый. Отрицательным является промерзание почвы, оттепели в зимнее время не желательны, особенно при резком похолодании.

Метеорологические условия во время изучения расходились, что значительно выразилось в цикле вегетации в росте и развитии зернобобовой культуры. Наиболее положительным оказался 2020 год. По климатическим особенностям апрель существенно отличался от аналогичного периода прошлых лет повышенной температурой воздуха по среднему значению за месяц (+11,26 °С), это выше средне многолетней (на +3,06 °С). Осадков выпало чуть больше среднемноголетнего – 25,2 мм, где норма составляет 25,0 мм. Самый

³ Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. 2019

ранний срок посева был осуществлен 26 апреля. В июне сформировались весьма засушливые метеоусловия. Среднемноголетние показатели температуры воздуха превышали на 4,6 °С, а количество осадков снижалось на 18,7 мм (таблица 1).

Таблица 1 – Количество осадков за период исследования

Table 1 – Precipitation during the study period

Год / Year	Месяцы / Months			
	IV	V	VI	VII
2020	25,2	42,2	21,5	13,0
2021	10,23	8,78	8,70	6,78
2022	9,11	26,83	32,50	3,00
Ср. мн. / Average	25	30	40	42

На основании оценки погодных условий в отличающиеся годы можно сделать вывод, что метеоусловия повлияли на длительность вегетационного периода зернобобовой культуры. Это дало возможность более полно и объективно провести агротехническое исследование влияния сроков посева для совершенствования технологии возделывания этой культуры.

Длительность периода "посев-всходы" представляется наиболее важным этапом для роста и формирования растений. Главная задача – получить равномерные всходы. Дружные всходы – залог хорошего урожая. Длительные всходы приводят к замедленному развитию растений, засоренности посевов и снижению продуктивности [11].

На всхожесть семян влияет изменение температурного режима между дневными и ночными периодами. При ранних сроках сева перепады температур приводили к затягиванию прорастания, но отмечалась хорошая влагообеспеченность в сравнении с более поздними сроками.

Изменение температуры воздуха меньше влияет на прорастание, чем температура посевного слоя. Скорость прорастания формируется комплексом факторов, главными являются погодные условия, а также глубина заделки семян, обработка и биологические свойства почвы.

Наличие влаги при посеве необходимо для прорастания семян, так как происходит 100% поглощение воды к весу семян.

В итоге проведенных исследований установлено, что сроки посева имели большое влияние на рост и развитие растений, а также урожайность. Одним из необходимых приемов при посеве нута в различные сроки считается оптимальная глубина заделки семян, которая взаимосвязана с составом и температурой почвы. Посеянные во влажную почву семена – залог дружных всходов.

В ходе полевых экспериментов определено, что взаимосвязь погодных условий и сроков посева оказывает влияние на межфазные периоды. Семена, посеянные рано, попадают в почву с достаточным количеством влаги, которая необходима для того, чтобы семена проросли, но тепла недостаточно для быстрого появления всходов. В среднем самый продолжительный период «посев – всходы» наблюдался в первом сроке, а самый короткий – в третьем.

Продолжительность периода от посева до всходов при ранних сроках посева составила в среднем 15 суток, на поздних 14...16 суток. Семенам, высеянным позже, часто не хватало влаги для набухания и прорастания, поэтому появление всходов зависело от времени выпадения осадков (таблица 2).

Таблица 2 – Продолжительность периода «посев – всходы», суток

Table 2 – The duration of the "sowing – germination" period, days

Срок посева / Sowing date	Годы / Years			
	2020	2021	2022	Среднее / Average
1	14	17	15	15
2	14	18	16	16
3	12	16	14	14

Период «всходы-цветение» очень важен для формирования потенциальной продуктивности. В наших исследованиях продолжительность этого периода изменялась как по срокам сева, так и по годам. Максимальная продолжительность – 42 суток, наблюдалась при первом сроке посева (таблица 3).

Таблица 3 – Продолжительность периода «всходы цветение», суток
Table 3 – The duration of the period "shoots flowering", days

Срок посева / Sowing date	Годы / Years			Среднее / Average
	2020	2021	2022	
1	39	44	42	42
2	36	41	38	38
3	36	40	37	38

Продолжительность периода «цветение-созревание» сокращалось при ранних сроках посева и увеличивалось при позднем. Снижение светового дня на поздних сроках отрицательно влияло на растения, что приводило к позднему созреванию.

Таблица 4 – Продолжительность периода цветение созревание, суток
Table 4 – Duration of the flowering maturation period, days

Срок посева / Sowing date	Годы / Years			Среднее / Average
	2020	2021	2022	
1	30	34	32	32
2	40	44	42	42
3	41	42	40	41

Продолжительность вегетационного периода важна при выращивании нута на каштановых почвах. Чем раньше сорт созревает, тем лучше он использует свои запасы влаги «осень-зима-весна» и тем меньше подвержен влиянию различных типов засух, которые многократно встречаются в данной области. В зависимости от биологических особенностей сорта, требования к условиям окружающей среды различны при росте и развитии растений [12].

У нута более длительный вегетационный период наблюдался на первом сроке, на втором и третьем он снижался, что связано с климатическими условиями. Самым коротким был в 2020 году, а в 2021 и 2022 увеличивался (таблица 5).

Таблица 5 – Продолжительность вегетационного периода, суток
Table 5 – The duration of the growing season, days

Срок посева / Sowing date	Годы / Years			Среднее / Average
	2020	2021	2022	
1	83	85	82	83
2	90	92	91	91
3	89	91	90	90

В полевом опыте продолжительность периода в годы исследований составила 83-91 суток, соответственно уменьшаясь от первого к третьему сроку посева.

Ранние сроки посева благоприятны для зернобобовой культуры, так как они переносят весенние заморозки. Поздние сроки приводят к снижению урожайности.

Сроки посева влияют на продолжительность вегетационного и межфазовых периодов, структуру урожая. Самая высокая всхожесть и густота стояния растений, наблюдались на втором сроке посева.

Проведенные исследования показали, что при разных сроках посева количество бобов и семян на одном растении могут быть различными, что объясняется продолжительными дождями в период цветения и завязывания бобов.

Снижение всхожести и замедленное развитие растений в полевых условиях обусловлено увеличением использования продуктивной влаги, необходимой для прорастания семян. На ранних сроках наблюдаются хорошие условия для получения высокого урожая, так как достаточно влаги. На третьем сроке наблюдается устойчивость растений к сорнякам. Темпы, сроки и способы посева влияют на основные элементы продуктивности нута [13].

Урожайность является главным критерием оценки при проведении исследований [14].

В результате выполненных испытаний было определено, что основное воздействие на урожайность нута сорта Приво 1, оказали сроки сева.

В среднем при всех исследуемых сроках посева самая высокая урожайность была получена при посеве в 1 декаду мая, при посеве в апреле урожайность незначительно понижалась из-за погодных условий. Запоздывание с посевом приводило к снижению урожайности.

В среднем за три года при изучаемых сроках сева различие по урожайности составило 0,12-0,34 т/га. Наиболее благоприятным оказался срок первая декада мая – 1,34 т/га. Самая низкая урожайность была получена при посеве во вторую декаду мая – 1,00 т/га (таблица 6).

Таблица 6 – Урожайность нута в зависимости от сроков посева

Table 6 – Chickpea yield depending on the time of sowing

Сроки посева / Sowing dates	Урожайность / Yield			
	2020	2021	2022	Среднее / Average
1	1,25	1,17	1,23	1,22
2	1,37	1,29	1,35	1,34
3	1,05	0,93	1,02	1,00

НСР 05 – 0,03

По годам изучения более высокие результаты по урожайности были получены в 2020 году, урожайность составила от 1,05 до 1,37 т/га, а снижение в 2021 году от 0,93 до 1,29 т/га, что зависело от атмосферных осадков и среднесуточной температуры за весь вегетационный период нута сорта Приво 1. В годы исследований средняя урожайность по срокам посева составила: 1 срок – 1,22 т/га; 2 й срок – 1,34 т/га, третий срок – 1,00 т/га.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что в условиях светло-каштановых почв Волгоградской области посев нута желательно осуществлять в первой декаде мая.

Заключение. В условиях южной зоны Волгоградской области срок посева нута оказывает большое влияние на продолжительность вегетационного периода. В результате проведенных трехлетних исследований нами установлено, что вегетационный период нута по срокам посева в среднем самым коротким был при 1 сроке – 83 суток. На втором и третьем увеличился на 7-8 суток соответственно. Урожайность нута напрямую зависит от времени сева. На основании проведенных исследований можно сделать выводы, что получение стабильно высокого урожая зерна нута в Волгоградской области возможно при посеве в первой декаде мая. В условиях светло-каштановых почв, в среднем по годам при раннем посеве (третья декада апреля) урожайность нута немного ниже, чем при посеве во второй декаде мая – превышение урожайности составило 0,22 т/га. На основании проведенных исследований для сельскохозяйственного производства Волгоградской области на светло-каштановых почвах рекомендуется высевать нут в первой декаде мая.

Conclusions. In the conditions of the southern zone of the Volgograd region, the sowing period of chickpeas had a great influence on the duration of the growing season. As a result of three years of research, we found that the growing season of chickpeas in terms of sowing dates was on average the shortest at 1 period – 83 days. On the second and third days, it increased by 7-8 days, respectively. The yield of chickpeas directly depends on the time of sowing. Based on the conducted research, the following conclusions can be drawn that obtaining a consistently high yield of chickpea grain in the Volgograd region is possible when sowing in the first decade of May. In conditions of light chestnut soils, on average for years at early sowing (the third decade of April), the yield of chickpeas is slightly lower than when sown in the second decade of May – the excess yield was 0.22 t /ha. Based on the research conducted for agricultural production in the Volgograd region on light chestnut soils, it is recommended to sow chickpeas in the first decade of May.

Библиографический список

1. Зотиков В. И., Полухин А. А., Грядунова Н. В., Сидоренко В. С., Хмызова Н. Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 4 (36). С. 5-17.
2. Панкина И. А., Борисова Л. М., Белокурова Е. С. Исследование физических и технологических свойств семян зернобобовых культур. Зерновое хозяйство России. 2015. № 2. С. 34-37.
3. Бондаренко А. Н. Эффективность влияния адаптированных технологий возделывания на урожайность зернобобовых культур в Астраханской области. Аграрная Россия. 2019. № 11. С. 24-27.
4. 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.

5. Зотиков В. И., Вилунов С. Д. Современная селекция зернобобовых и крупяных культур в России. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2021. Т. 25. № 4. С. 381-387.
6. Бородин В. В., Семенов А. С. К вопросу повышения эффективности использования водных ресурсов при возделывании нута в условиях естественного увлажнения. Научная жизнь. 2018. № 2. С. 36-38.
7. Васильченко С. А., Метлина Г. В., Ашиев А. Р. Влияние сроков посева и норм высева на полевую всхожесть и сохранность к уборке растений зимующего гороха в южной зоне Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2023. № 2. С. 114-120.
8. 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). С. 22-30.
9. Насиев Б. Н. Совершенствование системы возделывания зернобобовых культур в Западном Казахстане. Кормопроизводство. 2017. № 11. С. 21-22.
10. Jimenez-Lopez J. C., Singh K. B., Clemente A., Nelson M. N., Ochatt S., Smith P. M. Legumes for global food security. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. Article number: 926.
11. Gururaj Sunkad, Deepa H., Shruthi T. H., Dinesh Singh. Chickpea wilt: status, diagnostics and management. *Indian Phytopathology*. 2019. Pp. 1-9.
12. Зотиков В. И. Отечественная селекция зернобобовых и крупяных культур. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35).
13. Сычев В. Г., Тютюма Н. В., Бондаренко А. Н. Усовершенствованные агротехнологические приемы возделывания нута. Плодородие. 2023. № 2 (131). С. 34-37.
14. Полухин А. А., Панарина В. И. Основные проблемы селекции и семеноводства сельскохозяйственных культур и пути их решения. Зернобобовые и крупяные культуры. 2020. № 3 (35). С. 5-11.

References

1. Zotikov V. I., Polukhin A. A., Grydunova N. V., Sidorenko V. S., Khmyzova N. G. Development of production of legumes and cereals in Russia based on the use of breeding achievements. *Legumes and cereals*. 2020. No 4 (36). Pp. 5-17.
2. Pankina I. A., Borisova L. M., Belokurova E. S. Investigation of the physical and technological properties of leguminous seeds. *Grain farming in Russia*. 2015. No 2. Pp. 34-37.
3. Bondarenko A. N. The effectiveness of the influence of adapted cultivation technologies on the yield of leguminous crops in the Astrakhan region. *Agrarian Russia*. 2019. No 11. Pp. 24-27.
4. Zotikov V. I., Sidorenko V. S., Grydunova N. V. Development of leguminous crops production in the Russian Federation. *Legumes and cereals*. 2018. No 2 (26). Pp. 4-9.
5. Zotikov V. I., Vilyunov S. D. Modern breeding of legumes and cereals in Russia. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021. V. 25. No 4. Pp. 381-387.
6. Borodychev V. V., Semenenko A. S. On the issue of increasing the efficiency of water resources use in chickpea cultivation under conditions of natural moisture. *Scientific life*. 2018. No 2. Pp. 36-38.
7. Vasilchenko S. A., Metlina G. V., Ashiev A. R. The influence of sowing dates and seeding rates on field germination and preservation of winter pea plants in the southern zone of the Rostov region. *Grain farming in Russia*. 2023. No 2. Pp. 114-120.
8. Balashov A. V., Naboichenko K. V., Malakhova A. A., Balashov V. A. Biostatistical analysis of economic indicators of chickpea varieties of Volgograd breeding. *Izvestia NV AUK*. 2023. No 2 (70). Pp. 22-30.
9. Nasiev B. N. Improvement of the system of cultivation of leguminous crops in Western Kazakhstan. *Fodder production*. 2017. No 11. Pp. 21-22.
10. Jimenez-Lopez J. C., Singh K. B., Clemente A., Nelson M. N., Ochatt S., Smith P. M. Legumes for global food security. *Frontiers in Plant Science*. 2020. V. 11. Article number: 926.
11. Gururaj Sunkad, Deepa H., Shruthi T. H., Dinesh Singh. Chickpea wilt: status, diagnostics and management. *Indian Phytopathology*. 2019. Pp. 1-9.
12. Zotikov V. I. Domestic selection of legumes and cereals. *Legumes and cereals*. 2020. № 3 (35).
13. Sychev V. G., Tyutyuma N. V., Bondarenko A. N. Improved agrotechnological methods of chickpea cultivation. *Fertility*. 2023. No 2 (131). Pp. 34-37.
14. Polukhin A. A., Panarina V. I. The main problems of breeding and seed production of agricultural crops and ways to solve them. *Legumes and cereals*. 2020. No 3 (35). Pp. 5-11.

Информация об авторах

Малахова Алла Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: malachovaavilov@mail.ru

Балашов Андрей Васильевич, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, старший научный сотрудник, Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черныйярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8), e-mail: balashov34@yandex.ru

Набойченко Константин Викторович, кандидат сельскохозяйственных наук, руководитель, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: naboychenko2014@yandex.ru

Грабов Роман Сергеевич, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: rgrabov@yandex.ru

Author's Information

Malakhova Alla Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: malachovaavilov@mail.ru

Balashov Andrey Vasilyevich, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, Astrakhan region, Chernoyarsk district, Solenoe Zaymishche, Severny quarter, 8), e-mail: balashov34@yandex.ru

Naboichenko Konstantin Viktorovich, Candidate of Agricultural Sciences, Head, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: naboy4enko2014@yandex.ru

Grabov Roman Sergeevich, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Prospekt, 26), e-mail: rgrabov@yandex.ru

**THE EFFECT OF PRE-SOWING SEED TREATMENT WITH TRACE ELEMENTS
IN ULTRAFINE FORM ON THE GRAIN QUALITY OF *TRITICUM DURUM* DESF L.**¹Novikova A. A., ¹Podlasova E. Yu., ²Glushchenko N. N.¹Federal research center of biological systems and agrotechnologies of the Russian academy of sciences
Orenburg, Russian Federation²N. N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics Russian academy of sciences
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: tony-novikova@yandex.ru

Received 01.11.2024

Submitted 21.02.2025

The work was carried out as part of a planned research work on the topic No. FNWZ-2022-0015 "To create new highly productive varieties of grain spikelets and cereals, potatoes with a complex of economically valuable characteristics, increased resistance to biotic and abiotic stress factors, based on comprehensive research of bioresources, improve the genetic fund, improve the seed production system, develop new methods of cultivation technologies these cultures; to develop effective methods for assessing the genetic potential using DNA technologies for the selective improvement of grain crops and the creation of varieties with specified economically valuable properties"

Summary

The paper presents the results of studying the effect of pre-sowing treatment of spring durum wheat seeds on the main indicators of grain quality. Parameters such as the mass of a thousand grains, vitreousness, biochemical composition, the amount of crude gluten and the index of gluten deformation in the grain, the number of drops, the content of crude gluten gluten index in flour were studied. Field studies have shown that trace elements in an ultrafine form have a positive effect on the quality of the final product.

Abstract

Introduction. The best raw material for the production of pasta is spring durum wheat (*Triticum durum* Desf L). However, the territory of its cultivation is severely limited, and changes in climatic conditions and natural fluctuations in the environment make increasing both the quantity and quality of the crop a priority task when growing wheat. The use of modern chemical and biological preparations is of great importance in improving this feature. Recently, interest has grown in the use of ultrafine forms of trace elements as a pre-sowing seed treatment. In a sharply continental climate, a field experiment was conducted to determine the effect of manganese (Mn), copper (Cu), zinc (Zn), iron (Fe), cobalt (Co) and boron (B) in ultrafine form on the grain quality of spring durum wheat. **Object.** The object of research is the seeds of spring durum wheat of the Bezenchukskaya golden variety. **Materials and methods.** The work was performed in 2023 at the experimental site of the Federal Scientific Center for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences in the Central Zone of the Orenburg region (Nizhinka settlement). The bookmark of experiments and related observations were carried out according to GOST methods. **Results and conclusion.** The positive effect of pre-sowing seed treatment with trace elements in an ultra-dispersed form on the grain quality of spring durum wheat has been established, in particular, UDP Co increased the mass of a thousand grains by 13.4%, vitreous by 9%, protein content by 12.42%, fiber by 0.73%, potassium and calcium by 23% and 12.7%, respectively. The phosphorus content was maximum in the variant with UDP B and UDP Zn, the excess over the control was 0.02%. The gluten content in the grain was highest in the variants with manganese and boron UDP treatment – 36%, the number of drops – in the variants with UDP Co – 276 C. The content of crude gluten in flour and the gluten index had the maximum value in the variant with UDP of 54.6% and 79%, respectively.

Keywords: *spring durum wheat, pre-sowing seed treatment, ultrafine particles, grain quality, gluten index.*

Citation. Novikova A. A., Podlasova E. Yu., Glushchenko N. N. The effect of pre-sowing seed treatment with trace elements in ultrafine form on grain quality *Triticum durum* Desf L.. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 137-145 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-14.

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

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

УДК 633.112.1:631.53.027.2

**ВЛИЯНИЕ ПРЕПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН МИКРОЭЛЕМЕНТАМИ
В УЛЬТРАДИСПЕРСНОЙ ФОРМЕ НА КАЧЕСТВО ЗЕРНА *TRITICUM DURUM* DESF L.**¹Новикова А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник¹Подласова Е. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник²Глущенко Н. Н., доктор биологических наук, профессор¹ФГБНУ «Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук»
г. Оренбург, Российская Федерация²ФГБУН «ФИЦ химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук»
г. Москва, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках плановой научно-исследовательской работы по теме № FNWZ-2022-0015 «Создать новые высокопродуктивные сорта зерновых колосковых и крупяных культур, картофеля с комплексом хозяйственно-ценных признаков, повышенной устойчивостью к биотическим и абиотическим стресс факторам, на базе комплексных исследований биоресурсов, улучшить генетический фонд, усовершенствовать систему семеноводства, разработать новые приемы технологий возделывания этих культур; разработать эффективные методы оценки генетического потенциала с использованием ДНК-технологий для селекционного улучшения зерновых культур и создания сортов с заданными хозяйственно-ценными свойствами».

Актуальность. Лучшим сырьем для производства макаронных изделий является яровая твердая пшеница (*Triticum durum* Desf L). Однако территория её возделывания сильно ограничена, а изменения климатических условий и естественные колебания окружающей среды приоритетной задачей при выращивании пшеницы ставят повышение как количества, так и качества урожая. В улучшении этого признака большое значение имеет применение современных химических и биологических препаратов. В последнее время вырос интерес к применению ультрадисперсных форм микроэлементов в качестве предпосевной обработки семян. В условиях резкоконтинентального климата был проведен полевой эксперимент с целью определения влияния марганца (Mn), меди (Cu), цинка (Zn), железа (Fe), кобальта (Co) и бора (B) в ультрадисперсной форме на качество зерна яровой твердой пшеницы. **Объект.** Объектом исследований являются семена яровой твердой пшеницы сорт Безенчукская золотистая. **Материалы и методы.** Работа выполнена в 2023 году на опытном участке Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук в Центральной зоне Оренбургской области (п. Нежинка). Закладка опытов и сопутствующие наблюдения проведены согласно гостированным методикам. **Результаты и выводы.** Установлено положительное влияние предпосевной обработки семян микроэлементами в ультрадисперсной форме на качество зерна яровой твердой пшеницы, в частности УДЧ Co увеличили массу тысячи зерен на 13,4%, стекловидность на 9%, содержание белка на 12,42%, клетчатки на 0,73%, калия и кальция на 23% и 12,7% соответственно. Содержание фосфора было максимальным в варианте с УДЧ B и УДЧ Zn, превышение над контролем составило 0,02%. Содержание клейковины в зерне было наибольшим в вариантах с обработкой УДЧ марганца и бора – 36%, число падения – на вариантах с УДЧ Co – 276 с. Содержание сырой клейковины в муке и глютен индекс имели максимальное значение в варианте с УДЧ Co 54,6% и 79% соответственно.

Ключевые слова: яровая твердая пшеница, предпосевная обработка семян, ультрадисперсные частицы, качество зерна, глютен-индекс.

Цитирование. Новикова А. А., Подласова Е. Ю., Глущенко Н. Н. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами в ультрадисперсной форме на качество зерна *Triticum durum* Desf L. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 137-145. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-14.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время на долю яровой твёрдой пшеницы приходится около 8% от общего объема производства зерна, и основные площади её выращивания сосредоточены в подходящих районах, таких как Средиземноморский бассейн, обширные равнины Америки, Россия и Казахстан [1, 2].

Яровая твёрдая пшеница отличается от других сортов высокими требованиями к условиям произрастания и обладает следующими характеристиками зерна: тонкая оболочка, крупность и выровненность зерна, янтарная прозрачность, высокая стекловидность, эластичная клейковина, высокое содержание белка. Благодаря этим характеристикам она является незаменимым сырьем для производства макаронных и крупяных продуктов питания [3, 4].

Для сельхозтоваропроизводителей, при возделывании этой культуры в зонах рискованного земледелия, решающее значение имеют два показателя – урожайность зерна и содержание белка. Однако их отрицательная корреляция препятствует их одновременному повышению. Современные методы агротехнологий призваны в равной степени поддерживать эти показатели на достойном уровне. И в последние годы все чаще прибегают к использованию ультрадисперсных систем различных элементов в сельском хозяйстве, так как они обладают особыми физико-химическими характеристиками, такими, как меньший размер и большая площадь поверхности [5]. Использование УДЧ постоянно растет в области растениеводства, и это приводит к выявлению полезных воздействий на растения. В частности, было обнаружено, что УДЧ меди и железа увеличивают длину колоса яровой пшеницы [6].

Также сообщалось положительное действие УДЧ меди, титана и цинка на прорастание, рост и физиологическую активность, эффективность использования воды и удобрений, биомассу, рост корней, увеличение содержания хлорофилла, массу 1000 семян, урожайность [7, 8]. Было отмечено увеличение использования питательных веществ, усиление фотосинтетической активности и улучшение качества зерна яровой пшеницы при использовании предпосевной обработки семян УДЧ меди [9].

Важно отметить, что большинство исследований с применением УДЧ связано с повышением устойчивости к биотическим и абиотическим стрессам, увеличением урожайности и фотосинтетической активности, но мало исследований направлено на изучение качества зерна яровой пшеницы и совсем не изучено их воздействие на твердые сорта [10-12].

Целью нашей работы являлось определение влияния предпосевной обработки семян микроэлементами марганца (Mn), меди (Cu), цинка (Zn), железа (Fe), кобальта (Co) и бора (B) в ультрадисперсной форме на качество зерна яровой твердой пшеницы.

Материалы и методы. Объект исследований – зерно яровой твердой пшеницы урожая 2023 г., сорт Безенчукская золотая. Для посева использовались семена категории оригинальные. Полевой опыт был заложен на опытном участке Федерального научного центра биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (ФНЦ БСТ РАН) в Центральной зоне Оренбургской области (п. Нежинка, Оренбургский район). Участок под посев и выращивание яровой пшеницы готовился согласно общепринятой в регионе технологии возделывания, предшественник – пар. Почва опытного поля чернозем южный остаточнолуговатый, карбонатный, малогумусный, слабосмытый, тяжелосуглинистый. Содержание органического вещества в пахотном слое почвы 4,2%, нитратного азота – 4,9 мг/кг, средневзвешенное содержание фосфора – 22 мг/кг и калия – 380 мг/кг, pH почвы 7,7.

В 2023 году в степи Оренбургского Предуралья в период вегетации яровой твердой пшеницы складывались засушливые условия. Сумма положительных температур воздуха выше 10 °C за май-август составила 2424,8 °C (при климатической норме равной 2395,3 °C), сумма осадков – 122,4 мм (77,5% от многолетней нормы), гидротермический коэффициент – 0,50 ед. Анализ динамики изменений среднесуточной температуры воздуха показал резкие перепады температурного режима воздуха в мае, июне, июле и августе. В мае и июне наблюдались перепады температуры воздуха от низких показателей до показателей, превышающих многолетние климатические нормы. Температурные максимумы приходились на июль и август месяца. Отмечалось крайне неравномерное выпадение атмосферных осадков. В мае она была ниже нормы на 67,6%, в июне – выше нормы на 14,5%, в июле – ниже нормы на 26,1% и в августе – ниже нормы на 16,1%. При этом в первую и третью декады мая, в первую и вторую декады августа атмосферных осадков не наблюдалось. Обильное выпадение атмосферных осадков было отмечено в третью декаду июня, во вторую декаду июля и третью декаду августа. Частое выпадение дождей в конце августа задерживало проведение уборочных работ, которые сместились на сентябрь месяца.

Перед посевом семян обрабатывали суспензией микроэлементов в дистиллированной воде, в качестве прилипателя использовали полимерную композицию, состоящую из нартикарбоксиметилцеллюлозы, полиэтиленгликоля 400 и раствора динатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты в концентрации 0,00037%. Концентрация микроэлементов в рабочей смеси составила: железа – $10^{-5}\%$, меди – $10^{-8}\%$, марганца – $10^{-6}\%$, цинка – $10^{-3}\%$, бора – $10^{-9}\%$ и кобальта – $10^{-9}\%$. Характеристика ультрадисперсных форм металлов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика ультрадисперсных форм элементов, использованных для предпосевной обработки семян

Table 1 – Characteristics of ultrafine forms of elements used for pre-sowing seed treatment

Наименование ультрадисперсных материалов / Name of ultrafine materials	Диаметр частиц, нм / Particle diameter, nm	Вязкость / Viscosity	Дзета-потенциал, мВ / Zeta potential, mV
Бор / Boron	85,2 (100%)	0,881	41,7
Железо / Iron	1542 (100%)	0,890	12,8
Кобальт / Cobalt	1330 (100%)	0,887	18,9
Марганец / Manganese	2225 (100%)	0,894	18,6
Медь / Copper	616 (32,6%); 103,7 (67,4%)	0,894	28,1
Цинк / Zinc	570 (100%)	0,892	31,7

Определяли следующие показатели массу 1000 семян (согласно ГОСТ 12042-80), стекловидность (ГОСТ 10987-76), массовую долю азота и сырого протеина (ГОСТ 10846-91), массовую долю сырой клетчатки (ГОСТ 31675-2012), массовую долю жира (ГОСТ 13496.15-2016), массовую долю сырой золы (ГОСТ 26226-95), массовую долю фосфора (ГОСТ 26657-97), массовую долю калия и кальция (ГОСТ 32343-2013), количество сырой клейковины и индекс деформации клейковины в зерне (ИДК) (ГОСТ Р 54478-2011), число падения (ГОСТ 27676-88), содержание сырой клейковины глютен индекса в муке (ISO 21415-2-2019). В исследованиях использовано оборудование Центра коллективного пользования биологических систем и агротехнологий (<https://цкп-бст.рф/>).

Статистическую обработку полученных данных трехкратной повторности осуществляли в программах Microsoft Excel 2010 и Statistica 20 (StatSoft, Inc. США). Определяли средние значения изучаемых показателей и стандартные ошибки среднего. Достоверность различий между вариантами оценивали методами параметрической (t-критерий Стьюдента) статистики. Различия между вариантами считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение. Первоначальным признаком, указывающим на урожайность и качество зерна яровой твердой пшеницы, является масса тысячи зерен и стекловидность (рисунок 1). Результаты текущего исследования продемонстрировали увеличение массы тысячи зерен на вариантах с обработкой ультрадисперсными частицами относительно контрольной группы на 5,5-12,4% в зависимости от элемента. Лучшие значения отмечены при обработке кобальтом и бором.

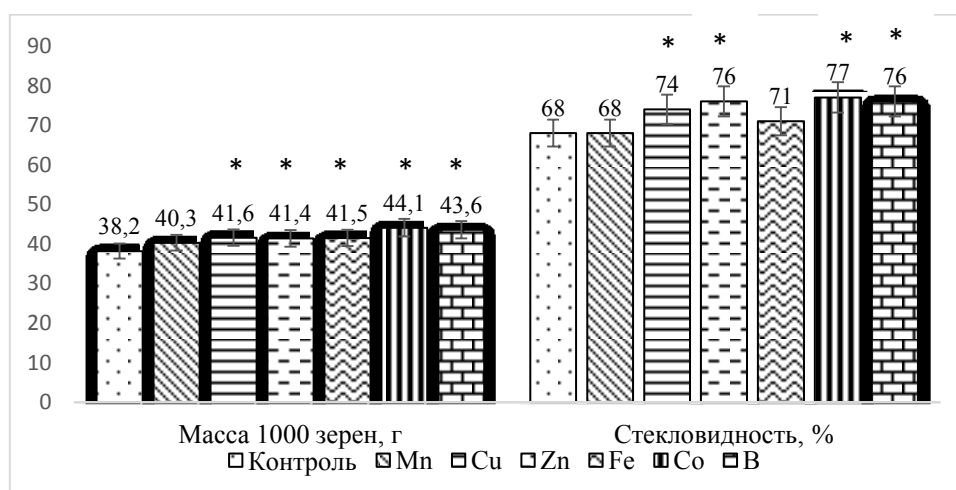


Рисунок 1 – Влияние предпосевной обработки семян УДЧ на массу тысячи зерен и стекловидность зерна яровой твердой пшеницы (* Различия между вариантами считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$)

Figure 1 – Effect of pre-seeding HFR seed treatment on the mass of thousands of grains and glazing grain size of solid wheat (* Differences between variants were considered statistically significant when $p \leq 0,05$.)

Применение предпосевной обработки семян металлами в ультрадисперсной форме способствовало незначительному увеличению стекловидности зерна в вариантах с цинком и бором на 8%, кобальтом на 9% относительно контроля.

Данные, представленные в таблице 2 показывают, что содержание минеральных веществ зависит от применения предпосевной обработки семян УДЧ.

Таблица 2 – Влияние предпосевной обработки семян яровой твердой пшеницы сорта Безенчукская золотистая на биохимический состав зерна

Table 2 – Effect of pre-seeding treatment of sowing seeds by the sowing of solid wheat of Bezenchuk golden on the biochemical composition of grain

Показатели / Indicators	Варианты обработки семян / Seed treatment options						
	без обработки / without processing	Mn	Cu	Zn	Fe	Co	B
Массовая доля азо- та, % / Mass fraction of nitrogen	2,05±0,05	2,13±0,03	2,26±0,08	2,19±0,05	2,13±0,08	2,17±0,09	2,15±0,07
Массовая доля бел- ка, % / Mass fraction of protein	11,69±0,21	12,17±0,61	12,89±0,52	12,49±0,63	12,15±0,73	12,42±0,70	12,26±0,62
Массовая доля сы- рой клетчатки, % / Mass fraction of crude fiber	0,7±0,01	1,3±0,01	0,7±0,02	0,7±0,01	1,3±0,02	1,3±0,02	0,8±0,01
Массовая доля жи- ра, % / Mass fraction of fat	1,25±0,8	2,1±0,4	1,5±0,1	1,05±0,1	1,4±0,4	2,9±0,6	1,8±0,3
Массовая доля сы- рой золы, % / Mass fraction of crude ash	2,4±0,2	2,02±0,4	2,12±0,5	2,08±0,3	2,06±0,4	1,88±0,4	1,92±0,3
Массовая доля фосфора, % / Mass fraction of phosphorus	0,06±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	0,08±0,01	0,06±0,01	0,05±0,01	0,08±0,01
Массовая доля ка- лия, мг/кг / Mass fraction of potassium, mg/kg	3235,0±32,1	3390,0±34,8	3635,0±56,1	3735,0±58,2	4065,0±63,7	4200,0±57,4	3425,0±37,2
Массовая доля кальция, мг/кг / Mass fraction of calcium, mg / kg	441,72±15,1	450,75±11,8	447,32±10,1	445,11±18,3	442,73±14,8	505,88±18,3	468,58±20,7

Примечание: Данные представлены в виде среднего $M \pm SEM$. * Различия между вариантами считали статисти-чески значимыми при $p \leq 0,05$.

Note: Data are presented as average $M \pm SEM$. * Differences between variants were considered statistically signif-icant when $p \leq 0,05$.

Наибольшая массовая доля азота в зерне яровой твердой пшеницы была на вари-антах с медью и цинком. Ее значение превысило контроль на 0,21% и 0,14% соответствен-но. Массовая доля белка в вариантах с применением предпосевной обработки семян УДЧ Cu, Zn и Co увеличилась на 1,2%, 0,8% и 0,73% в сравнении с контролем.

Массовая доля сырой клетчатки имела равные значения на вариантах с марганцем, железом и кобальтом и превзошла контроль на 0,6%. Содержание жира было значительно выше на варианте с кобальтом (на 1,65% относительно контроля) и марганцем (на 0,85% относительно контроля). Применение предпосевной обработки УДЧ цинка и бора увеличе-ние содержания фосфора в зерне до 0,08%.

Самое высокое содержание калия и кальция было зафиксировано в варианте с ко-бальтом что превысили контроль на 23 и 12,7% соответственно.

Содержание сырой золы в зерне было максимальным в контрольном варианте и составило 2,4%, минимальное значение было зафиксировано в варианте с применением кобальта 1,88%. Следует отметить, что обработка семян перед посевом железом не влияла или вовсе негативно сказывалась на биохимический состав зерна.

Для изучения влияния предпосевной обработки семян УДЧ на качественные показатели были исследованы количество и качество клейковины в зерне (рисунок 2) и муке (рисунок 3).

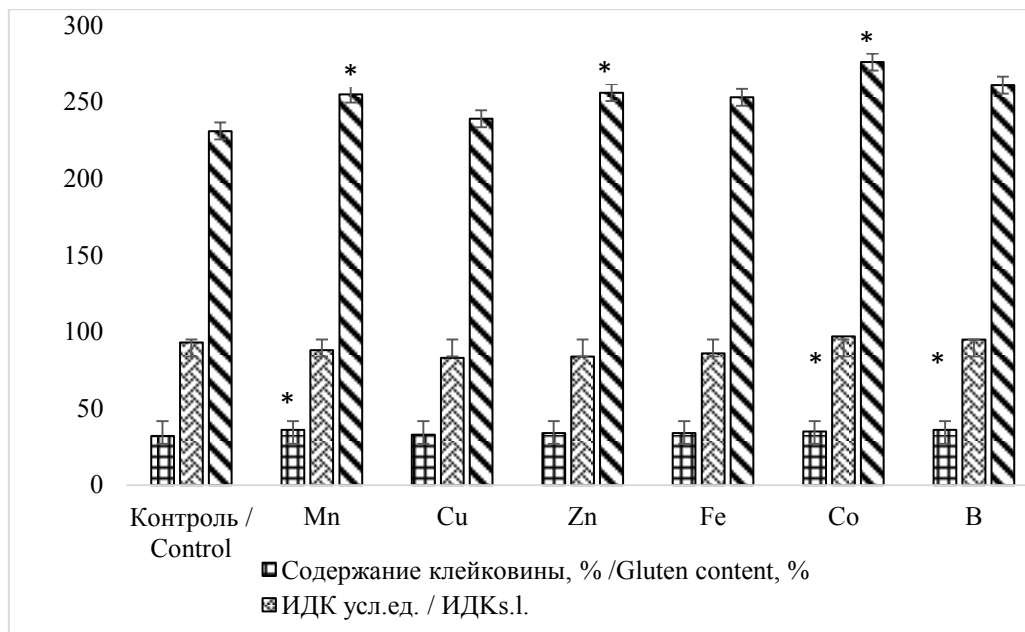


Рисунок 2 – Реологические свойства зерна яровой твердой пшеницы урожая 2023 г.
(* Различия между вариантами считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$)
Figure 2 – Rheological properties of the grain of solid wheat crop 2023 (* Differences between variants were considered statistically significant when $p \leq 0,05$)

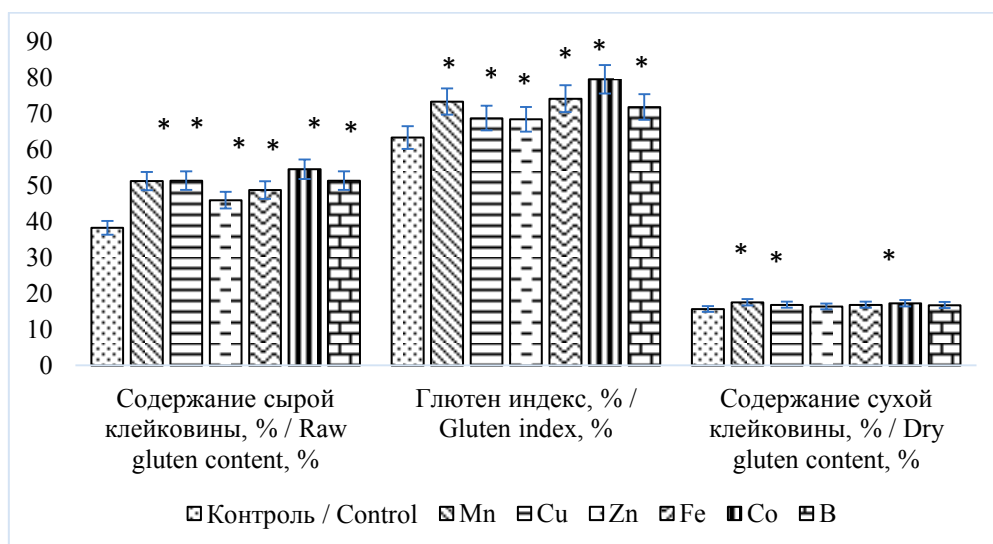


Рисунок 3 – Содержание сырой, сухой клейковины, глютен индекс в муке яровой твердой пшеницы
(* Различия между вариантами считали статистически значимыми при $p \leq 0,05$)
Figure 3 – Content of raw, dry gluten, gluten index in flour of tenderloe wheat
(* Differences between variants were considered statistically significant when $p \leq 0,05$)

Содержание клейковины в зерне варьировало в пределах от 32 до 36%, самое высокое содержание клейковины было отмечено в вариантах с применением УДЧ марганца и бора 36%, самое низкое в контрольном варианте, по показателям ИДК все проанализированные варианты относились ко II группе качества и были в пределах от 83 до 97 усл. ед.

Значительное увеличение числа падения было отмечено в вариантах с применением УДЧ кобальта и бора данный показатель был равен 276 и 261 с., соответственно.

Содержание сырой и сухой клейковины, глютен индекса существенно варьировало в зависимости от вариантов предпосевной обработки семян ультрадисперсными частицами.

Наибольшее содержание сырой клейковины в муке, значения которых превысили контроль на 13,1%, 13% и 16,3%, отмечалось на вариантах с медью, цинком и кобальтом, соответственно. Значение глютен индекса было максимальным в вариантах с УДЧ марганца, железа, кобальта и бора. Их показатели превысили контроль на 10%, 10,8%, 16,2% и 8,5% соответственно.

Содержание сухой клейковины в пшеничной муке имело максимальные значения в вариантах с обработкой семян УДЧ марганца и кобальта. Они превзошли контроль на 1,9% и 1,6% соответственно.

Зерно яровой твердой пшеницы в производстве используется для производства макаронных изделий и улучшения мукомольных партий в смеси с мягкой пшеницей. Качество зерна твердой пшеницы зависит от генотипа, окружающей среды и агротехники. Поэтому крайне важно при возделывании твердых сортов пшеницы подобрать такие технологии выращивания, которые обеспечат производство высококлассного зерна.

В ранее проведенных исследованиях было отмечено положительное влияние железа, цинка и меди в наноразмерной форме на показатели качества зерна озимой пшеницы [13]. В нашей работе предпосевная обработка семян металлами микроэлементов показала свою эффективность при выращивании яровой твердой пшеницы. Было отмечено увеличение массы тысячи зерен в вариантах с применением УДЧ Со и В на 13,4% и 12,4%, относительно контроля. Стекловидность зерен твердых сортов пшеницы является показателем качества манной крупы, в настоящем исследовании произошло увеличение стекловидности при использовании предпосевной обработки семян УДЧ Zn и В на 8%, и Со на 9%.

Содержание белка в зерне для производства макаронных и крупяных изделий должно находиться в пределах от 11 до 16%. Содержание белка менее 11% приведет к получению макарон низкого качества, в то время как содержание белка более 16% – к уменьшению объема макаронных изделий. Полученные нами результаты по использованию УДЧ металлов показали, что содержание белка находилось в пределах от 11,69 до 12,89, хотя прибавка относительно контроля была незначительной от 0,8 до 1,2%. Содержание клетчатки в зерне пшеницы было максимальным в вариантах УДЧ Mn, Fe и Со и составила по 1,3%. Содержание сырого жира было наибольшим в варианте с УДЧ кобальта (2,9%) и марганца (2,1%). Обработка цинком не повлияла на этот показатель. Содержание золы в зерне яровой твердой пшеницы снижалось во всех вариантах с применением предпосевной обработки семян УДЧ. Наименьшие показатели были зафиксированы в образцах, обработанных ультрадисперсными частицами кобальта и бора. Снижение относительно вариантов без обработки составило 0,52 и 0,48% соответственно.

При рассмотрении влияния предпосевной обработки семян металлами в ультрадисперсной форме было обнаружено высокое содержание фосфора в вариантах с УДЧ цинка и бора. Оно составило по 0,08%. Отмечалось высокое, относительно контрольных вариантов, содержание калия и кальция в образцах с УДЧ кобальта – 4200,0 и 505,88 мг/кг, соответственно. Эти результаты свидетельствуют о том, что предпосевная обработка семян УДЧ металлов может влиять на концентрацию минеральных элементов в зерне яровой твердой пшеницы.

В текущем исследовании изучался вопрос влияния ультрадисперсных форм металлов на содержание сырой клейковины не только в зерне, но и в муке, так как доля белка и глютена в последней отвечает за реологические и технологические свойства теста. Было проведено много исследований, доказывающих, что выход сырой клейковины в муке выше, чем в зерне. Это связано в первую очередь с тем, что минимальное содержание солей в тесте обычно улучшают его свойства за счёт стимулирования агрегации глютенина и глиа-

дина, это улучшает разделение крахмала и клейковины, в частности выход клейковины [14, 15]. Наши результаты показывают, что значения содержания клейковины в зерне варьировались в пределах от 32 до 36%, а в муке – от 38,3 до 54,6%. Обработка семян в значительной степени увеличивала этот показатель. Глютен индекс был максимальным в вариантах с применением предпосевной обработки семян УДЧ Mn, Fe и Co и составил 73,4%, 74,2% и 79,6% соответственно. Содержание сухой клейковины было максимальным в варианте УДЧ Co и составил 17,3%.

Важным показателем оценки качества зерна является число падения. Он же определяет класс зерна. Для производства макаронных изделий из твердых сортов пшеницы число падения должно быть не ниже 220 с. [16]. Число падения у наших образцов находилось в пределах от 231 с до 276 с, максимальное значение было в варианте с применением предпосевной обработки семян УДЧ Co.

Заключение. Полученные данные показывают, что биохимический состав зерна и его качество изменялось в зависимости от вариантов предпосевной обработки семян, но эффективность зависела от использованного микроэлемента. Установлено положительное влияние предпосевной обработки семян микроэлементами в ультрадисперсной форме на качество зерна яровой твердой пшеницы, в частности УДЧ Co увеличили массу тысячи зерен на 13,4%, стекловидность на 9%, содержание белка на 12,42%, клетчатки на 0,73%, калия и кальция на 23% и 12,7% соответственно. Содержание фосфора было максимальным в варианте с УДЧ B и УДЧ Zn, превышение над контролем составило 0,02%. Содержание клейковины в зерне было наибольшим в вариантах с обработкой УДЧ марганца и бора – 36%, число падения – на вариантах с УДЧ Co – 276 с. Содержание сырой клейковины в муке и глютен индекс имели максимальное значение в варианте с УДЧ Co 54,6% и 79% соответственно.

Выделенные варианты могут быть рекомендованы для дальнейшей производственных испытаний при создании агроприемов выращивания яровой твердой пшеницы в зонах с недостаточным увлажнением.

Conclusions. The data obtained show that the biochemical composition of the grain and its quality varied depending on the options for pre-sowing seed treatment, but the effectiveness depended on the microelement used. The positive effect of pre-sowing seed treatment with trace elements in an ultrafine form on the grain quality of spring durum wheat was established, in particular, the UDP Co increased the mass of a thousand grains by 13.4%, vitreous by 9%, protein content by 12.42%, fiber by 0.73%, potassium and calcium by 23% and 12.7% respectively. The phosphorus content was maximum in the variant with UDP B and UDP Zn, the excess over the control was 0.02%. The gluten content in the grain was highest in the variants with manganese and boron UDP treatment – 36%, the number of drops – in the variants with UDP Co – 276 C. The content of crude gluten in flour and the gluten index had the maximum value in the variant with UDP of 54.6% and 79%, respectively.

The selected options can be recommended for further production tests in the development of technologies for cultivating spring crops in conditions of climate aridization.

Содержание/References

1. Tidiane Sall A., Chiari T., Legesse W., Seid-Ahmed K., Ortiz R., van Ginkel M., Bassi F.M. Durum Wheat (*Triticum durum* Desf.): Origin, Cultivation and Potential Expansion in Sub-Saharan Africa. *Agronomy* 2019. V. 9. P. 263.
2. Zampieri M., Toreti A., Ceglar A. et al. Climate resilience of the top ten wheat producers in the Mediterranean and the Middle East. *Reg Environ Change*. 2020. V. 20. P. 41.
3. Pompa C., D'amore T., Miedico O., Preite C., Chiaravalle A. E. Evaluation and Dietary Exposure Assessment of Selected Toxic Trace Elements in Durum Wheat (*Triticum durum*) Imported into the Italian Market: Six Years of Official Controls. *Foods*. 2021. V. 10. P. 775.
4. Reynolds M. P., Braun H. J. Wheat improvement: food security in a changing climate. Springer Nature. 2022. Pp. 47-66.
5. de Souza Meira R. C., da Paz S. P. A., Corrêa J. A. M. XRD-Rietveld analysis as a tool for monitoring struvite analog precipitation from wastewater: P, Mg, N and K recovery for fertilizer production. *J. Mater. Res. Technol.* 2020. V. 9. Pp. 15202-15213.
6. Yasmeen F., Raja N. I., Razaq A., Komatsu S. Proteomic and physiological analyses of wheat seeds exposed to copper and iron nanoparticles. *Biochim. Biophys. Acta (BBA) Proteins Proteom.* 2017. V. 1865. Pp. 28-42.
7. Silva S., Dias M. C., Silva A. M. Titanium and zinc based nanomaterials in agriculture: A promising approach to deal with (a) biotic stresses? *Toxics*. 2022. V. 10. P. 172.
8. Dong V. N., Huong M. N., Huong T. L., Kien H. N., Hoa T. N., Huong M. L., Anh T. N., Ngan T. T. D., Son A. N., Chien V. H. Copper nanoparticle application enhances plant growth and grain yield in maize under drought stress conditions. *J. Plant Growth Regul.* 2022. V. 41. Pp. 364-375.

9. do Espirito Santo Pereira A., Caixeta Oliveira H., Fernandes Fraceto L., Santaella C. Nanotechnology potential in seed priming for sustainable agriculture. *Nanomaterials*. 2021. V. 11. P. 267.
10. Duressa L. A., Ayana N. G. Effects of variety and fertilizer rate on yield of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Varieties in East Wollega Zone, Western Ethiopia. *J. Agric. Biol. Sci.* 2020. V. 6. Pp. 60–71.
11. Raza M. A. S., Aslam M. U., Valipour M., Iqbal R., Iqbal R., Mustafa Abd El-Zaher M. A., Elshikh M. S., Ali I., Roy R., Elshamly A. M. S. The role of nanoparticles in plant biochemical, physiological, and molecular responses under drought stress: A review. *Front. Plant Sci.* 2022. V. 13. P. 976179.
12. Rizwan M., Khalil A., Khalid Bhatti M., Muhammad S., Naseem R. Effect of sowing techniques and tillage practices on paddy yield of direct seeded rice in salt affected soils. *Asian J. Agric. Biol.* 2022. V. 1 P. 202101043.
13. Yurina T. A., Drobin G. V., Bogoslovskaya O. A., Olkhovskaya N., Glushchenko N. On the effectiveness of pre-sowing treatment of winter wheat seeds with metal nanoparticles. 2021. V. 56 (1) Pp. 135-145.
14. Abdel-Aal E. M. Insights into Grain Milling and Fractionation Practices for Improved Food Sustainability with Emphasis on Wheat and Peas. *Foods (Basel, Switzerland)*. 2024. V. 13 (10). P. 1532.
15. Ozer Ç., Unal S. S. Glutematik 4+2 sistemi ile gluten indeks parametresine yeni bir bakiş. *Gıda*. 2020. V. 45 (6). Pp. 1237-1247.
16. Rap M., Lean V., Lacoudre F. et al. Simultaneous improvement of grain yield and protein content in durum wheat by different phenotypic indices and genomic selection. *Theor Appl Genet.* 2018. V. 131. Pp. 1315-1329.

Информация об авторах

Новикова Антонина Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), e-mail: tony-novikova@yandex.ru

Подласова Екатерина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук (Российская Федерация, 460051, г. Оренбург, пр. Гагарина, 27/1), e-mail: katerina.pryakhina@mail.ru

Глущенко Наталья Николаевна, доктор биологических наук, профессор, г.н.с., ФГБУН ФИЦ химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук (Российская Федерация, 119991, г. Москва, ул. Косыгина, 4), e-mail: nnglu@mail.ru

Author's Information

Novikova Antonina Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Head of the Laboratory, Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarina Ave., 27/1), e-mail: tony-novikova@yandex.ru

Podlasova Ekaterina Yurievna, Candidate of Agricultural Sciences, Researcher of the Laboratory, Federal Research Center of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 460051, Orenburg, Gagarina Ave., 27/1), e-mail: katerina.pryakhina@mail.ru

Glushchenko Nataliya Nikolaevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Senior scientist, N. N. Semenov Federal Research Center For Chemical Physics Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 119334, Moscow, Kosigin street, 4), e-mail: nnglu@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-15

EVALUATION OF PROMISING TRITICALE LINES OF VARIOUS ASSIGNMENTS**Romanov B. V., Paramonov A. V., Chernogor L. A., Pasko S. V.**

*Federal Rostov Agricultural Research Center
Rassvet, Rostov region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: triticumrbw@mail.ru

Received 03.09.2024

Submitted 21.02.2025

The studies were carried out as part of the R&D FNFZ-2019-0002 "To form and study basic collections of soy, chickpeas and wheat genetic resources for isolation and creation selection and perspective forms "(state registration number AAAA – A19-119081690036-2)

Summary

The article presents the results of a comparative analysis of promising lines of feed and grain triticale with standard and modern analyzes with zoned varieties. It has been shown that the studied lines significantly exceeded modern and high-quality varieties in terms of productivity and grain quality.

Abstract

Introduction. Expanding the range of new fodder 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 such crop is winter triticale. New varieties of winter triticale are characterized by increased winter hardiness, drought resistance, resistance to the most dangerous diseases, high yield potential, increased content of biologically complete protein, which determines the feed and nutritional value of this crop. **Object.** The object of research was promising lines of grain and feed triticale and compared with them modern

zoned and standard varieties. **Materials and methods.** The studies were carried out in the conditions of the Azov zone of the Rostov region on ordinary chernozem. At the first stage, in the 2022-2023 season, wide-spread and well-known varieties were used as study objects: Tornado feed triticale and Zimogor grain, the production characteristics of which were compared with similar data of new genotypes: 78/19 feed line and 74/19 grain triticale. Plants were grown in the fields of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRARC (Federal Rostov Agrarian Scientific Center). Plants were harvested during the technical ripeness phase, after bringing to standard humidity, 15-20 productive shoots were selected and a structural analysis of their production characteristics was carried out. At the next stage, we compared our lines with standard varieties obtained from colleagues: feed triticale Argo and grain Crown. At the same time, plants were grown simultaneously in different places: in the first case, in the UNPK (educational research and production complex) of the DSAU and again in the fields of the Federal State Budgetary Scientific Institution FRARC. It should be noted that the season of 2023-2024 turned out to be extremely dry, which affected lower production indicators compared to the previous year. Morphostructural measurements were taken during the flowering phase on plants cultivated on the field of FSBSI FRARC. The flag leaf area was calculated according to A. M. Grodzinsky (1973). The qualitative characteristics of the grain were determined in the laboratory of general analyzes of FSBSI FRARC, according to previously developed Ss. Mathematical data processing was carried out according to B. A. Dospekhov (1985) according to standard Microsoft Excel programs and, if, at the first stage, the total NSR05 was determined, then in the season 2023-2024 strictly in the direction of use, that is, separately for feed and separately for grain forms of triticale. **Results and discussion.** At the initial stage, a comparative analysis with already zoned and widely used varieties in production showed that in terms of their production indicators, new promising lines significantly exceeded the first ones. At the same time, the feed triticale line 78/19 stood out as a convincing superiority especially in the number of grains in the ear. The grain triticale line 74/19, despite the unreliable difference in the number of grains from the ear, nevertheless, in all other parameters surpasses the zoned variety Zimogor. At the next stage, when we compared the production indicators of our lines with the standard varieties already accepted for the corresponding direction, we first recorded in the photo the power of the ears of lines against the finer abitus ears of the standard feed variety Argo and the grain Crown. According to morphostructural data, the lines of both feed and grain triticale had significantly larger sizes of their flag leaves compared to the corresponding standard varieties Argo and Crown. Moreover, the aft line 78/19 in height was at the level of the grain line 74/19 and significantly inferior to the Argo standard. The 74/19 grain triticale line also stood out with a rather powerful thick stem, which greatly increased its resistance to lodging. Returning to the production indicators, we note that, despite the lower indicators in the 2023-2024 season, the 78/19 line is still significantly ahead of the standard Argo in terms of the number of grains and grain weight from the ear. In general, the grain triticale 74/19, although not as impressive as in the previous season, over the zoned Zimogor variety, but still has superiority over the standard Crown variety. As for the feed triticale: lines 78/19 and the Argo standard, the leadership of the first is unambiguously and clearly preserved. It should be emphasized that the 78/19 feed triticale line stands out among all the triticale samples we studied for its high multi-grain and, as a result, multi-dimensional. Moreover, this was observed both at the first stage, when it was compared with zoned varieties, and with generally recognized standard triticales of the feed and grain direction. **Results and conclusion.** The results of a comparative analysis of the newly created promising fodder 78/19 and grain 74/19 triticale lines, first with the corresponding zoned and known varieties, and then samples recognized as standard, confirmed a fairly convincing superiority of the production characteristics of these lines over the latter. Only in one of the experiments in the 2023-2024 season, in the conditions of DSAU, the advantage of the 74/19 line was unreliable, which generally did not affect the overall picture. Given the importance and priority of grain triticale, we focused on the quality characteristics of this 74/19 line and found that it had a higher protein content, up to almost 15% and its gluten was close to 30%, while the Zimogor zoned variety compared to it in the same experiment had protein at 12.5%, and gluten 21.5%. In the next season, when compared with the standard Crown variety, the latter has significantly lower data: 11.23% protein and only 13.80% gluten, while our line 74/19 has 14.88% and 28.60%, respectively. Similar protein and gluten values at line 74/19 in both seasons of the study indicate a certain stability.

Keywords: *triticale varieties, zoned triticale varieties, Tornado, Zimogor, standard triticale varieties, Argo, Venets, triticale grain quality.*

Citation. Romanov B. V., Paramonov A. V., Chernogor L. A., Pasko S. V. Evaluation of promising triticale lines of various assignments. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 145-155 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-15.

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

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

УДК 633.11/14

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЛИНИЙ ТРИТИКАЛЕ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Романов Б. В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, доцент
Парамонов А. В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Черногор Л. А., младший научный сотрудник
Пасько С. В., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

Федеральный Ростовский аграрный научный центр
п. Рассвет, Ростовская область, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках выполнения НИР FNFZ-2019-0002 «Сформировать и изучить базовые коллекции генетических ресурсов сои, нута и пшеницы для выделения и создания селекционно-перспективных форм» (№ госрегистрации АААА – А19-119081690036-2)

Актуальность. Тритикале – культура, объединяющая в себе свойства исходных родительских форм: пшеницы и ржи. Кроме того, тритикале характеризуется высокой устойчивостью к различным болезням и вредителям, что делает её весьма экологичной. Поэтому главными направлениями в селекции тритикале являются устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам, которые необходимо сочетать с высокой продуктивностью и хорошим качеством, с учётом относительно высокой ресурсно- энергетичности и экологической безопасности. Однако подходить к практической селекции нужно творчески и периодически корректировать работу, опираясь на различные факторы, влияющие на селекционный процесс. В настоящее время отмечается тенденция к увеличению ареала распространения тритикале, связанная, вероятно, с соответствующими глобальными изменениями климата. Одновременно, с развитием животноводства, наблюдается повышение спроса на кормовые сорта тритикале, которые используются для скормливания в зеленом состоянии, при заготовке сена, сенажа, зерносенажа. В то же время не угасает интерес к производству хлеба из зерна тритикале. В этой связи изучаются потребности озимого тритикале в минеральных удобрениях и проводятся работы по срокам и дозам их внесения. Предпринимаются попытки применения тритикале как покровной культуры. Следовательно, расширение вновь создаваемых новых генотипов соответствующих форм использования достаточно актуально. **Объект.** Объектом исследований являлись перспективные линии зернового и кормового тритикале и сравниваемые с ними современные районированные и стандартные сорта. **Материалы и методы.** Исследования проводили в условиях приазовской зоны Ростовской области на чернозёме обыкновенном. На первом этапе, в сезоне 2022-2023 гг., качестве объектов исследования применяли широко распространенные и известные на производстве сорта: кормового тритикале Торнадо и зернового Зимогор, продукционные характеристики которых сравнивали с аналогичными данными новых генотипов: линии кормового 78/19 и зернового 74/19 тритикале. Растения выращивали на полях ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр). Растения убирали в фазе технической спелости, после доведения до стандартной влажности отбирали по 15-20 продуктивных побегов и проводили структурный анализ их продукционных признаков. На следующем этапе сравнили наши линии с полученными от коллег стандартными сортами: кормового тритикале Арго и зернового Венец. При этом растения выращивали одновременно в разных местах: в первом случае, в УНПК (учебный научно-производственный комплекс) Донского ГАУ и опять же на полях ФГБНУ ФРАНЦ. Следует отметить, что сезон 2023- 2024 гг. оказался крайне засушливым, что сказалось на более низких продукционных показателях, по сравнению с предыдущим годом. Морфоструктурные замеры делали в фазу начала цветения на растениях возделываемых на поле ФГБНУ ФРАНЦ. Площадь флагового листа рассчитывали по А. М. Гродзинскому (1973). Качественные характеристики зерна определяли в лаборатории общих анализов ФГБНУ ФРАНЦ, согласно ранее разработанному ГОСТам. Математическая обработка данных проводилась по Б. А. Доспехову (1985) согласно стандартным программам Microsoft Excel, и если на первом этапе определяли общую НСР₀₅, то в сезоне 2023-2024 строго по направлению использования, то есть отдельно для кормовых и отдельно для зерновых форм тритикале. Результаты и обсуждение. На начальном этапе сравнительный анализ с уже районированными и широко используемыми на производстве сортами показал, что по своим продукционным показателям новые перспективные линии существенно превосходили первые. При этом убедительным превосходством особенно по числу зерен в колосе выделялась линия кормового тритикале 78/19. Линия зернового тритикале 74/19, несмотря на недостаточное различие по количеству зерновок с колоса, тем не менее, по всем другим параметрам превосходит районированный сорт Зимогор. На следующем этапе, когда сравнивали продукционные показатели наших линий с уже принятыми за соответствующее направление стандартными сортами, мы в начале зафиксировали на фото мощность колосьев линий против более мелкогабитусных колосьев стандартного кормового сорта Арго и зернового Венец. Согласно морфоструктурным данным, линии как кормового, так и зернового тритикале имели существенно большие размеры своих флаговых листьев по сравнению с соответствующими стандартными сортами Арго и Венец. Более того кормовая линия 78/19 по высоте своих растений была на

уровне линии зернового 74/19 и значительно уступала стандарту Арго. Линия зернового тритикале 74/19 выделялась ещё и довольно мощным толстым стеблем, что сильно увеличивало её устойчивость к полеганию. Возвращаясь к продукционным показателям заметим, что, несмотря на более низкие показатели в сезоне 2023- 2024, всё же по количеству зерновок и по массе зерна с колоса линия 78/19 существенно опережает и стандартный Арго. В целом зерновое тритикале 74/19, хотя и не такое впечатляющее, как в предыдущем сезоне, над районированным сортом Зимогор, но всё же имеет превосходство над стандартным сортом Венец. Что касается кормовых тритикале: линии 78/19 и стандарта Арго, лидерство первого однозначно и чётко сохранилось. Следует подчеркнуть, что линия кормового тритикале 78/19 выделяется среди всех изучаемых нами образцов тритикале своей высокой многоколосковостью и, как результат, – многозёрностью. Причем это наблюдалось как на первом этапе, когда сравнивали с районированными сортообразцами, так и с общепризнанными стандартными тритикале кормового и зернового направления. **Выводы.** Результаты сравнительного анализа вновь созданных перспективных кормового 78/19 и зернового 74/19 линий тритикале, вначале с соответствующими районированными и известными сортами, а затем и признанными за стандарт образцами подтвердили достаточно убедительное превосходство продукционных признаков этих линий над последними. Лишь в одном из опытов в сезоне 2023-2024 гг, в условиях ДонГАУ, преимущество линии 74/19 было недостоверным, что в целом не сказалось на общей картине. Учитывая важность и приоритетность зернового тритикале, мы акцентировали внимание на качественных характеристиках данной линии 74/19 и выяснили, что она обладала более высоким содержанием белка, почти до 15% и клейковина у неё приближалась к 30%, тогда как у сравниваемого с ним районированного сорта Зимогор в том же опыте белок был на уровне 12,5%, а клейковина 21,5%. В следующем сезоне при сравнении со стандартным сортом Венец у последнего значительно ниже данные: 11,23% белок и всего лишь 13,80% клейковина, в то время как у нашей линии 74/19 14,88% и 28,60%, соответственно. Близкие значения белка и клейковины у линии 74/19 в обоих сезонах исследования говорят об определенной её стабильности.

Ключевые слова: сорта тритикале, районированные сорта тритикале, Торнадо, Зимогор, стандартные сорта тритикале, Арго, Венец, качество зерна тритикале.

Цитирование. Романов Б. В., Парамонов А. В., Черногор Л. В., Пасько С. В. Оценка перспективных линий тритикале различного назначения. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 145-155. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-15.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Тритикале – культура, объединяющая в себе свойства исходных родительских форм: пшеницы и ржи. По крайней мере у неё чётко просматривается многоколосковость характерная для ржи и большее количество зерновок в колоске, как у пшеницы. Вкупе это увеличивает продуктивность этой искусственно синтезированной человеком культуры. Кроме того, тритикале характеризуется высокой устойчивостью к различным болезням и вредителям. Соответственно при её возделывании меньше используется различных ядохимикатов, что делает её весьма экологичной (Е. А. Гординская, 2021). Поэтому главными направлениями в селекции тритикале являются устойчивость к абиотическим и биотическим стрессорам, которые необходимо сочетать с высокой продуктивностью и хорошим качеством, с учётом относительно высокой ресурсно- энергетичности и экологической безопасности [1-4]. Однако подходить к практической селекции нужно творчески и периодически корректировать работу, опираясь на различные факторы, влияющие на селекционный процесс [5]. К примеру, учитывая тот факт, что наиболее широкое распространение в производстве получили гексаплоидные тритикале, полученные при гибридизации ржи с тетраплоидной, чаще всего твёрдой пшеницей, нами показана роль пшеничной тетраплоидной компоненты в формировании продукционных показателей таких тритикале (Б. В. Романов, 2023) [6].

В настоящее время отмечается тенденция к увеличению ареала распространения тритикале, связанное, вероятно, с соответствующими глобальными изменениями климата [7]. Одновременно, с развитием животноводства, наблюдается повышение спроса на кормовые сорта тритикале, которые используются для скармливания в зеленом состоянии, при заготовке сена, сенажа, зерносенажа (Т. А. Горянина, 2021) [8-11]. В то же время не угасает интерес к производству хлеба из зерна тритикале, а также использованию его для создания комбинированных круп (Зверев С. В., 2021) [12]. В этой связи изучаются потребности озимого тритикале в минеральных удобрениях и проводятся работы по срокам и до-

зам их внесения (Т. Ю. Калашник, 2021) [13]. Есть данные о попытке применения тритикале как покровной культуры [14]. Следовательно, расширение вновь создаваемых новых генотипов, соответствующих форм использования, достаточно актуально.

Материалы и методы. Исследования проводили в условиях приазовской зоны Ростовской области на чернозёме обыкновенном. На первом этапе, в сезоне 2022-2023 гг, качестве объектов исследования применяли широко распространенные и известные на производстве сорта: кормового тритикале Торнадо и зернового Зимогор, продукционные характеристики которых сравнивали с аналогичными данными новых генотипов: линии кормового 78/19 и зернового 74/19 тритикале. Сравниваемые тритикале выращивали на полях ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр). Растения убирали в фазу технической спелости, после доведения до стандартной влажности отбирали по 15-20 продуктивных побега и проводили структурный анализ их продукционных признаков. На следующем этапе сравнили наши линии с полученными от коллег стандартными сортами: кормового тритикале Арго и зернового Венец. При этом растения выращивали одновременно в разных местах: в первом случае, в УНПК (учебный научно-производственный комплекс) Донского ГАУ и опять же на полях ФГБНУ ФРАНЦ. Следует отметить, что сезон 2023-2024 гг. оказался крайне засушливым, что сказалось на более низких продукционных показателях по сравнению с предыдущим годом.

Морфоструктурные замеры делали в фазу начала цветения на растениях возделываемых на поле ФГБНУ ФРАНЦ. Площадь флагового листа рассчитывали по А. М. Гродзинскому (Гродзинский А. М., 1973). Качественные характеристики зерна определяли в лаборатории общих анализов ФГБНУ ФРАНЦ, согласно ранее разработанным ГОСТам. Математическая обработка данных проводилась по Б. А. Доспехову (Доспехов Б. А., 1985) по стандартным программам Microsoft Excel и если на первом этапе определяли общую НСР₀₅, то в сезоне 2023-2024 года строго по направлению использования, то есть отдельно для кормовых и отдельно для зерновых форм тритикале.

Результаты и обсуждение. На первом этапе сравнительный анализ с уже районированными и широко используемыми на производстве сортами показал, что по своим продукционным показателям новые перспективные генотипы существенно превосходили первые. Так, за исключением длины колоса, линия кормового тритикале 78/19 по всем другим показателям достоверно превышала представителя кормового сорта Торнадо. Более того превосходство по числу зерен 139,1 против 78,1 достигало весьма ощутимых значений и, как следствие, значительное преимущество по такому важному селекционному показателю, как масса зерна с колоса (таблица 1). Так, она у линии 78/19 составила 6,13 г, что на ¼ больше, чем у кормового районированного сорта Торнадо (4,53 г). У линии зернового тритикале 74/19, несмотря на недостоверное различие по количеству зерновок с колоса, тем не менее по массе зерна 5,87 г она существенно превышает представителя зернового сорта Зимогор, у которого она была 4,05 г. Вместе с тем можно отметить, что в целом линия 74/19 по всем параметрам превосходит районированный сорт.

Таблица 1 – Продукционные показатели новых перспективных линий, в сравнении с известными районированными сортами кормового и зернового тритикале, 2023 г.

Table 1 – Production indicators of new promising lines, in comparison with known zoned varieties of feed and grain triticale, 2023

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество в колосе, шт. / Quantity per ear, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g
		колосков / spikelets	зёрен / grains	
Торнадо / Tornado	12,3	39,7	78,1	4,53
Линия 78/19 / Line 78/19	12,6	42,8	139,1	6,13
Зимогор / Zimogor	13,4	31,5	86,6	4,05
Линия 74/19 / Line 74/19	16,9	36,7	94,5	5,87
НСР ₀₅ =	0,8	1,9	11,6	0,68

На следующем этапе, когда сравнивали продукционные показатели наших линий с уже принятыми за соответствующее направление стандартными сортами, мы вначале зафиксировали на фото их колосья (рисунки 1, 2). Как видно из фото, мощность колосьев ли-

нии предполагаемого кормового тритикале не вызывает сомнения. Как сам колос в целом, так и отдельные колоски и зерновки у них крупнее, по сравнению с таковыми стандартного сорта Арго. Относительно линии зернового тритикале 74/19, здесь также очевидны большие размеры колоса над колосьями стандартного сорта Венец. Можно лишь отметить, не так ярко выраженные отличия по размерам колосков и зерновок между ними. Хотя и тут видно преимущество линии 74/19.



Рисунок 1 – Колосья кормового тритикале: Арго, линии 78/19 (справа)
Figure 1 – Feed triticale ears: Argo lines 78/19 (right)



Рисунок 2 – Колосья зернового тритикале: Венец, линии 74/19 (справа)
Figure 2 – Grain triticale ears: Crown, lines 74/19 (right)

Представленные на фото различия в размерах колосьев вполне подкрепляются и морфоструктурными данными представленными в (таблица 2). Видно, что рассматриваемые перспективные линии существенно превосходят по такому важному компоненту, как площадь флагового листа, сравниваемые с ними стандартные сорта. Учитывая размеры 41,1 см² флагового листа линии 78/19 кормового тритикале, можно констатировать, что это на 1/3 превышает площадь флага 27,1 см² стандарта Арго. Ещё большее преимущество по данному показателю проявляет линия зернового тритикале 74/19, у которой она 28,7 см², что более чем в два раза крупнее, чем у стандартного Венец (10,9 см²). Вместе с тем, обращает на себя внимание, что наша перспективная линия 78/19 по высоте растений (106,7 см) на уровне линии 74/19 зернового тритикале 107,4 см и существенно ниже, чем стандартный Арго (125,1 см).

Как правило, кормовые тритикале отличаются своей высокорослостью, поскольку это дает им возможность иметь соответствующую зеленую массу. Однако более крупные листья и, в какой-то мере, более толстые стебли будут, в определенной степени, невелировать этот недостаток. С другой стороны, такой не очень высокий рост для кормового тритикале существенно повышает устойчивость к полеганию, тогда как высокорослость современных сортов значительно снижает это свойство. Что касается небольшого превышения по высоте растений зерновой линии 74/19 над стандартом Венец, то, в данном случае это с лихвой компенсируется более мощным толстым стеблем первого. Вероятно, поэтому в наших исследованиях, даже и в предыдущем более благополучном по осадкам сезоне, у нашей линии 74/19 не отмечалось полеганий.

Таблица 2 – Морфоструктурные показатели линий кормового 78/19 и зернового 74/19 и соответствующих стандартных сортов тритикале

Table 2 – Morphostructural indicators of fodder lines 78/19 and grain 74/19 and corresponding standard triticale varieties

Генотип / Genotype	Высота растений, см / Plant height, cm	Площадь флагового листа, см ² / Flag leaf area, cm ²	Диаметр стебля под колосом, мм / Diameter of the stem under the ear, mm
Линия 78/19 \ Line 78/19	106,3	41,1	2,7
Арго \ Argo	125,1	27,1	2,5
HCP ₀₅ =	6,0	6,9	0,2
Линия 74/19 \ Line 74/19	107,4	28,3	2,8
Венец \ Venets	100,9	10,9	1,8
HCP ₀₅ =	4,1	6,5	0,2

Возвращаясь к продукционным показателям, заметим, что, несмотря на более низкие показатели в сезоне 2023-2024, всё же по количеству зерновок и по массе зерна с колоса линия 78/19 существенно опережает и стандартный Арго (таблица 3).

Таблица 3 – Сравнительный анализ продукционных признаков генотипов кормового и зернового тритикале со стандартными сортообразцами в условиях ДонГАУ

Table 3 – Comparative analysis of production characteristics of feed genotypes and triticale cereals with reference standards under DonGAU conditions

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество в колосе, шт. / Quantity per ear, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g
		колосков / spikelets	зёрен / grains	
Арго \ Argo	10,5	29,2	57,0	2,56
Линия 78/19 \ Line 78/19	11,4	33,5	86,1	3,36
HCP ₀₅ =	1,4	1,9	14,6	0,47
Венец \ Venets	11,3	28,9	68,1	3,72
Линия 74/19 \ Line 74/19	14,0	29,6	68,6	4,21
HCP ₀₅ =	1,05	3,03	5,84	0,84

Во всяком случае, имея намного меньше зерновок в этом году, по сравнению с прошлым 86,1, она достоверно превышает аналогичный показатель у Арго 57,0. Соответственно, это сказалось и на массе зерна с колоса у линии 78/19. Она составила 3,36 г, тогда как у Арго – 2,56 г. Весьма неоднозначная картина наблюдается у представителей зернового направления. В частности, по данным таблицы 3, хорошо видно, что, невзирая на небольшое преимущество линии 74/19 по абсолютным цифрам, существенной разницы между показателями стандарта Венец и данной линии не наблюдается. Более или менее превосходство, хотя и недостоверное, проявилось у линии по массе зерна с колоса, по-видимому, благодаря крупности зерновок. Так, имея практически одинаковое количество зерновок с колоса 68,1 и 68,6, соответственно, тем не менее, линия 74/19 по массе зерна с колоса в абсолютном выражении 4,21 г, несколько превышает этот показатель у стандартного сорта Венец – 3,72 г. По результатам математической обработки эта разница оказалась недостоверной.

По-видимому, из-за своих больших габаритов, растения линии 74/19 в большей степени отреагировали на засуху, в отличие от более мелких растений стандартного сорта Венец. Последние, с учётом их более низкорослых и мелкогабитусных растений, лучше использовали осенне-зимнюю влагу, в то время как представителям линии 74/19 её, для достоверной разницы, несколько не хватило.

Однако в параллельном опыте на поле ФГБНУ ФРАНЦ, в принципе, преимущественные продукционные характеристики перспективной зерновой линии 74/19 над стандартным Венец, всё таки проявились (таблица 4). Здесь однозначно просматривается её достоверное превосходство над показателями Венца. Так, даже при таком высоком $HCP_{05}=0,91$, масса зерна с колоса у линии 74/19 4,21 г достоверно выше, чем у стандарта Венец (3,80 г). Таким образом, хотя и не такое впечатляющее, как предыдущем сезоне над районированным сортом Зимогор, но всё же существенное превосходство, по всем другим изучаемым признакам, в этом опыте, за линией 74/19.

Таблица 4 – Сравнительный анализ продукционных признаков генотипов кормового и зернового тритикале со стандартными сортообразцами в условиях ФГБНУ ФРАНЦ

Table 4 – Comparative analysis of production characteristics of feed genotypes and triticale cereals with reference standards under conditions of FSBSI FRARC

Генотип / Genotype	Длина колоса, см / Ear length, cm	Количество в колосе, шт. / Quantity per ear, pcs.		Масса зерна с колоса, г / Weight of grain per ear, g
		колосков / spikelets	зёрен / grains	
Арго \ Argo	11,8	39,1	85,1	3,95
Линия 78/19 \ Line 78 19	11,4	42,1	117,0	4,83
$HCP_{05}=$	0,8	1,9	20,6	0,79
Венец \ Venets	11,0	29,2	76,2	3,80
Линия 74/19 \ Line 74 19	15,6	32,3	89,4	4,98
$HCP_{05}=$	0,9	2,2	10,6	0,91

Что касается кормовых тритикале: линии 78/19 и стандарта Арго, лидерство первого, за исключением длины колоса, однозначно и чётко сохранилось. Более того, как и в предыдущем сезоне, когда сравнивали с районированным сортом Торнадо у него количество зерновок, в данном опыте, также перевалило за 100 штук и было 117,0 против 85,1 у Арго. Отсюда и масса зерна с колоса у линии 78/19 4,83 г, а у Арго 3,95, то есть у последнего она существенно ниже, чем у нашей перспективной линии кормового тритикале. Таким образом, лишь по длине колоса нет различий между линией 78/19 и Арго, в то время как по остальным показателям четкое доминирование нашей линии. Следует подчеркнуть, что линия кормового тритикале 78/19 достаточно хорошо выделяется среди всех изучаемых нами образцов тритикале своей высокой многоколосковостью и как результат – многозёрностью. Причем это наблюдалось как на первом этапе, когда сравнивали с известными и широко используемыми районированными сортообразцами, так и с общепризнанными стандартными тритикале кормового и зернового направления.

Признавая приоритетность использования зернового тритикале и, в первую очередь, в производстве различной хлебопекарной продукции, мы акцентировали внимание как в предыдущем, так и в этом сезоне, на проверке качественных показателей линии зер-

нового тритикале 74/19. Поэтому в таблице 5 представлены результаты определения содержания белка, клейковины и ИДК в зерне данной линии и, использованного в этом опыте районированного сорта Зимогор. Сравнительный анализ показал, что линия 74/19 существенно превосходит по содержанию белка и клейковины сорт Зимогор. У линии 74/19 содержание белка 14,85% и клейковины 29,80%, что, в принципе, на уровне показателей перwokлассной твёрдой пшеницы, а у Зимогор белок 12,45% и клейковина 21,50% соответственно. По ИДК у них разрыв всего в 5 единиц.

Таблица 5 – Содержание белка, клейковины и ИДК, 2023

Table 5 – Protein, gluten and GSI content, 2023

Генотип / Genotype	Белок, % ГОСТ 10846-91 / Protein, %	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011 \\ Gluten, %	ИДК, ед. ГОСТ Р 54478-2011 \\ GSI content
Зимогор \ Zimogor	12,45	21,50	85
Линия 74/19 \ Line 74/19	14,85	29,80	90
НСП ₀₅ =	0,15	0,45	1,3

Что характерно, наша линия зернового тритикале 74/19 по этим двум годам исследования ведет себя вполне стабильно (таблица 6). По крайней мере, у неё содержание белка, несмотря на более засушливые условия этого 2024 года, на уровне 2023 г и равняется 14,88%, тогда как в прошлом сезоне было 14,85%. Клейковина, если в прошлом году была 29,80%, то в данном 28,6%, то есть всего где-то на 1% ниже. В то время как стандартный Венец показал несколько отличные результаты в сравнении с Зимогором. Так у него содержание клейковины (13,8%) значительно хуже, чем у Зимогора в предыдущем году 21,50%.и линии 74/19 в этом 28,6%. Существенно ниже и концентрация белка у Венца (11,23%), по сравнению с нашей зерновой линией, у которой она 14,88%. При таких низких показателях белка и клейковины, невысокое ИДК Венца, вряд ли сыграет особо положительную роль в качественной характеристике его зерна.

Таблица 6 – Содержание белка, клейковины и ИДК, 2024

Table 6 – Protein, gluten and GSI content, 2023

Генотип / Genotype	Белок, т% ГОСТ 10846-91 \\ Protein, %	Клейковина, % ГОСТ Р 54478-2011 \\ Gluten, %	ИДК, ед ГОСТ Р 54478-2011 \\ GSI content
Венец \ Venets	11,23	13,80	80
Линия 74/19 \ Line 74/19	14,88	28,60	92
НСП ₀₅ =	0,18	0,57	2,1

Вместе с тем, наряду с высокими продукционными признаками, хорошие качественные показатели зерна линии 74/19 могут сыграть положительную роль в продвижении данной линии в сторону создания на её базе в будущем зернового сорта тритикале.

Заключение. Результаты сравнительного анализа вновь созданных перспективных кормового 78/19 и зернового 74/19 линий тритикале, в начале с соответствующими районированными и известными сортами, а затем и признанными за стандарт образцами подтвердили достаточно убедительное превосходство продукционных признаков этих линий над последними. Лишь в одном из опытов в сезоне 2023-2024 гг, в условиях ДонГАУ, преимущество линии 74/19 было недостоверным, что в целом не сказалось на общей картине. Учитывая важность и приоритетность зернового тритикале, мы акцентировали внимание на качественных характеристиках данной линии 74/19 и выяснили, что она обладала более высоким содержанием белка, почти до 15%, и клейковина у неё приближалась к 30%, тогда как у сравниваемого с ним районированного сорта Зимогор в том же опыте белок был на уровне 12,5%, а клейковина – 21,5%. В следующем сезоне при сравнении со стандартным сортом Венец у последнего значительно ниже данные: 11,23% белок и всего лишь 13,80% клейковина, в то время как у нашей линии 74/19 14,88% и 28,6, соответственно. Близкие значения белка и клейковины у линии 74/19 в обоих сезонах исследования говорят об определенной её стабильности.

Conclusions. The results of a comparative analysis of the newly created promising fodder 78/19 and grain 74/19 triticale lines, first with the corresponding zoned and known varieties, and then samples recognized as standard, confirmed a fairly convincing superiority of the production characteristics of these lines over the latter. Only in one of the experiments in the season 2023-2024, in the

conditions of DSAU, the pre-property of line 74/19 was unreliable, which generally did not affect the overall picture. Given the importance and priority of grain triticale, we focused on the quality characteristics of this 74/19 line and found that it had a higher protein content, up to almost 15% and its gluten was close to 30%, while the Zimogor zoned variety compared to it in the same experiment had protein at 12,5%, and gluten 21,5%. In the next season, when compared with the standard Crown variety, the latter has significantly lower data: 11,23% protein and only 13,80% gluten, while our line 74/19 has 14.88% and 28,6, respectively. Similar protein and gluten values at line 74/19 in both seasons of the study indicate a certain stability.

Библиографический список

1. Горянина Т. А., Медведев А. Н. Хлебопекарные качества зерна озимых тритикале, пшеницы и ржи. *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 1 (67). С. 28-31.
2. Грабовец А. И., Бирюкова К. Н., Фоменко М. А. Сравнительная характеристика урожайности и количества белка в зерне у озимых пшеницы и тритикале на Дону. *Земледелие*. 2021. № 5. С. 41-45.
3. Крохмаль А. В. и др. Результаты селекции озимого тритикале на продуктивность и адаптивность на Дону. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (76). С. 67-69.
4. Ториков В. Е. и др. Сравнительная характеристика качества зерна сортов озимой тритикале, выращиваемых на юго-западе России. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2019. № 2 (172). С. 49-56.
5. Успенская В. А., Бекиш Л. П., Чикида Н. Н. Источники хозяйственно-ценных признаков для селекции озимой тритикале на северо-западе РФ. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018. Т. 179. Вып. 3. С. 85-94.
6. Романов Б. В., Пимонов К. И. Гексаплоидное тритикале, созданное на базе тургидной и твердой пшеницы. *Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2020. № 1 (57). С. 126-134.
7. Грабовец А. И., Крохмаль А. В. Тритикале. Ростов-на-Дону: ООО «Издательство «ЮГ», 2019. 440 с.
8. Романов Б. В. и др. Высокопродуктивные линии тритикале на основе тургидной пшеницы. *Вестник ДонГАУ*. 2021. № 3 (41). С. 28-32.
9. Грабовец А. И. и др. Технология возделывания и использования кормового озимого тритикале. Ростов-на-Дону, 2021. 50 с.
10. Ковтуненко В. Я. и др. Роль тритикале в повышении продуктивности кормопроизводства. *Кормопроизводство*. 2019. № 2. С. 14-17.
11. Абделаал Х. К. и др. Урожайность зерна и зеленой массы нового сорта ярового тритикале Тимирязевская в зависимости от применения разных доз азотных удобрений в условиях ЦРНЗ. *Кормопроизводство*. 2019. № 2. С. 18-22.
12. Горянина Т. А., Медведев А. М. Хлебопекарные качества зерна озимых тритикале, пшеницы и ржи. *Зерновое хозяйство России*. 2020. № 1 (67). С. 28-31.
13. Щуклина О. А., Польшовская Е. С., Соловьев А. А. Отзывчивость нового сорта ярового тритикале Тимирязевская 42 на элементы технологии возделывания. Тритикале. Селекция, агротехника, технология использования зерна и кормов. Ростов-на-Дону, 2022. 237 с.
14. Ayalew H., Kumssa T. T., Butler T. J., Ma X. F. Triticale improvement for fogare and cover crop uses in the United States. *Front Plant Sci*. 2018. V. 9. 1130.

References

1. Goryanina T. A., Medvedev A. N. Baking qualities of winter triticale, wheat and rye grains. *Grain farming in Russia*. 2020. No 1 (67). Pp. 28-31.
2. Grabovets A. I., Biryukova K. N., Fomenko M. A. Comparative characteristics of grain yield and protein content in winter wheat and triticale on the Don. *Agriculture*. 2021. No. 5. Pp. 41-45.
3. Krokhamal A. B., et al. Results of winter triticale breeding for productivity and adaptability in the Don region. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2019. No 2 (76). Pp. 67-69.
4. Torikov V. E. . Comparative characteristics of grain quality of winter triticale varieties grown in the south-west of Russia. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2019. No 2 (172). Pp. 49-56.
5. Uspenskaya V. A., Bekish L. P., Chikida N. N. Sources of economically valuable traits for winter triticale breeding in the north-west of the Russian Federation. *Proceedings on applied botany, genetics and breeding*. 2018. V. 179. I. 3. Pp. 85-94.
6. Romanov B. V., Pimonov K. I. Hexaploid triticale created on the basis of turgid and durum wheat. *Proceedings of the XVIII agrouniversity complex: science and higher professional education*. 2020. No. 1 (57). Pp. 126-134.
7. Grabovets A. I., Krokhamal A. V. Triticale. *Rostov-on-Don: "Publishing House "SOUTH"*, 2019. 440 p.
8. Romanov B. V., et al. Highly productive triticale lines based on turgid wheat. *Bulletin of DonGAU*. 2021. No 3 (41). Pp. 28-32.
9. Grabovets A. I., et al. Technology of cultivation and use of fodder winter triticale. *Rostov-on-Don*, 2021. 50 p.
10. Kovtunen V. Ya., et al. The role of triticale in increasing the productivity of feed production. *Feed production*. 2019. No. 2. Pp. 14-17.
11. Abdelaal X. K., et al. The yield of grain and green mass of a new variety of spring triticale Timiryazevskaya, depending on the use of different doses of nitrogen fertilizers in the conditions of CRNZ. *Feed production*. 2019. No. 2. Pp. 18-22.
12. Goryanina T. A., Medvedev A. M. Baking qualities of winter triticale grain, wheat and rye. *Grain farming in Russia*. 2020. No 1 (67). Pp. 28-31.

13. Shchuklina O. A., Polkhovskaya E. S., Soloviev A. A. Responsiveness of the new spring triticale variety Timiryazevskaya 42 to the elements of cultivation technology. Triticale. Breeding, agricultural technology, technology of using grain and feed. Rostov-on-Don, 2022. 237 p.

14. Ayalew H., Kumssa T. T., Butler T. J., Ma X. F. Triticale improvement for fogare and cover crop uses in the United States. Front Plant Sci. 2018. V. 9. 1130.

Информация об авторах

Романов Борис Васильевич, кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр), (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), e-mail: triticumrbw@mail.ru

Парамонов Александр Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр), (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), e-mail: alexandr191914@mail.ru

Черногор Людмила Анатольевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр), (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), e-mail: chernogorl@rambler.ru

Пасько Сергей Валентинович, ведущий научный сотрудник лаборатории, ФГБНУ ФРАНЦ (Федеральный Ростовский аграрный научный центр), (Российская Федерация, 346735, Ростовская область, п. Рассвет, ул. Институтская, 1), e-mail: pasko_s@mail.ru

Author's Information

Romanov Boris Vasilievich, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), e-mail: triticumrbw@mail.ru

Paramonov Aleksander Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), e-mail: alexandr191914@mail.ru

Chernogor Lyudmila Anatolyevna, Junior Researcher, Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), E-mail: chernogorl@rambler.ru

Pasko Sergey Valentinovich, Leading Researcher, Federal Rostov Agrarian Research Center (Russian Federation, 346735, Rostov Region, Aksai District, Rassvet Village, Institutsкая St., 1), E-mail: pasko_s@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-16

THE ASSESSMENT OF THE CHANGES IN THE MAIN CLIMATIC PARAMETERS AND THEIR IMPACT ON SOIL FREEZING ON THE EXAMPLE OF THE ULYANOVSK REGION

Sharipova R. B., Petrov M. V.

*Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences
Ulyanovsk Scientific Research Institute of Agriculture
Ulyanovsk, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: maxim120198@yandex.ru

Received 06.11.2024

Submitted 21.02.2025

Summary

Over the past three decades, the Ulyanovsk region has seen a trend toward an increase in average annual air temperature by 2.6 degrees and an increase in precipitation by 149.9 millimeters. The soil begins to freeze on average on November 19 and thaws on April 7. There is a strong correlation between the depth of snow cover and the depth of soil freezing (-0.8405).

Abstract

Introduction. According to numerous studies conducted in the late 20th and early 21st centuries in the Ulyanovsk region, in the conditions of global warming, a significant increase in air temperature and an increase in the amount of precipitation is observed in the winter months. These factors have a significant impact on the depth of soil freezing, which is a key indicator of the vital activity of agricultural crops in winter. Not only the development and preservation of the crop, but also the general condition of the plants depend on the depth of soil freezing. **Object.** The objects of the research were the main meteorological parameters and the depth of soil freezing. The depth of soil freezing was measured using a Danilin AM-21 permafrost meter. **Materials and methods.** To analyze long-term changes in temperature, precipitation, snow cover, and soil freezing depth at the Timiryazevsky agrometeorological post in Ulyanovsk, observation data from 1993 to 2023 were used. To better understand the dynamics and identify patterns in these parameters, the Fourier series expansion method and sinusoidal approximation were used, which made it possible to obtain a more complete picture of the changes taking place and identify key trends. A software package including Excel and Statistica was used to conduct correlation and regression analysis. **Results and conclusions.** Over the past three decades, the Ulyanovsk Region has experienced significant changes in climatic conditions: the average annual air temperature has increased by 2.7 degrees, and the amount of precipitation has increased by 154.9 millimeters. These changes, in turn, have a significant impact on the condition of

the snow cover and the depth of soil freezing. According to research, the average height of the snow cover in winter and the duration of its occurrence are reduced due to an increase in air temperature. Soil freezing in autumn begins on average on November 19. In February, the freezing depth reaches its maximum (36 cm). In February, the rate of decrease in the thickness of frozen soil reaches 2.8 cm / 30 years. The average thawing date is April 7. The duration of soil freezing is 140 days. The minimum duration of freezing – 59 days – was observed in 2010-2011, the maximum – 161 days – in 1997-1998. The study of trends showed that over the past 30 years, the onset of soil freezing has shifted five days earlier, and complete thawing occurs three days earlier, which is confirmed. The closest correlation is observed between the depth of snow cover and the depth of soil freezing (0.8405). In order to develop effective strategies for adaptation to climate change in agriculture, it is necessary to continue to study how weather conditions change and how they affect agricultural production.

Keywords: soil freezing, soil freezing depth, global warming, wintering of winter crops.

Citation. Sharipova R. B., Petrov M. V. The assessment of the changes in the main climatic parameters and their impact on soil freezing on the example of the Ulyanovsk region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 155-163 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-16.

Author contributions. All authors of this study were directly involved in the design, execution, or analysis of this study. All authors of this article have read and approved the final version.

Conflict of Interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

УДК 551.582 556.12

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОМЕРЗАНИЕ ПОЧВЫ НА ПРИМЕРЕ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Шарипова Р. Б., кандидат географических наук
Петров М. В., научный сотрудник

Самарский федеральный исследовательский центр РАН
Ульяновский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
г. Ульяновск, Российская Федерация

Актуальность. Согласно многочисленным исследованиям, проведённым в конце XX – начале XXI века в Ульяновской области, в условиях глобального потепления климата в зимние месяцы наблюдается значительное повышение температуры воздуха и увеличение количества атмосферных осадков. Эти факторы оказывают существенное влияние на глубину промерзания почвы, являющуюся ключевым показателем жизнедеятельности сельскохозяйственных культур зимой. От глубины промерзания почвы зависят не только развитие и сохранность урожая, но и общее состояние растений. **Объект.** Объектом исследования явились основные метеорологические параметры и глубина промерзания почвы. Измерение глубины промерзания почвы проводилось с помощью мерзлотомера Данилина АМ-21. **Материалы и методы.** Для анализа долгосрочных изменений в температурном режиме, осадках, снежном покрове и глубине промерзания почвы на агрометеорологическом посту Тимирязевский в Ульяновске были использованы данные наблюдений, которые велись с 1993 по 2023 год. Чтобы лучше понять динамику и выявить закономерности в этих параметрах, был применён метод разложения в ряд Фурье и синусоидальная аппроксимация, что позволило получить более полное представление о происходящих изменениях и выделить ключевые тенденции. Для проведения корреляционно-регрессионного анализа был использован пакет программ, включающий в себя Excel и Statistica. **Результаты и выводы.** В последние три десятилетия Ульяновская область сталкивается с заметными изменениями климатических условий: средняя годовая температура воздуха повысилась на 2,7 градуса, а количество осадков увеличилось на 154,9 миллиметра. Эти изменения, в свою очередь, оказывают значительное влияние на состояние снежного покрова и глубину промерзания почвы. По данным исследований отмечено, что средняя высота снежного покрова зимой и продолжительность его залегания сокращаются в связи с повышением температуры воздуха. Промерзание почвы осенью в среднем начинается 19 ноября. В феврале глубина промерзания достигает максимума (36 см). В феврале скорость уменьшения толщины мерзлой почвы достигает 2,8 см / 30 лет. Средняя дата оттаивания зафиксирована 7 апреля. Продолжительность промерзания почвы – 140 дней. Минимальная продолжительность промерзания – 59 дней – наблюдалась в 2010-2011 году, максимальная – 161 день – в 1997-1998 году. Исследование тенденций показало, что за последние 30 лет начало замерзания почвы сместилось на пять дней на более ранние сроки, а полное оттаивание происходит на три дня раньше. Наиболее тесная корреляция наблюдается между высотой снежного покрова и глубиной промерзания почвы (0,8405). Чтобы разработать действенные стратегии адаптации к изменениям климата в сельском хозяйстве, необходимо продолжать изучать, как меняются погодные условия и как они влияют на аграрное производство.

Ключевые слова: промерзание почвы, глубина промерзания почвы, глобальное потепление, зимовка озимых культур.

Цитирование. Шарипова Р. Б., Петров М. В. Оценка изменения основных климатических параметров, их влияние на промерзание почвы на примере Ульяновской области. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 155-163. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-16.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Глубина промерзания почвы имеет важное практическое значение для сельского хозяйства, оказывая существенное влияние на перезимовку озимых посевов. Именно поэтому изучение агрометеорологических условий зимовки и отклика сельскохозяйственных культур на наблюдаемые изменения климата является актуальной и практически важной задачей. Процесс замерзания почвы зависит от множества факторов: температура воздуха, количество выпавших осадков, влажность подмерзающего слоя почвы и характеристики снежного покрова. Важность изучения глубины промерзания почвы тем более актуальна в современных условиях изменения климата для планирования размещения и выращивания сельскохозяйственных культур и принятия мер по защите их от промерзания [1, 2, 3].

Целью настоящей работы явился анализ многолетней тенденции изменения параметров температуры воздуха, атмосферных осадков, а также высоты снежного покрова и их воздействия на промерзание почвы в условиях современного изменения климата на примере Ульяновской области.

Задачи исследований:

- дать всестороннюю характеристику условий промерзания почвы, при этом выявить основные закономерности его формирования и связи с природными факторами;
- установить закономерности временной изменчивости условий промерзания почвы в зависимости от температуры воздуха и высоты снежного покрова.

Материалы и методы исследований. В качестве исходных данных были использованы результаты ежедневных наблюдений за погодными условиями, проводившихся на агрометеорологическом посту Тимирязевский Ульяновского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в период с 1994 по 2024 год. Методика проведения измерений была официально утверждена Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам 5 ноября 2013 года. method.meteorf.ru/cmkr/nov13.html. Измерение глубины промерзания почвы проводилось с помощью мерзлотомера Данилина АМ-21, принцип действия которого основан на свойстве воды замерзать при температуре 0 °С, установленного в конце осени, до понижения температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения и выпадения снега. Измерения проводились ежедневно, также параллельно выполнялись замеры снежного покрова с помощью специальных снегомерных реек. В ходе весеннего таяния снега одновременно фиксировались параметры глубины промерзания и оттаивания верхних слоев почвы. Все собранные данные анализировались с использованием программы XLstat. Исследования, основанные на научных методах, были осуществлены с применением Методики проведения наблюдений и исследований в полевых опытах (2003), Энциклопедии климатических ресурсов Российской Федерации (2023), Практикума по агрометеорологии (1984). При анализе многолетних изменений агрометеорологических характеристик применялось разложение с использованием ряда Фурье, с целью выявления наилучшей синусоидальной аппроксимации для уровней максимума и минимума [4].

Результаты и обсуждения. Существенные изменения климатических показателей, наблюдающиеся в конце 19 и начале 20 вв., а также возросшая зависимость сельского хозяйства и других отраслей экономики от данных изменений обуславливают более тщательный мониторинг за всевозможными составляющими климатической системы. Под эгидой Всемирной метеорологической организации (ВМО) для объективной оценки изменений климата и их последствий на природную среду определены основные задачи мониторинга, сформулированные Всемирной программой исследования климата (ВПИК), являющейся решающим элементом Всемирной климатической программы (ВКП) [1, 2, 3].

Глубина промерзания почвы и температура на глубине узла кущения как важные факторы функционирования сельскохозяйственных культур в зимнее время, также стали претерпевать кардинальные изменения. Информация о количестве, динамике во времени, а также закономерностях формирования остается актуальной в связи с зависимостью развития и сохранности урожая и оценки состояния растений.

Преодоление последствий изменения климата требует комплексного подхода, включающего научные исследования, для разработки стратегий, направленных на адаптацию к новым климатическим условиям [5]. По данным рисунка 1 в Ульяновской области происходит интенсивное изменение климатических показателей: коэффициент линейного тренда (КНЛТ)+0,0875 показывает повышение температуры за 1993-2023 гг. на 2,7 °С, годовая сумма осадков увеличилась на 154,9 мм (КНЛТ=4,9977).

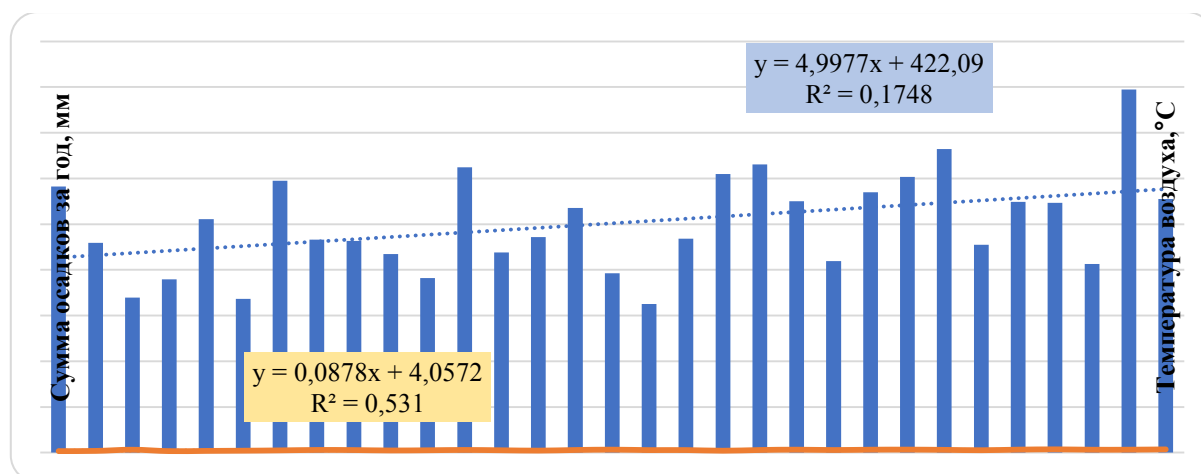


Рисунок 1 – Динамика средней годовой температуры воздуха и сумма атмосферных осадков за год с 1993 по 2023 гг.

Figure 1 – Dynamics of average annual air temperature and total precipitation per year from 1993 to 2023

По данным таблицы 1 переход температуры воздуха через 0 °С в сторону понижения осенью (таблица 1) в регионе наступает 11 ноября и способствует промерзанию почвы, которое зависит от типа почвы, её влажности, обработки, толщины снежного покрова и наличия растительности, которая помогает защитить почву от сильного вымерзания. Однако, несмотря на все эти условия, изменения температуры в приземном слое атмосферы в холодное время года являются главной причиной глубины промерзания. Весной с переходом температуры воздуха через 0 °С в сторону повышения 28 марта начинается интенсивное уменьшение снега и оттаивание почвы. Морозный период в среднем длится 138 дней. Средняя дата образования устойчивого снежного покрова приходится на 23 ноября, дата схода снежного покрова на 3 апреля.

Таблица 1 – Климатические характеристики перехода температуры через 0°С, установления и схода снежного покрова, промерзания почвы за 1993-2023 гг.

Table 1 – Climatic characteristics of the temperature transition through 0°C, the establishment and melting of snow cover, and soil freezing for 1993-2023

Климатические характеристики / Climatic characteristics	Осень / Autumn	Весна / Spring	Продолжительность, дни / Duration, days	КНЛТ	
				Осень / Autumn	Весна / Spring
Переход температуры через 0 °С / Temperature transition through 0 °C	11.11	28.03	138	-0,0464 1 день / 1 day	-0,1435 4 дня / 4 days
Установление и сход снежного покрова / Establishment and removal of snow cover	23.11	03.04	132	-0,3682 12 дней / 12 days	-0,3815 9 дней / 9 days
Промерзание почвы / Freezing of the soil	19.11	07.04	140	-0,1722 (5 дней / 5 days)	-0,8930 (3 дня / 3 days)

Таблица 2 – Основные метеорологические характеристики и их изменение по декадам в холодный период за 1993-2023 гг.

Table 2 – Main climatic characteristics and their changes by decades in the cold period for 1993-2023

Месяц, декада / Month, decade	Метеорологические параметры / Meteorological parameters							
	Температура воздуха, °C / Air temperature, °C		Количество атмосферных осадков, мм / Amount of precipitation, mm		Высота снежного покрова, см / Snow cover height, cm		Глубина промерзания почвы, см / Depth of soil freezing, cm	
	Норма / Norm	Изменение, °C / Change, °C	Норма / Norm	Изменение, мм / Change, mm	Норма / Norm	Изменение, см / Change, sm	Норма / Norm	Изменение, см / Change, sm
Ноябрь 1 декада / November 1st decade	1,1	5,1	15,0	0,55	-	-	8	-
2 декада / 2 decades	-1,8	4,3	11,5	1,1	-	-	11	-0,7
3 декада / 3 decades	-4,7	4,5	13,9	2,2	7	1,7	14	-2,0
Декабрь 1 декада / December 1st decade	-6,5	1,2	12,2	9,2	7	-2,7	17	-1,6
2 декада / 2 decades	-8,2	1,3	11,4	2,9	12	-1,8	22	-1,5
3 декада / 3 decades	-8,5	5,8	16,0	17,5	17	1,8	25	-2,2
Январь 1 декада / January 1st decade	-9,9	1,6	12,5	18,6	13	11,9	28	-2,3
2 декада / 2 decades	-9,2	0,79	11,8	12,1	17	11,4	31	-2,5
3 декада / 3 decades	-11,0	-2,69	11,5	6,6	32	13,4	33	-2,7
Февраль 1 декада / February 1st decade	-10,9	4,9	11,2	15,9	28	19,6	35	-3,0
2 декада / 2 decades	-10,1	3,7	7,9	5,6	32	18,8	36	-3,5
3 декада / 3 decades	-7,9	1,67	6,9	7,3	34	18,6	35	-3,3
Март 1 декада / March 1st decade	-5,6	3,2	9,6	1,8	37	11,8	33	-3,4
2 декада / 2 decades	-3,5	3,1	8,5	8,8	34	7,6	28	-4,1
3 декада / 3 decades	-0,7	4,4	9,7	7,7	17	3,3	22	-4,8
Апрель 1 декада / April 1st decade	-	-	-	-	-	-	-	-4,9
Среднее / average	-6,49	2,86	11,31	7,86	22,08	8,88	25,20	-2,77
Коэффициент корреляции / Correlation coefficient			Температура / Temperature		-0,1400	-	0,7475	-
			Осадки / Precipitation		0,6779	-	-0,5924	-
			Высота снежного покрова / Snow depth				0,8405	-
макс / max	1,1	5,8	16,0	18,6	37	19,6	36	-0,7
мин / min	-11,0	-2,69	3,9	0,55	7	-2,7	8	-4,8

Снежный покров является неотъемлемой частью климатической системы [6, 7, 8]. Он существенно влияет на радиационный и тепловой баланс земной поверхности, защищая почву от переохлаждения и обеспечивая выживание растений в зимний период, накапливает зимние осадки и весной становится одним из главных источников влаги для почвы. Толщина снежного покрова – это важный параметр, который определяет глубину и степень промерзания земли. Анализ динамики снежного покрова в регионе выявил, что климатические изменения также оказывают влияние на продолжительность залегания снега. В таблице 1 представлены данные, которые наглядно показывают продолжительность залегания снежного покрова в течение 132 дней и сокращение за период исследования на 3 дня, и смещение сроков промерзания и оттаивания осенью на 12 и весной на 9 дней на более ранние сроки. Наименьшая продолжительность наблюдалась в зимний сезон 1919-1920 годов, когда снег лежал лишь 100 дней, в то время как в 1993-1994 годах он сохранялся на протяжении 155 дней. Столь существенные изменения связаны с региональным потеплением и подчеркивает выросшую вариативность климатических условий.

Согласно данным, представленным в таблице 2, в течение всего холодного периода наблюдается повышение температуры воздуха, за исключением третьей декады января, когда температура снижается на 2,69 °С. Наиболее значительный рост температуры зафиксирован в третьей декаде декабря (5,8 °С) и в начале ноября (5,1 °С). Что касается осадков, то их количество увеличивается на протяжении всего холодного периода. Максимальное увеличение количества осадков наблюдается в третьей декаде декабря и первой декаде февраля. В результате обильных снегопадов в эти периоды высота снежного покрова увеличивается на 11-19 см. Существенные повышения температурного режима, количества осадков и высоты снежного покрова приводят к уменьшению глубины промерзания почвы. Наибольшее уменьшение наблюдается в первой и второй декаде марта, а наименьшее – в декабре (-0,7).

Наиболее тесная корреляция наблюдается между высотой снежного покрова и глубиной промерзания почвы (0,8405). Также можно выделить следующие взаимосвязи: между осадками и высотой снежного покрова (0,6779), осадками и высотой снежного покрова (0,6779), повышение температуры воздуха приводит к снижению высоты снега (-0,1400) и, как следствие, к более глубокому промерзанию почвы (0,7475), атмосферными осадками и глубиной промерзания почвы (-0,5924).

Снежный покров в регионе сохраняется в течение 132 дней – с 23 ноября по 3 апреля. За этот период в среднем выпадает 145 мм осадков. Исследования показывают, что глубина промерзания почвы является важнейшим фактором, влияющим на процессы, связанные с перезимовкой растений и стоком талых вод. Она оказывает непосредственное воздействие на степень увлажнённости грунта после того, как снег растает. Если промерзание почвы достигает значительной глубины, это может затруднить процесс инфильтрации талой воды в более глубокие слои. Этот аспект имеет огромное значение для сельского хозяйства и экосистемы в целом, поэтому изучение его влияния является одним из приоритетных направлений научных исследований.

В 1945 году Г. Д. Рихтер провёл исследование, направленное на изучение изменений температуры в снежном покрове. В ходе исследования было установлено, что на глубине 25 сантиметров температура меняется, в то время как на более глубоких слоях (34-44 сантиметра) изменения составляют всего 0,16 градусов Цельсия. Это позволяет сделать вывод, что снежный покров толщиной 50 сантиметров способен защитить почву от воздействия низких температур, которые могут нанести вред зимующим культурам. Таким образом, контроль за температурным режимом и его динамикой становится важной задачей для прогнозирования последствий перезимовки озимых посевов. Наиболее тесная корреляция наблюдается между высотой снежного покрова и глубиной промерзания почвы (0,8405) [9, 10, 11].

По данным рисунка 2 начало промерзания почвы осенью в среднем наблюдается 19.11, однако под действием ночных отрицательных температур, при отсутствии снежного покрова, в 1999 и 2007 году осенью уже в первой декаде ноября почва промерзала до 15-11 см соответственно. Далее из месяца в месяц нарастает и достигает своего максимума (36 см) во второй декаде февраля. В третьей декаде февраля наблюдается максимальная глубина промерзания почвы. В 1997 году с третьей декады февраля по первую декаду

марта почва промерзала до 74 см. Далее идет уменьшение глубины промерзания и 7 апреля зафиксирована средняя дата оттаивания почвы. В весеннее время оттаивание почвы происходит как снизу, так и сверху мёрзлого слоя. В случае возвращения холодов верхний слой, который уже успел оттаять, может вновь замёрзнуть, и тогда на некоторой глубине образуется прослойка незамёрзшей почвы. Под действием ночных отрицательных температур в 1996 и 1998 гг. почва оставалась промерзшей до 15-18 см до конца второй декады апреля, тем самым сдерживала начало весенне-полевых работ (рисунок 2).

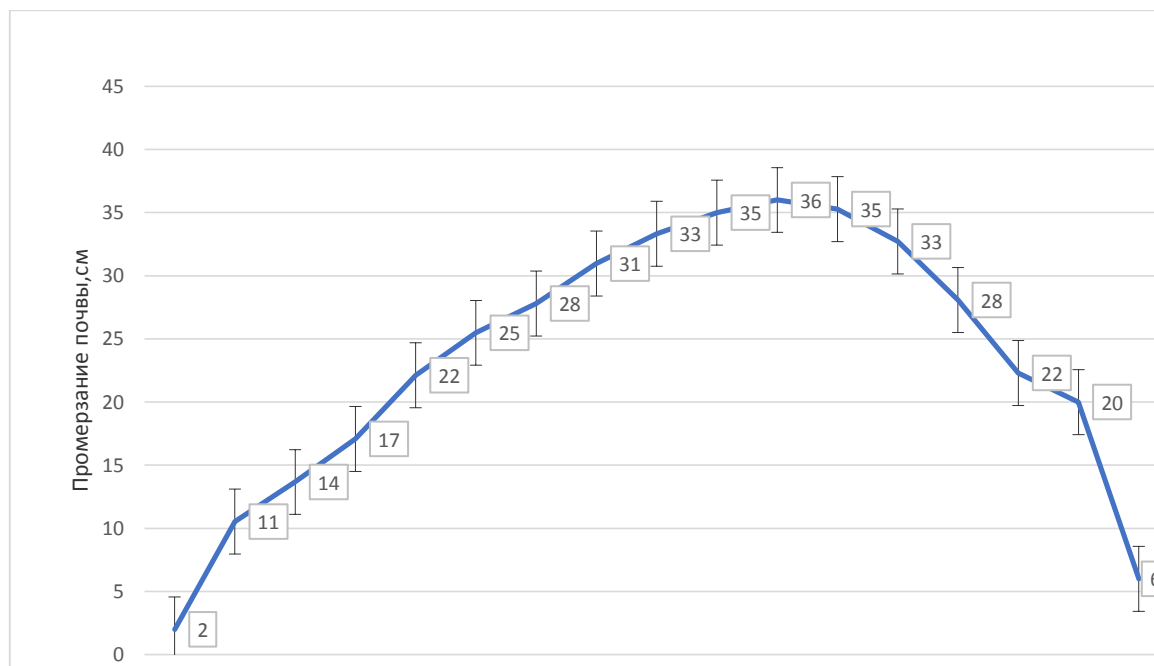


Рисунок 2 – Годовой ход промерзания почвы с 1993-2023 гг.

Figure 2 – Annual course of soil freezing from 1993-2023

В рассматриваемый период самые ранние сроки начала процесса промерзания почвы были зафиксированы 4 ноября 2009-2010 года, а самые поздние – 15 февраля 2010-2011 года. Что касается завершения процесса промерзания, то наиболее ранняя дата относится к 17 марта 2019-2020 года, а наиболее поздняя – к 25 апреля 1997-1998 года. Таким образом в среднем почва находится в состоянии промерзания в течение 140 дней. В 2010-2011 году почва промерзла 15 февраля и оттаяла 4 апреля, что составило минимальную продолжительность промерзания – 59 дней. Максимальная продолжительность наблюдалась в 1997-1998 годах – 161 день, с 16 ноября по 25 апреля. Исследование тенденций показало, что за последние тридцать лет начало замерзания почвы осенью сместилось на пять дней, а полное оттаивание происходит на три дня раньше обычных сроков. На основе рассчитанного коэффициента наклона линейной тенденции (КНЛТ) 0,8593 за рассматриваемый период продолжительность промерзания почвы сократилась на два дня (таблица 1). Данная тенденция прослеживается во все месяцы, при этом наименьшее значение убывания наблюдается во второй декаде ноября ($R^2 = 0,2479$), а наибольшее – в первой декаде апреля ($R^2 = 1,6389$) (таблица 2).

В условиях меняющегося климата особое внимание следует уделить тому, как промерзает почва. Этот процесс напрямую влияет на экосистемы и сельское хозяйство. Уже сейчас мы можем наблюдать, что средняя глубина промерзания почвы уменьшается на три сантиметра, а период промерзания сокращается на два дня.

Заключение. За последние три десятилетия в Ульяновской области наблюдается тенденция к повышению температуры воздуха на 2,7 °C и увеличению количества осадков на 154,9 мм. Эти изменения существенно влияют на глубину промерзания почвы. Исследования показали, что в течение всего холодного периода количество осадков возрастает, однако оттепели приводят к уменьшению высоты снежного покрова в первой и второй декаде декабря на

2,7 и 1,8 см соответственно. Это связано с повышением температуры воздуха в зимние месяцы и переходные сезоны. Промерзание почвы осенью в среднем начинается 19 ноября. В феврале глубина промерзания достигает максимума (36 см). В конце февраля скорость уменьшения толщины мерзлой почвы достигает 2,8 см в год. Средняя дата оттаивания зафиксирована 7 апреля. Средняя продолжительность промерзания почвы – 140 дней. Минимальная продолжительность промерзания – 59 дней – наблюдалась в 2010-2011 году, максимальная – 161 день – в 1997-1998 году. Исследование тенденций показало, что за последние 30 лет начало замерзания почвы сместилось на пять дней на более ранние сроки, а полное оттаивание происходит на три дня раньше, что подтверждается высоким уровнем достоверности. Продолжительность промерзания почвы сократилась. Изменение характеристик снежного покрова и промерзания почвы в Ульяновской области требует адаптации к новым условиям, оптимизации сельскохозяйственных практик и разработки мероприятий по смягчению последствий изменения климата.

Conclusions. Over the past three decades, there has been a trend towards an increase in air temperature by 2.7 °C and an increase in precipitation by 154.9 mm in the Ulyanovsk region. Studies have shown that during the entire cold period, the amount of precipitation increases, but thaws lead to a decrease in the height of the snow cover in the first and second decades of December by 2.7 and 1.8 cm, respectively. This is due to the increase in air temperature during the winter months and transitional seasons. Freezing of the soil in autumn begins on average on November 19. In February, the depth of freezing reaches a maximum (36 cm). At the end of February, the rate of decrease in the thickness of frozen soil reaches 2.8 cm per year. The average thawing date was recorded on April 7. The average duration of soil freezing is 140 days. The minimum duration of freezing – 59 days – was observed in 2010-2011, the maximum – 161 days – in 1997-1998. Trend research has shown that over the past 30 years, the onset of soil freezing has shifted five days earlier and complete thawing occurs three days earlier, as evidenced by a high level of confidence. The duration of soil freezing has decreased. Changes in the characteristics of snow cover and soil freezing in the Ulyanovsk region require adaptation to new conditions, optimization of agricultural practices and the development of measures to mitigate climate change.

Библиографический список

1. Хлебникова Е. И., Рудакова Ю. Л., Салль И. А. и др. Изменение показателей экстремальности термического режима в XXI в.: ансамблевые оценки для территории России. Метеорология и гидрология. 2019. № 3. С. 11-23.
2. Володин Е. М. Вероятные изменения климата в XXI веке на территории России по данным модели климата INM-CM5-0. Метеорология и гидрология. 2022. № 5. С. 5-13.
3. Шарипова Р. Б., Зотов О. Г. Оценка влияния основных агроклиматических показателей на урожайность зерновых культур в XXI веке (по данным Ульяновской области). Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2024. Т. 17. № 2 (81). С. 23-33.
4. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М., 2003. 479 с.
5. Чуян О. Г., Глазунов Г. П., Караулова Л. Н. и др. Оценка роли климатических, почвенных и агротехнических факторов в формировании ресурсов продуктивности агроландшафтов Центрального Черноземья. Метеорология и гидрология. 2022. № 6. С. 79-87.
6. Данилова И. В., Онучин А. А. Пространственное распределение снегозапасов и динамика схода снежного покрова в центральной части Приенисейской Сибири. Метеорология и гидрология. 2021. № 1. С. 82-92.
7. Мохов И. И., Парфенова М. Р. Взаимосвязь площади снежного покрова в Северном полушарии по спутниковым данным с приповерхностной температурой. Метеорология и гидрология. 2022. № 2. С. 32-44.
8. Cheremisinov A. Yu., Barinov V. N., Trukhina N. I. Relationships of nature, society, production and economics. Models and technologies of environmental management (regional aspect). 2019. № 1 (8). Pp. 8-15.
9. Кулик А. В., Гордиенко О. А., Шайфуллин М. Р. Динамика промерзания и оттаивания почвы в агроландшафте. Бюллетень Почвенного института имени В. В. Докучаева. 2022. №112. С. 160-180.
10. Iwata Y., Hirota T., Suzuki T., Kuwao K. Comparison of soil frost and thaw depths measured using frost tubes and other methods. Cold Regions Science and Technology. 2012. № 71. Pp. 111-117.
11. Калюжный И. Л., Лавров С. А. Изменчивость глубины промерзания почвы в бассейне р. Волга и ее влияние на процессы формирования зимнего и весеннего стока при изменениях климата. Метеорология и гидрология. 2016. № 7. С. 58-71.

References

1. Khlebnikova E. I., Rudakova Yu. L., Sall I. A., et al. Changes in thermal regime extremity indicators in the 21st century: ensemble estimates for the territory of Russia. Meteorology and Hydrology. 2019. No 3. Pp. 11-23.
2. Volodin E. M. Probable climate changes in the 21st century on the territory of Russia according to the INM-CM5-0 climate model. Meteorology and Hydrology. 2022. No 5. Pp. 5-13.
3. Sharipova R. B., Zotov O. G. Assessment of the influence of the main agroclimatic indicators on the yield of grain crops in the 21st century (according to data from the Ulyanovsk region). Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. 2024. Vol. 17. No 2 (81). Pp. 23-33.
4. Gmurman V. E. Probability Theory and Mathematical Statistics. Moscow, 2003. 479 p.

5. Chuyan O. G., Glazunov G. P., Karaulova L. N., et al. Assessment of the role of climatic, soil and agrotechnical factors in the formation of productivity resources of agrolandscapes of the Central Black Earth Region. *Meteorology and Hydrology*. 2022. No 6. Pp. 79-87.
6. Danilova I. V., Onuchin A. A. Spatial distribution of snow reserves and the dynamics of snow melt in the central part of Yenisei Siberia. *Meteorology and Hydrology*. 2021. No 1. Pp. 82-92.
7. Mokhov I. I., Parfenova M. R. Relationship between the area of snow cover in the Northern Hemisphere according to satellite data and the surface temperature. *Meteorology and Hydrology*. 2022. No 2. Pp. 32-44.
8. Cheremisinov A. Yu., Barinov V. N., Trukhina N. I. Relationships of nature, society, production and economics. Models and technologies of environmental management (regional aspect). 2019. No 1 (8). Pp. 8-15.
9. Kulik A. V., Gordienko O. A., Shaifullin M. R. Dynamics of soil freezing and thawing in an agroforestry landscape. *Bulletin of the Soil Institute named after V. V. Do-kuchaev*. 2022. No 112. Pp. 160-180.
10. Iwata Y., Hirota T., Suzuki T., Kuwao K. Comparison of soil frost and thaw depths measured using frost tubes and other methods. *Cold Regions Science and Technology*. 2012. No 71. Pp. 111-117.
11. Kalyuzhny I. L., Lavrov S. A. Variability of soil freezing depth in the Volga River basin and its influence on the processes of winter and spring runoff formation under climate change // *Meteorology and Hydrology*. 2016. No 7. Pp. 58-71.

Информация об авторах

Шарипова Разиде Бариевна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, Ульяновский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН (Российская Федерация, 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19), e-mail: rezedasharipova63@mail.ru

Петров Максим Вячеславович, научный сотрудник, Ульяновский НИИСХ – филиал СамНЦ РАН (Российская Федерация, 433315, Ульяновская область, Ульяновский район, п. Тимирязевский, ул. Институтская, 19), e-mail: maxim120198@yandex.ru

Author's Information

Sharipova Razide Bariyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Ulyanovsk Scientific Research Institute of Agriculture – the branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 433315, Ulyanovsk region, Ulyanovsk district, Timiryazevsky village, Institutskaya st., 19), e-mail: rezedasharipova63@mail.ru

Petrov Maksim Vyacheslavovich, Researcher, Ulyanovsk Scientific Research Institute of Agriculture – the branch of the Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 433315, Ulyanovsk region, Ulyanovsk district, Timiryazevsky village, Institutskaya st., 19), e-mail: maxim120198@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-17

THE INFLUENCE OF ENDOGENOUS AND EXOGENOUS JASMONATES ON THE STRESS RESISTANCE OF GRAPES

Lutsky E. O., Sundyrev M. A., Baranov M. O., Leonova A. A.

*North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking
Krasnodar, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: mari.sundy@bk.ru

Received 04.02.2025

Submitted 21.02.2025

The research was funded by the Russian Science Foundation (project No. 23-26-00280)

Summary

The article presents the results of a study of the expression of genes associated with the synthesis and signaling of jasmonic acid under different stress conditions and the effect of methyl jasmonate treatment on the grapes susceptibility to stress conditions. The results of the study showed that jasmonates are useful regulators of grape adaptive responses to multiple stress factors. Methyl jasmonate at 5mM concentration can be recommended to reduce the negative effects of low temperature stress during the growing season of grapes.

Abstract

Introduction. Climate change leads to an increase in temperature, changes in precipitation patterns and the frequency of extreme weather events, which in turn significantly affects the distribution, virulence, abundance and host range of phytopathogens. New approaches to managing the adaptive potential of grapes are needed in the face of climate change. Currently used agrochemicals aimed at reducing the negative impact of stressors are foliar fertilizers or biopreparations. The use of phytohormones on grapes is limited by the lack of data on their effect on reactions to a complex of stress factors affecting plants in the field. Jasmonates are multifunctional phytohormones that, at different concentrations, provide regulation of defense reactions to multiple stresses. The aim of the work was to determine the expression of genes associated with the synthesis and signaling of jasmonic acid in grapes under different types of stress conditions, as well as the effect of exogenous methyl jasmonate on the susceptibility of grapes to stressors. **Object.** The object of the research was grape plants untreated and treated with methyl jasmonate under conditions of high-temperature, low-temperature and biotic stress. **Materials and methods.** The studies were carried out during the growing and dormant period of grapes in 2023-2024 on a field plot and under simulated climatic conditions. **Results and conclusion.** Increased expression of jasmonate-related genes was

consistent with greater stability of grape tissues under stress. Exogenous application of methyl jasmonate before exposure of leaves to low-temperature stress completely neutralized its negative effects. Jasmonic acid can be attributed to the key elements regulating grape defense responses to multiple stresses. Exogenous methyl jasmonate has the ability to stabilize pigment and membrane complexes under abiotic and to biotic stresses, it reduced pathogen development and the intensity of oxidative processes. Methyl jasmonate can be recommended for field tests and to reduce the negative impact of extreme low temperature during the growing season on grape plants.

Keywords: cultivation of grapes, jasmonate, grape diseases, mildew, vegetation of grapes.

Citation. Lutsky E. O., Sundyreva M. A., Baranov M. O., Leonova A. A. The influence of endogenous and exogenous jasmonates on the stress resistance of grapes. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 163-173 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-17.

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

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

УДК 634.8.03:632.938.2:57.042

ВЛИЯНИЕ ЭНДОГЕННЫХ И ЭКЗОГЕННЫХ ЖАСМОНАТОВ НА СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТЬ ВИНОГРАДА

Луцкий Е. О., младший научный сотрудник
Сундырева М. А., кандидат сельскохозяйственных наук
Баранов М. О., младший научный сотрудник
Леонова А. А., младший научный сотрудник

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства виноградарства, виноделия»
г. Краснодар, Российская Федерация

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-26-00280

Актуальность. Изменение климата влечет за собой дальнейшее повышение температуры, изменение характера осадков и частоты экстремальных погодных явлений, что, в свою очередь, существенно влияет на распространение, вирулентность, численность и круг хозяев фитопатогенов. Такая тенденция делает необходимой разработку новых подходов к управлению адаптивным потенциалом винограда. Применяемые в настоящее время агрохимикаты, направленные на снижение негативного последствия стрессоров, относятся главным образом к листовым подкормкам или биопрепаратам. Применение фитогормонов на винограде ограничено недостаточностью данных об их влиянии на реакции на комплекс стрессовых факторов, воздействующих на растения в полевых условиях. Жасмонаты являются мультифункциональными фитогормонами, которые при различных концентрациях обеспечивают регуляцию защитных реакций на множественные стрессы. Целью работы являлось определение экспрессии генов, связанных с синтезом и сигналингом жасмоновой кислоты у винограда в разнотипных стрессовых условиях, а также влияния экзогенного метилжасмоната на восприимчивость винограда к воздействию стрессоров. **Материалы и методы.** Исследования проводились в течение периодов вегетации и покоя винограда 2023-2024 гг. на полевом участке и в моделируемых климатических условиях. Объектом исследования послужили растения винограда не обработанные и обработанные метилжасмонатом в условиях высокотемпературного, низкотемпературного и биотического стресса. **Результаты и выводы.** Повышение уровня экспрессии жасмонат-связанных генов было согласовано с большей стабильностью тканей винограда в условиях стресса. Экзогенное применение метилжасмоната перед воздействием на листья низкотемпературного стресса полностью нивелировало его негативные последствия. Таким образом, жасмоновую кислоту можно отнести к ключевым элементам регуляции защитных реакций винограда к множественным стрессам. Метилжасмонат при экзогенном нанесении на листья винограда обладает способностью стабилизировать пигментный и мембранный комплексы в условиях абиотических стрессов, а при воздействии биотического снижал развитие патогена и интенсивность окислительных процессов. Фитогормон может быть рекомендован для полевых тестов и снижения последствия экстремального понижения температуры в период вегетации винограда.

Ключевые слова: возделывание винограда, жасмонаты, болезни винограда, милдью, вегетация винограда.

Цитирование. Луцкий Е. О., Сундырева М. А., Баранов М. О., Леонова А. А. Влияние эндогенных и экзогенных жасмонатов на стрессоустойчивость винограда. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 163-173. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-17.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Зона виноградарства России характеризуется умеренно континентальным климатом с тенденцией к увеличению частоты метеострессовых явлений в летний и зимний период. Изменение климата влечет за собой дальнейшее повышение температуры, изменение характера осадков и частоты экстремальных погодных явлений (IPCC. Climate Change 2022), что, в свою очередь, существенно влияет на распространение, вирулентность, численность и круг хозяев фитопатогенов [1-3]. Так, в агроэкологической зоне виноградарства России часты эпифитотии милдью (6-7 раз за 10 лет), оидиума (8 раз за 10 лет), которые могут вызывать потери от 50 до 100% урожая текущего года, несмотря на наличие большого числа обработок фунгицидами. В отдельные годы эпифитотии распространялись на 50% площадей виноградников страны [3, 4]. Такая тенденция делает необходимой разработку новых подходов к управлению адаптивным потенциалом винограда.

Прикрепленный образ жизни растений диктует необходимость реакции на множество внешних воздействий: дефицит воды, засоление, высокие и низкие стрессовые температуры, дефицит питательных веществ, избыточная инсоляция, а также биотические факторы – фитопатогены, нематоды, вредители и симбиотические грибы и бактерии. У многолетних растений адаптация происходит к более широкому спектру внешних воздействий в связи с тем, что они функционируют весь годовой цикл. Регуляцию сложных ответных реакций на множественные стрессы осуществляют фитогормоны, среди которых в последнее время все больший интерес представляют жасмонаты. Жасмоновая кислота и ее производные являются важными сигнальными молекулами растений и обеспечивают ответные реакции на биотические и абиотические стрессы. Они также влияют на рост, образование боковых и придаточных корней, прорастание семян, старение листьев, формирование трихом, развитие пыльцы [5].

Жасмонаты специфично индуцируют образование стильбенов – ключевых фитоалексинов винограда, участвующих в защитной реакции против фитопатогенов [6]. Экзогенная обработка листьев винограда метилжасмонатом приводила к 90% ингибированию развития милдью за счет активации экспрессии PR-белков, повышения пероксидазной активности [7]. Показано, что жасмоновая кислота повышает устойчивость растений к избыточной инсоляции и высокотемпературному стрессу [8]. Высокая температура провоцирует быстрые изменения в липидном составе плазматической мембраны, что приводит к началу каскада реакций синтеза жасмонатов. Образующаяся при этом 12-оксо-фитодиеновая кислота, которая является предшественником жасмоноил-L-изолейцина (активной формы жасмоната), активирует экспрессию генов, обеспечивающих жаростойкость [9]. 12-оксо-фитодиеновая кислота, функционируя аналогично абсцизовой кислоте, усиливает закрытие устьиц и тем самым повышает засухоустойчивость [10]. Увеличение содержания жасмоновой кислоты обеспечивало засухоустойчивость *Vitis amurensis* посредством активации транскрипционного фактора NAC [11]. Показано, что и при холодовом стрессе наблюдается повышение экспрессии генов, связанных с образованием и сигналингом жасмоновой кислоты [12].

Таким образом, жасмоновая кислота может выступать как универсальный регулятор адаптивных реакций к множественным стрессовым факторам.

Целью работы являлось определение экспрессии генов, связанных с синтезом и сигналингом жасмоновой кислоты у винограда в разнотипных стрессовых условиях, а также влияния экзогенного метилжасмоната на восприимчивость винограда к воздействию стрессоров.

Материалы и методы. Объектом исследований являлся сорт винограда Курчанский (Мускат кубанский × Саперави северный). Растения подвергались моделируемым стрессовым воздействиям: высокотемпературному, низкотемпературному стрессу (лист и лоза), инфицированию милдью (*Plasmopara viticola* Berl. et Toni.). Воздействие высокотемпературного, низкотемпературного стрессов и заражения милдью изучали на горшечных растениях винограда, низкотемпературный стресс для зимующей лозы винограда изучали на черенках, срезанных с полевого участка.

Все измерения проведены в 3-5 повторях, в 1 повторе 3 растения. Данные представлены как среднее $\pm$ стандартная ошибка. Тест Дункана (Duncan's Multiple Range Test) был проведен для оценки достоверности различий между вариантами эксперимента при уровне значимости ниже 0,05. На рисунках достоверные различия относительно контрольного варианта обозначены звездочками. Статистические расчеты выполнены в программе Statistica. Работа выполнена на базе ЦКП «Приборно-аналитический» ФГНУ СКФНЦСВВ.

Результаты и обсуждение. Виноград в целом является достаточно засухоустойчивой, жаростойкой культурой, однако высоко восприимчив к большинству фитопатогенов и характеризуется относительно низкой морозостойкостью. Применяемые в настоящее время агрохимикаты, направленные на снижение негативного последствие стрессоров, относятся главным образом к листовым подкормкам или биопрепаратам. Применение фитогормонов на винограде ограничено недостаточностью данных об их влиянии на реакции на комплекс стрессовых факторов, воздействующих на растения в полевых условиях. Жасмонаты, как и все регуляторы роста, не функционируют независимо, а участвуют в сложной сети взаимодействий между множеством сигнальных путей растительных гормонов [17]. Различные эффекты экзогенно применяемых регуляторов роста, включая жасмоновую кислоту, могут возникать в результате модификации синтеза, катаболизма, активации, транспорта или чувствительности к эндогенным фитогормонам того же или другого типа [18].

Аномальное понижение температуры в начале мая 2024 года стало основанием для проведения эксперимента по влиянию стимуляторов на повреждаемость зеленых органов винограда отрицательными температурами. Был проведен эксперимент по оценке эффективности стимулирующих обработок на степень повреждения зеленых органов винограда стрессовыми температурами (небольшой отрицательной ($-1,5^{\circ}\text{C}$) и стрессовой положительной ($+40^{\circ}\text{C}$)), на поражение милдью и влияние низкотемпературного стресса на ткани зимующей лозы винограда.

Индекс стабильности хлорофилла отражает устойчивость пигментного аппарата к внешним воздействиям и является хорошим индикатором восприимчивости растения к стрессовому воздействию [19].

Нами было определено влияние стрессовых отрицательных и положительных температур на растения винограда как в присутствии метилжасмоната, так и без него. Так, индекс стабильности хлорофилла значительно снижался при воздействии на вегетирующие растения как отрицательной, так и положительной температуры. Предварительная обработка метилжасмонатом существенно увеличивала устойчивость пигментного аппарата к высокотемпературному стрессу, а при низкотемпературном воздействии оказывала положительный, но меньший эффект.

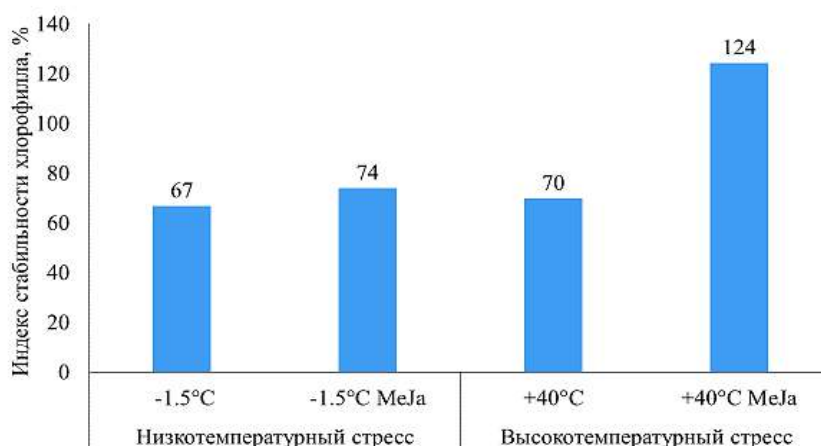


Рисунок 1 – Индекс стабильности хлорофилла в листьях винограда. MeJa – метилжасмонат
Figure 1 – Chlorophyll stability index in grape leaves. MeJa – Methyl Jasmonate

Восприимчивость растений к стрессовым факторам определяется стабильностью клеток, которая характеризуется выходом электролитов из поврежденных структур.

Листья винограда существенно повреждались низкой температурой, в меньшей степени высокотемпературным стрессом, что может объясняться приспособлением листьев к функционированию в положительных температурах, нежели отрицательных. При воздействии низкотемпературного стресса на черенки винограда наблюдалось двукратное увеличение выхода электролитов. При заражении милдью значимого изменения в EL не наблюдали. Метилжасмонат оказывал выраженное стабилизирующее действие на листья

винограда, полностью нивелируя негативный эффект от воздействия стрессоров. При низкотемпературном воздействии на черенки винограда метилжасмонат снижал повреждение тканей на 5% (рисунок 2).

Было показано, что экзогенное применение MeJA инициирует широкий спектр защитных реакций, включая выработку АФК и индукцию антиоксидантных ферментов, посредством взаимодействия с мембранными рецепторами жасмонатов в растительных клетках [20, 21]. Результаты нашего исследования согласуются с данными, полученными на пшенице, когда MeJA влиял на эффективность фотосистемы II путем стабилизации белка D1, увеличения его количества и усиления экспрессии генов *psbA* и *psbB*, стабилизировал содержание хлорофиллов [22]. Экзогенный метилжасмонат обеспечивает стабилизацию мембран за счет повышения активности антиоксидантных ферментов и накопления фенольных соединений, которые могут выступать в качестве неферментных антиоксидантов, а также укреплять клеточную стенку [21].

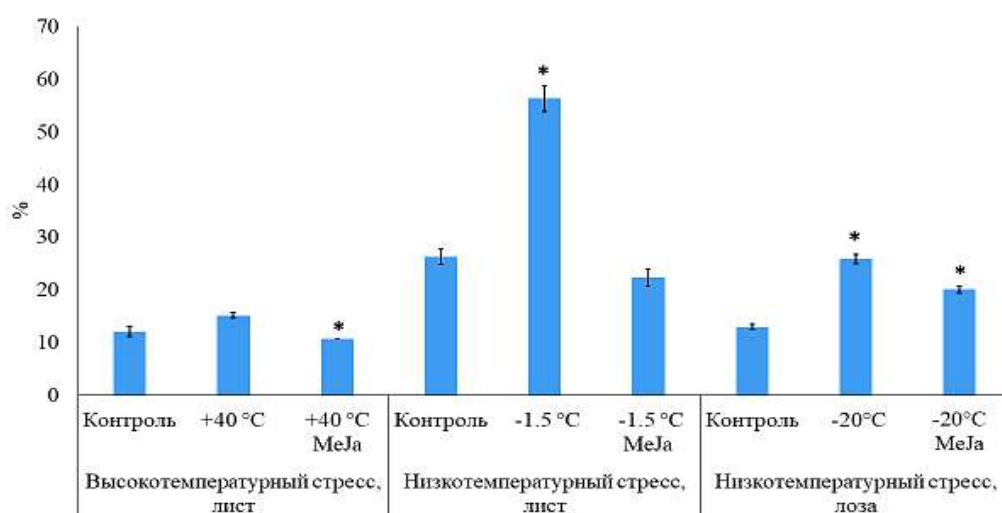


Рисунок 2 – Выход электролитов в органах винограда при стрессовых воздействиях
Figure 2 – Release of electrolytes in the organs of grapes under stress

Развитие патогенов характеризовало иммуностимулирующий эффект метилжасмоната. В контрольном варианте развитие милдью составляло $64,3 \pm 4,5\%$ площади листа, а при обработке метилжасмонатом – $41,14 \pm 6,2\%$ (рисунок 3).

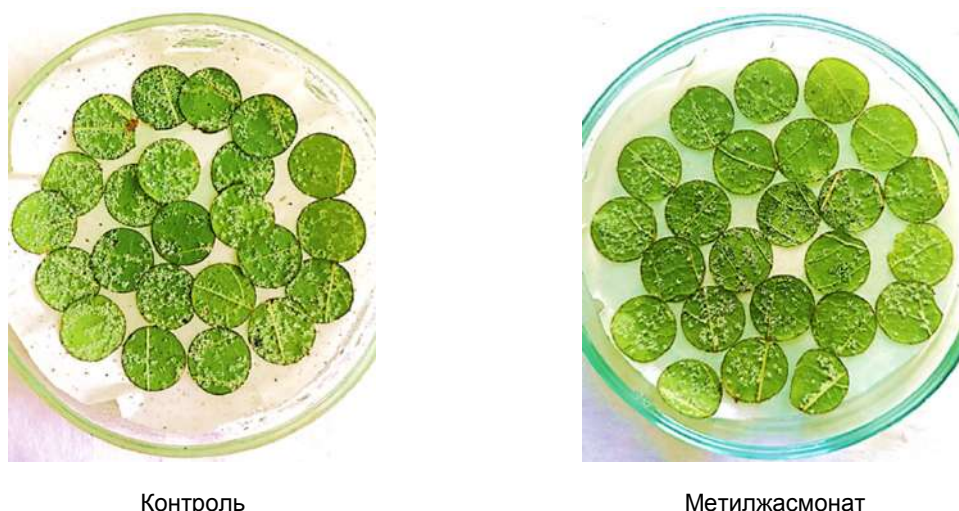


Рисунок 3 – Развитие милдью на листовых дисках винограда
Figure 3 – Development of mildew on grape leaf discs

Целостность мембран растений винограда оценивали на основе внутриклеточного маркера стресса – малонового диальдегида (МДА), который выделяется в результате перекисного окисления липидов.

Стрессовые условия приводили к увеличению содержания МДА, наибольшие изменения происходили в листьях винограда, подверженных заражению милдью. Обработка листьев и лозы метилжасмонатом под высоко- и низкотемпературным воздействием увеличивала содержание МДА (рисунок 4).

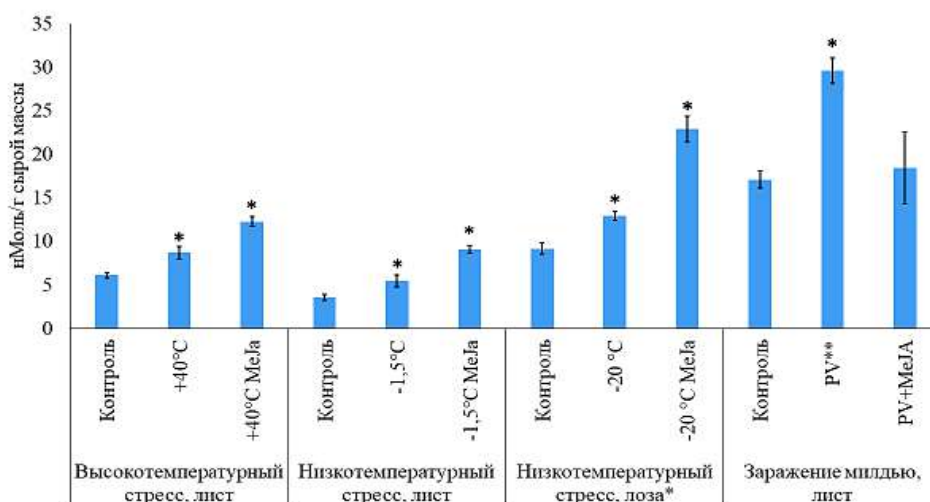


Рисунок 4 – Содержание малонового диальдегида в тканях винограда при стрессовых воздействиях

*значения уменьшены в 10 раз

**PV – заражение *Plasmopara viticola*

Figure 4 – Malondialdehyde content in grape tissues under stress

*values reduced by 10 times

**PV – *Plasmopara viticola* infection

Более высокое содержание малонового диальдегида в тканях винограда при температурных воздействиях на фоне применения метилжасмоната сопровождалось снижением выхода электролитов и стабилизацией пигментного комплекса. Такой результат отражает описанные ранее тезисы о регуляторной функции продуктов окисления липидов мембран, к которым относится малоновый диальдегид и жасмоновая кислота. Экзогенный метилжасмонат поддерживал более высокую концентрацию α-линоленовой кислоты и повышал активность липоксигеназы, алленоксидсинтазы и алленоксидциклазы, увеличивал экспрессию рецепторов жасмоната MYC2, JAZ, COI1 [23]. Малоновый диальдегид в свою очередь может формироваться в растительных тканях не только как продукт окисления липидов активными формами кислорода, но и как продукт функционирования липоксигеназы – начального фермента синтеза жасмонатов [24]. Увеличение содержания МДА может косвенно свидетельствовать об активации эндогенного образования жасмонатов. В то же время было показано, что МДА может играть положительную роль, активируя регуляторные гены, участвующие в защите растений, и обеспечивая защиту клеток в условиях окислительного стресса. В связи с этим было высказано предположение, что МДА в зависимости от его концентрации в клетках может действовать как защитный механизм, а не быть индикатором повреждения [24].

Оценка экспрессии ключевых генов, обеспечивающих синтез и сигналинг жасмоновой кислоты AOS и MYC2, показала, что высокотемпературный стресс и инфицирование милдью значимо увеличивали экспрессию обоих генов. Низкая температура снижала экспрессию генов в листьях. В вегетирующих органах изменение относительной экспрессии генов AOS и MYC2 было согласовано, а в лозе низкая температура приводила к снижению экспрессии MYC2 и отсутствию изменений в экспрессии AOS в лозе (рисунок 5).

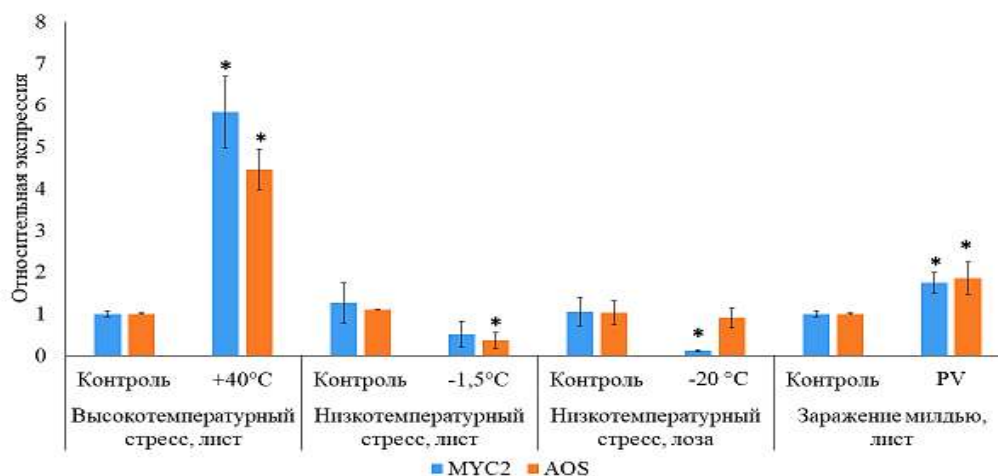


Рисунок 5 – Экспрессия генов MYC2 и AOS в тканях винограда при стрессовых воздействиях
Figure 5 – Expression of MYC2 and AOS genes in grape tissues under stress

Фактор транскрипции MYC2 является основным регулятором сигнальной ветви жасмоновой кислоты, участвующей в развитии растений и ответных реакциях на множественные стрессовые факторы. MYC2 инициирует экспрессию генов, обеспечивающих синтез жасмоновой кислоты и ее преобразование в активную форму жасмонат-изолейцин, за счет активации всех этапов синтеза жасмоновой кислоты, в частности 12-оксофитодиеновой кислоты, усиливает закрывание устьиц и, тем самым, повышает засухоустойчивость, усиливает синтез фенольных соединений [25].

Жасмоновая кислота индуцирует накопление белков теплового шока и синтез фенольных соединений при высокотемпературном стрессе, синтез полиаминов, криопротекторов и ферментных и неферментных антиоксидантов при низкотемпературном стрессе, синтез фитоалексинов и PR-белков при биотическом стрессе [26]. Показателем синтеза жасмонатов в растениях может служить увеличение экспрессии генов ферментов, их синтезирующих, в том числе AOS.

Высокий уровень экспрессии генов MYC2 и AOS был согласован с меньшими повреждениями ткани: высокотемпературный стресс и заражение милдью приводили к незначительному изменению EL в листьях в отличие от низкотемпературного стресса. Более низкая эффективность экзогенного MeJa на зимующей лозе может быть обусловлена низким уровнем экспрессии ключевого рецептора жасмоната – MYC2, т.е. поступающий метилжасмонат может восприниматься тканями слабее, чем в листьях.

Заключение. Результаты проведенных исследований показали, что повышение уровня экспрессии жасмонат-связанных генов было согласовано с большей стабильностью тканей винограда в условиях стресса. Экзогенное применение метилжасмоната перед воздействием на листья низкотемпературного стресса полностью нивелировало его негативные последствия. Таким образом, жасмоновую кислоту можно отнести к ключевым элементам регуляции защитных реакций винограда к множественным стрессам. Метилжасмонат при экзогенном нанесении на листья винограда обладает способностью стабилизировать пигментный и мембранный комплексы в условиях абиотических стрессов, а при воздействии биотического снижает развитие патогена и интенсивность окислительных процессов. Фитогормон может быть рекомендован для полевых тестов и снижения последствий экстремального понижения температуры в период вегетации винограда.

Conclusions. The results of the studies showed that an increase in the level of expression of jasmonate-related genes was consistent with greater stability of grape tissues under stress. The exogenous use of methyl jasmonate before exposure to low-temperature stress on the leaves completely neutralized its negative effects. Thus, jasmonic acid can be attributed to the key elements in the regulation of the protective reactions of grapes to multiple stresses. Methyl jasmonate, when applied exogenously to grape leaves, has the ability to stabilize the pigment and membrane complexes under con-

ditions of abiotic stress, and when exposed to biotic, it reduces the development of the pathogen and the intensity of oxidative processes. The phytohormone can be recommended for field tests and reducing the aftereffects of extreme temperature drops during the growing season of grapes.

Библиографический список

1. Iriti M., Vitalin S. Sustainable Crop Protection, Global Climate Change, Food Security and Safety-Plant Immunity at the Crossroads. *Vaccines*. 2020. V. 8. P. 42.
2. Shahzad A., Ullah S., Dar A. A. Nexus on climate change: agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. *Environ Sci Pollut Res*. 2021. V. 28. Pp. 14211-14232.
3. Юрченко Е. Г. Фитосанитарное состояние виноградников: проблемы и решения. Защита и карантин растений. 2021. № 10. С. 3-9.
4. Талаш А. И., Трошин Л. П. Современное фитосанитарное состояние виноградников России. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 80. С. 324-333.
5. Пиголев А. В., Дегтярёв Е. А. Мирошниченко Д. Н., Савченко Т. В. Перспективы применения жасмонов, салицилатов и абсцизовой кислоты в сельском хозяйстве для повышения стрессоустойчивости растений (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2023. Т. 58. № 1. С. 3-22.
6. Gutiérrez-Gamboa G., Mateluna-Cuadra R., Díaz-Gálvez I., Mejía N., Verdugo-Vásquez N. Methyl jasmonate applications in viticulture: a tool to increase the content of flavonoids and stilbenes in grapes and wines. *Horticulturae*. 2021. Vol. 7. P. 133.
7. Burdziej A., Bellée A., Bodin E., Valls Fonayet J., Magnin N., Szakiel A., Corio-Costet M.-F. Three types of elicitors induce grapevine resistance against downy mildew via common and specific immune responses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2021. Vol. 69 (6). Pp. 1781-1795.
8. Balfagón D., Sengupta S., Gómez-Cadenas A., Fritsch F. B., Azad R. K., Mittler R., Zandalinas S. I. Jasmonic acid is required for plant acclimation to a combination of high light and heat stress. *Plant physiology*. 2019. Vol. 181. Pp. 1668-1682.
9. Marchetti F., Cainzos M., Cascallares M., Distéfano A. M., Setzes N., López G. A., Zabaleta E., Pagnussat G. C. Heat stress in *Marchantia polymorpha*: sensing and mechanisms underlying a dynamic response. *Plant, Cell & Environment*. 2021. Vol. 44. Pp. 2134-2149.
10. Song C., Cao Y., Dai J., Li G., Manzoor M. A., Chen C., Deng H. The multifaceted roles of MYC2 in plants: toward transcriptional reprogramming and stress tolerance by jasmonate signaling. *Front. Plant Sci*. 2022. Vol. 13. P. 868874.
11. Su L., Fang L., Zhu Z., Zhang L., Sun X., Wang Y., Wang Q., Li S., Xin H. The transcription factor VaNAC17 from grapevine (*Vitis amurens*) enhances drought tolerance by modulating jasmonic acid biosynthesis in transgenic *Arabidopsis*. *Plant cell reports*. 2020. Vol. 39. Pp. 621-634.
12. Ren C., Fan P., Li S., Liang Z. Advances in understanding cold tolerance in grapevine. *Plant Physiology*. 2023. Vol. 192 (3). Pp. 1733-1746.
13. Jambunathan N. Determination and detection of reactive oxygen species (ROS), lipid peroxidation, and electrolyte leakage in plants. *Plant stress tolerance. Methods in Molecular Biology*. Humana Press. 2010. V. 639.
14. Егоров Е. А. и др. Современные инструментальные и полевые методы исследований плодовых культур и винограда, продуктов их переработки. Краснодар: Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия. 2024. 447 с.
15. Pawar S. G., Kamble V. M. Evaluation of chlorophyll content and chlorophyll stability index of some anti-allergenic medicinal plants. *Asian Journal of Multidisciplinary Studies*. 2015. Vol. 3.
16. Schmittgen T., Livak K. Analyzing real-time PCR data by the comparative C(T) method. *Nat Protocols*. 2008. Vol. 3 (6). Pp. 1101-1108.
17. Yang J., Duan G., Li C., Liu L., Han G., Zhang Y., Wang C. The crosstalks between jasmonic acid and other plant hormone signaling highlight the involvement of jasmonic acid as a core component in plant response to biotic and abiotic stresses. *Front Plant Sci*. 2019. Vol. 10. P. 1349.
18. Gaspar T., Kevers C., Penel C., Greppin H., Reid D. M., Thorpe T. A. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In vitro Cell Dev Biol Plant*. 1996. Vol. 32. Pp. 272-289.
19. Mohan M. M., Lakshmi N. S., Ibrahim S. M. Chlorophyll stability index (CSI): its impact on stress tolerance in rice. *International Rice Research Newsletter*. 2000. Vol. 25. Pp. 38-39.
20. Ho T. T., Murthy H. N., Park S. Y. Methyl jasmonate induced oxidative stress and accumulation of secondary metabolites in plant cell and organ cultures. *Int. J. Mol. Sci*. 2020. Vol. 21. P. 716.
21. Dewi P., Nabi S., Mir J., Verma M., Yadav S., Roy P., Sircar D. Methyl jasmonate improves resistance in scab-susceptible Red Delicious apple by altering ROS homeostasis and enhancing phenylpropanoid biosynthesis. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2024. Vol. 2024. P. 108371.
22. Fatma M., Iqbal N., Sehar Z., Alyemeni M. N., Kaushik P., Khan N. A., Ahmad P. Methyl jasmonate protects the PS II system by maintaining the stability of chloroplast D1 protein and accelerating enzymatic antioxidants in heat-stressed wheat plants. *Antioxidants*. 2021. Vol. 10 (8). P. 1216.
23. Huan C., Yang X., Wang L., Kebbeh M., Wang Y., Dai B., Shen S., Zheng X., Zhou H. Methyl jasmonate treatment regulates α -linolenic acid metabolism and jasmonate acid signaling pathway to improve chilling tolerance in both stony hard and melting flesh peaches. *Postharvest Biology and Technology*. 2022. Vol. 190. P. 111960.
24. Morales M., Munné-Bosch S. Malondialdehyde: facts and artifacts. *Plant Physiology*. 2019. Vol. 180 (3). Pp. 1246-1250.

25. Song C., Cao Y., Dai J., Li G., Manzoor M. A., Chen C., Deng H. The multifaceted roles of MYC2 in plants: toward transcriptional reprogramming and stress tolerance by jasmonate signaling. *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. P. 868874.

26. Rehman M., Saeed M. S., Fan X., Salam A., Munir R., Yasin M. U., Khan A. R., Muhammad S., Ali B., Ali I. The multifaceted role of jasmonic acid in plant stress mitigation: an overview. *Plants.* 2023. Vol. 12 (23). P. 3982.

References

1. Iriti M., Vitalin S. Sustainable Crop Protection, Global Climate Change, Food Security and Safety-Plant Immunity at the Crossroads. *Vaccines.* 2020. V. 8. P. 42.

2. Shahzad A., Ullah S., Dar A. A. Nexus on climate change: agriculture and possible solution to cope future climate change stresses. *Environ Sci Pollut Res.* 2021. V. 28. Pp. 14211-14232.

3. Yurchenko E. G. Phytosanitary state of vineyards: problems and solutions. *Plant protection and quarantine.* 2021. № 10. Pp. 3-9.

4. Talash A. I., Troshin L. P. Current Phytosanitary State of Vineyards in Russia. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University.* 2012. № 80. Pp. 324-333.

5. Pigolev A. V., Degtyarev E. A., Miroshnichenko D. N., Savchenko T. V. Prospects for the use of jasmonates, salicylates and abscisic acid in agriculture to increase plant stress resistance (review). *Agricultural biology.* 2023. V. 58. № 1. Pp. 3-22.

6. Gutiérrez-Gamboa G., Mateluna-Cuadra R., Díaz-Gálvez I., Mejía N., Verdugo-Vásquez N. Methyl jasmonate applications in viticulture: a tool to increase the content of flavonoids and stilbenes in grapes and wines. *Horticulturae.* 2021. Vol. 7. P. 133.

7. Burdziej A., Bellée A., Bodin E., Valls Fonayet J., Magnin N., Szakiel A., Corio-Costet M.-F. Three types of elicitors induce grapevine resistance against downy mildew via common and specific immune responses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.* 2021. Vol. 69 (6). Pp. 1781-1795.

8. Balfagón D., Sengupta S., Gómez-Cadenas A., Fritsch F. B., Azad R. K., Mittler R., Zandalinas S. I. Jasmonic acid is required for plant acclimation to a combination of high light and heat stress. *Plant physiology.* 2019. Vol. 181. Pp. 1668-1682.

9. Marchetti F., Cainzos M., Cascallares M., Distéfano A. M., Setzes N., López G. A., Zabaleta E., Pagnussat G. C. Heat stress in *Marchantia polymorpha*: sensing and mechanisms underlying a dynamic response. *Plant, Cell & Environment.* 2021. Vol. 44. Pp. 2134-2149.

10. Song C., Cao Y., Dai J., Li G., Manzoor M. A., Chen C., Deng H. The multifaceted roles of MYC2 in plants: toward transcriptional reprogramming and stress tolerance by jasmonate signaling. *Front. Plant Sci.* 2022. V. 13. P. 868874.

11. Su L., Fang L., Zhu Z., Zhang L., Sun X., Wang Y., Wang Q., Li S., Xin H. The transcription factor VaNAC17 from grapevine (*Vitis amurens*) enhances drought tolerance by modulating jasmonic acid biosynthesis in transgenic *Arabidopsis*. *Plant cell reports.* 2020. Vol. 39. Pp. 621-634.

12. Ren C., Fan P., Li S., Liang Z. Advances in understanding cold tolerance in grapevine. *Plant Physiology.* 2023. Vol. 192 (3). Pp. 1733-1746.

13. Jambunathan N. Determination and detection of reactive oxygen species (ROS), lipid peroxidation, and electrolyte leakage in plants. *Plant stress tolerance. Methods in Molecular Biology.* Humana Press. 2010. V. 639.

14. Egorov E. A., et al. Modern Instrumental and Field Methods of Research of Fruit Crops and Grapes, Products of Their Processing. Krasnodar: North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking. 2024. 447 p.

15. Pawar S. G., Kamble V. M. Evaluation of chlorophyll content and chlorophyll stability index of some anti-allergenic medicinal plants. *Asian Journal of Multidisciplinary Studies.* 2015. Vol. 3.

16. Schmittgen T., Livak K. Analyzing real-time PCR data by the comparative C(T) method. *Nat Protocols.* 2008. Vol. 3 (6). Pp. 1101-1108.

17. Yang J., Duan G., Li C., Liu L., Han G., Zhang Y., Wang C. The crosstalks between jasmonic acid and other plant hormone signaling highlight the involvement of jasmonic acid as a core component in plant response to biotic and abiotic stresses. *Front Plant Sci.* 2019. Vol. 10. P. 1349.

18. Gaspar T., Kevers C., Penel C., Greppin H., Reid D. M., Thorpe T. A. Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In vitro Cell Dev Biol Plant.* 1996. Vol. 32. Pp. 272-289.

19. Mohan M. M., Lakshmi N. S., Ibrahim S. M. Chlorophyll stability index (CSI): its impact on stress tolerance in rice. *International Rice Research Newsletter.* 2000. Vol. 25. Pp. 38-39.

20. Ho T. T., Murthy H. N., Park S. Y. Methyl jasmonate induced oxidative stress and accumulation of secondary metabolites in plant cell and organ cultures. *Int. J. Mol. Sci.* 2020. Vol. 21. P. 716.

21. Demiwal P., Nabi S., Mir J., Verma M., Yadav S., Roy P., Sircar D. Methyl jasmonate improves resistance in scab-susceptible Red Delicious apple by altering ROS homeostasis and enhancing phenylpropanoid biosynthesis. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2024. Vol. 2024. P. 108371.

22. Fatma M., Iqbal N., Sehar Z., Alyemeni M. N., Kaushik P., Khan N. A., Ahmad P. Methyl jasmonate protects the PS II system by maintaining the stability of chloroplast D1 protein and accelerating enzymatic antioxidants in heat-stressed wheat plants. *Antioxidants.* 2021. Vol. 10 (8). P. 1216.

23. Huan C., Yang X., Wang L., Kebbeh M., Wang Y., Dai B., Shen S., Zheng X., Zhou H. Methyl jasmonate treatment regulates α -linolenic acid metabolism and jasmonate acid signaling pathway to improve chilling tolerance in both stony hard and melting flesh peaches. *Postharvest Biology and Technology.* 2022. Vol. 190. P. 111960.

24. Morales M., Munné-Bosch S. Malondialdehyde: facts and artifacts. *Plant Physiology.* 2019. Vol. 180 (3). Pp. 1246-1250.

25. Song C., Cao Y., Dai J., Li G., Manzoor M. A., Chen C., Deng H. The multifaceted roles of MYC2 in plants: toward transcriptional reprogramming and stress tolerance by jasmonate signaling. *Front. Plant Sci.* 2022. Vol. 13. P. 868874.

26. Rehman M., Saeed M. S., Fan X., Salam A., Munir R., Yasin M. U., Khan A. R., Muhammad S., Ali B., Ali I. The multifaceted role of jasmonic acid in plant stress mitigation: an overview. *Plants.* 2023. Vol. 12 (23). P. 3982.

Информация об авторах

Луцкий Евгений Олегович, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), ORCID 0000-0003-0521-0827, e-mail: chrisoreduferudo@gmail.com

Сундырева Мария Андреевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), ORCID 0000-0002-1338-1725, e-mail: Mari.sundy@bk.ru

Баранов Максим Олегович, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), ORCID 0009-0009-5973-3886, e-mail: feakernaax97@yandex.ru

Леонова Анна Александровна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Российская Федерация, 350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39), ORCID 0009-0007-0148-4966, e-mail: anna7893leonova@yandex.ru

Author's Information

Lutsky Evgeny Olegovich, Junior Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-letiya Pobedy str., 39), ORCID 0000-0003-0521-0827, e-mail: chrisoreduferudo@gmail.com

Sundyreva Maria Andreevna, Candidate of Agricultural Sciences, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-letiya Pobedy str., 39), ORCID 0000-0002-1338-1725, e-mail: Mari.sundy@bk.ru

Baranov Maksim Olegovich, Junior Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-letiya Pobedy str., 39), ORCID 0009-0009-5973-3886, e-mail: feakernaax97@yandex.ru

Leonova Anna Aleksandrovna, Junior Researcher, North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking (Russian Federation, 350901, Krasnodar, 40-letiya Pobedy str., 39), ORCID 0009-0007-0148-4966, e-mail: anna7893leonova@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-18

SURFACE RUNOFF: GLOBAL AND LOCAL ASPECTS**Siukov S. S., Semenenko S. Ya**

*All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture – branch of the Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: semenenkosy.vniioz@yandex.ru

Received 03.09.2024

Submitted 23.01.2025

The materials of the article are presented based on the results of research conducted while fulfilling the state assignment on the topic No FNFR-2022-0005

Summary

The necessity of studying surface runoff at various levels of its formation has been established: global and local, since it is the main component in the water cycle and forms the volume and area of water erosion of the soil and its pollution. Technologies for reducing and eliminating surface runoff during irrigation of graduated fields by sprinkling are recommended for the local level.

Abstract

Introduction. Considering such a natural phenomenon as surface runoff, it is necessary to turn to the mega environment of its manifestation, which is the water cycle in nature.

The assumption of the water cycle first appeared in China, then in India, and in Europe it was talked about around 1500. In Russia, A. I. Voeikov studied this issue, who pointed out in the scientific work "Our Rivers" (1888-1889) that "rivers can be considered as a product of climate. Centuries-old observations have established that the water cycle operates continuously, and during the year about 525.1 thousand km³ of water evaporates into the atmosphere, returning to the earth and water surface in the form of precipitation without, practically, changing its total amount. The circulation is realized in the main four geographical blocks: water, atmospheric, soil and soil. The last one, soil, was given special importance by the great Russian scientist, academician V. I. Vernadsky in the formation of the "noosphere" – "a new state of the biosphere, in which the mental intelligent activity of man will become a determining factor in its development. «This is due to the fact, as he wrote in the book "The History of Natural Waters", that "... soil is a powerful factor that changes the composition of surface waters, in particular rivers, with soil solution. River water determines the composition of seawater." On the issue of water resources protection, he wrote: "... we are not used to realizing what changes human culture makes to the history of natural waters, and we are not used to taking this into account" [1]. And now we have realized that human-induced climate change has led to changes in the global water cycle. The IPCC Sixth Assessment Report (2023) states that there is "abundant evidence that changes in land use and soil cover alter the water cycle at the global, regional and local levels through changes in precipitation, evaporation, flooding, groundwater and the availability of freshwater for various purposes." For a general understanding of the processes initiated by the passing surface runoff, it is neces-

sary to study its impact at the global level. **Object.** The object of the study is surface runoff in natural and artificial manifestations created by sprinkler technology. **Purpose of the study.** Investigation of the mechanism of manifestation of irrigation erosion on critical slopes of irrigated fields and development of technologies for its containment. **Materials and methods.** The methodological basis of the research was the methods of system analysis, synthesis and theoretical provisions of land reclamation science. The generally accepted adapted methods of theoretical, laboratory, and field research using modern scientific equipment, as well as statistical methods of data processing, were used. **Results and discussion.** At the global level, the most noticeable block in the water cycle in nature for the world's population is surface runoff, the intensity of which directly affects soil fertility. It is very difficult to resist him, and it is practically impossible to control him. At the local level, where natural (rains) and artificial (irrigation) impacts are combined, it is possible to manage only the anthropogenic component. A complex technology that combines the following techniques has the maximum speed of converting the volume of irrigation norms into intra-soil moisture: – application of organ mineral fertilizers + annual operational planning + annual mowing – crevice of irrigated soils. The volume of runoff losses on erosion-hazardous slopes (0.01) decreases from 10.8 with watering at a rate of 700 m/3ha to 0.0% with watering at a rate of 300 m/3ha. At critical slopes (0.015), surface runoff decreases from 17.8% on traditionally cultivated technology to 2.3% on the proposed one.

Keywords: surface runoff, water circulation, water erosion, subsoil moisture, irrigation rate, slope effect, route runoff.

Citation. Siukov S. S., Semenenko S. Ya. Surface runoff: global and local aspects. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 173-183 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-18.

The author's contribution. All the authors of the study were directly involved in the planning, execution and analysis of the results of experimental studies.

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

УДК 631.6:631.6.02

ПОВЕРХНОСТНЫЙ СТОК: ГЛОБАЛЬНЫЙ И ЛОКАЛЬНЫЙ АСПЕКТЫ

Сиуков С. С., младший научный сотрудник

Семененко С. Я., главный научный сотрудник, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал ФГБНУ «ФНЦ гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

Материалы статьи представлены по результатам исследований, проведённых при выполнении государственного задания по теме № FNFR-2022-0005

Актуальность. Рассматривая такое естественное явление, как поверхностный сток, необходимо обратиться к мегасреде его проявления, каким является кругооборот воды в природе.

Предположение о круговороте воды впервые появилось в Китае, затем в Индии, в Европе о нём заговорили в районе 1500 года. В России изучением данного вопроса занимался А. И. Воейков, который указал в научном труде «Наши реки» (1888-1889), что «реки можно рассматривать как продукт климата».

Многовековыми наблюдениями установлено, что кругооборот воды действует непрерывно, и в течение года в атмосферу испаряется около 525,1 тыс. км³ воды, возвращающейся на земную и водную поверхность в виде осадков без, практически, изменения его общего количества.

Реализуется кругооборот в основных четырёх географических блоках: водный, атмосферный, грунтовый и почвенный.

Последнему – почвенному, великий русский учёный академик В. И. Вернадский (2003), придавал особое значение при формировании «ноосферы» – «нового состояния биосферы, в котором умственная разумная деятельность человека станет определяющим фактором её развития». Это связано с тем, как он писал в книге «История природных вод», что «...почва – могучий фактор, который почвенным раствором меняет состав поверхностных вод, в частности рек. Речная же вода определяет состав морской воды». В вопросе охраны водных ресурсов он писал: «...мы не привыкли сознать, какие изменения вносит человеческая культура в историю природных вод, и не привыкли это учитывать».

И сейчас мы осознали, что вызванное деятельностью человека изменение климата привело к изменениям в мировом круговороте воды. В шестом оценочном отчёте МГЭИК (2023) говорится о существовании «...многочисленных доказательств того, что изменения в землепользовании и почвенном покрове изменяют круговорот воды на глобальном, региональном и локальном уровнях за счет изменения осадков, испарения, затопления, подземных вод и доступности пресной воды для различных целей».

Для общего понимания процессов, инициированных проходящим поверхностным стоком, необходимо изучение его воздействия и на глобальном, и на локальном уровнях.

Объект. Объектом исследования является поверхностный сток в естественном и искусственном, созданном дождевальной техникой, проявлении. **Цель.** Исследование механизма проявления ирригационной эрозии на критических уклонах орошаемых полей и разработка технологий её сдерживания. **Материалы и методы.** Методологической основой исследований являлись методы системного анализа, синтеза и теоретических положений мелиоративной науки. Использовались общепринятые адаптированные методы теоретических, лабораторных, полевых исследований с применением современного научного оборудования, а также статистические методы обработки данных. **Результаты и обсуждение.** На глобальном уровне наиболее визуально заметным для населения планеты воздействием в круговороте воды в природе является поверхностный сток, интенсивность которого напрямую влияет на плодородие почв. Противостоять ему очень сложно, а управлять практически невозможно. На локальном уровне, где суммируются естественные (дожди) и искусственные (орошение) воздействия, возможно управление только антропогенной составляющей. Максимальной скоростью перевода объёма поливной нормы во внутрипочвенную влажность, из числа изученных, обладает комплексная технология, объединяющая следующие приёмы: внесение органических удобрений + проведение ежегодной эксплуатационной планировки + ежегодное крошение – щелевание орошаемых почв. Объём потерь на сток на эрозионно-опасных уклонах (0,01) уменьшается с 10,8 при поливе нормой 700 м³/га до 0,0% при поливе нормой 300 м³/га. На критических уклонах (0,015) поверхностный сток уменьшается с 17,8 на традиционно возделываемой технологии до 2,3% на предлагаемой.

Ключевые слова: *поверхностный сток, кругооборот воды, водная эрозия, внутрипочвенная влажность, поливная норма, склоновый эффект, маршрутный сток.*

Цитирование. Сиуков С. С., Семененко С. Я. Поверхностный сток: глобальный и локальный аспекты. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 173-183. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-18.

Авторский вклад. Все авторы проведённого исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе результатов экспериментальных исследований.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Необходимость изучения поверхностного стока, являющегося основным компонентом в кругообороте воды, заключается в динамичности изменения его химического состава и массы стока, которая формирует объём и площадь водной эрозии почвы и её загрязнения. Поверхностный сток (в иностранной литературе может отображаться как наземный или сухопутный [1]) представляет собой поток воды различного слоя и взвешенных включений по поверхности земли, образовавшийся в силу несоответствия интенсивности падения на почву естественного или искусственного дождя скорости её впитывания почвой. Происходит передвижение свободной гравитационной воды под влиянием разности геодезических высот (уклон поверхности земли) и гидравлического напора (величина слоя воды).

Тип стока, в зависимости от его образования, подразделяется на – поверхностный, внутрипочвенный, грунтовый и дренажный (выполняется специальными гидротехническими сооружениями) (рисунок 1).

Иностранные специалисты [1, 2] детализируют название стока по типу образования и степени предварительного насыщения. В соответствии с их градацией они определяют:

- *ненасыщенный сухопутный сток*, образующийся после насыщения условно сухой почвы при высокой интенсивности дождя и низкой инфильтрационной способности почв в связи с её уплотнением. Иное название – хортоновский сухопутный сток, в честь автора – Роберта Э. Хортон. В основном термин используется при описании стока с уплотнённых земель в ходе строительства или с замощённых (с твёрдым покрытием) городских территорий;

- *насыщенный сухопутный сток*, образующийся после полного насыщения почвы и наполнения микропонижений. Иное название – избыточный сухопутный сток насыщения, или, – по имени автора – сток Данна;

- *подповерхностный обратный сток или сквозной сток*, образуется при выклинивании (просачивании) внутрипочвенного потока в верхней части склона или холма в боковом направлении.

Многочисленными исследованиями установлено, что эрозия начинается с удара дождевых капель о почву, вызывающего разбрызгивание и, возможно, раскалывание частиц почвы, этот процесс называют капельной эрозией.

Исследователями Ц. Е. Мирцхулава (1970, 1978), Сухановским Ю. П. [3], Зверковым М. С. (2013, 2019) установлено, что «...1) при каплевой эрозии средние потери почвы со склона уменьшаются с увеличением длины склона; 2) при поверхностной эрозии (при воздействии на почву поверхностного потока воды) эти потери наоборот, увеличиваются; 3) для склонов с большой длиной можно не учитывать каплевую эрозию».

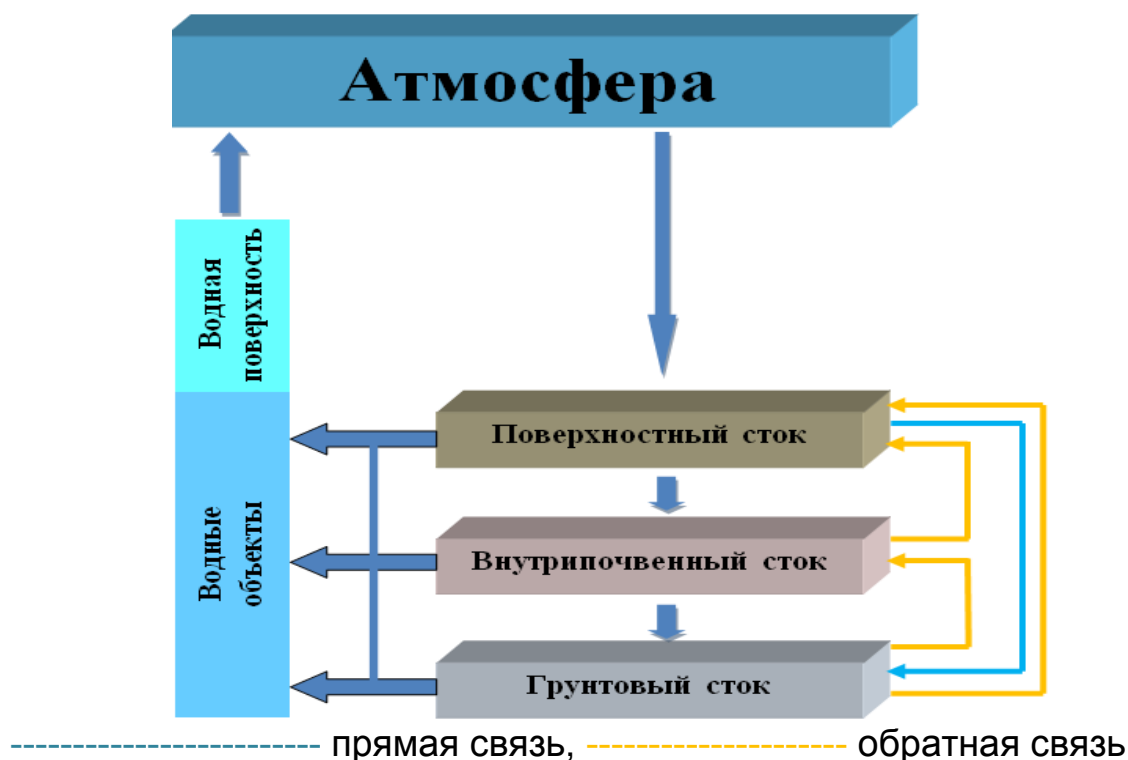


Рисунок 1 – Формирование типов стока в системе кругооборота воды в природе
Figure 1 – Formation of flow types in the water circulation system in nature

На первом этапе формирования поверхностного стока – этапе безнапорного впитывания воды почвой, проходит и процесс фильтрования стока через почвенную среду, и поступление очищенной воды в грунтовый поток. При появлении слоя воды на поверхности почвы скорость фильтрования увеличивается, т. к. процесс впитывания переходит в напорный режим. Во временном разрезе данный процесс не продолжителен. Появление слоя воды и его движение по склону означает второй этап формирования стока – сток условно чистой воды без отрыва почвенных частиц. При увеличении расхода приходящей на поверхность поля воды, провоцирующей и увеличение скорости потока, наступает третий этап – ирригационная эрозия, сопровождающаяся переносом (возможно на значительные расстояния) продуктов эрозии (эродированный материал).

Первоначальный эродированный материал появляется в результате механического воздействия дождевых капель на почвенные частицы, смещающиеся при ударе или разбивающиеся на более мелкие частицы и перемещающиеся в дальнейшем в объеме поверхностного слоя стока по плоскости поля. Это так называемая плоскостная (в иностранной литературе – слоистая) эрозия – перенос наносов по суше без формирования определённого русла (рисунок 2), но точнее её необходимо определять как «поверхностная», т.к. не вся площадь поля представляется плоскостью, на ней имеются и склоновые (различной интенсивности) поверхности.

Топографические особенности поверхности поля и наличие микрорельефа могут сосредоточить сток в ручейки с ярко выраженными руслами. Это этап эрозии струйчатой, или русловой. Её проявление может легко нивелироваться агротехническими приёмами в процессе основной и дополнительных приёмов обработки почвы в связи с незначительными размерами (глубина и ширина) образованной канавки (рисунок 3).



Рисунок 2 – Ливневая плоскостная
(поверхностная) эрозия
Figure 2 – Stormwater planar (surface) erosion



Рисунок 3 – Русловая эрозия (струйчатая)
Figure 3 – Riverbed erosion (trickle)

При увеличении объёма поверхностного стока и его скорости происходит увеличение глубины и размеров русла размыва, что приведёт к появлению овражной эрозии, т.е. к глубинному размыву рыхлых и связных пород концентрированными водными потоками. На начальном этапе борьба с ним возможна методом «землевания» – засыпкой промоин привозным грунтом. Борьба с овражной эрозией является дорогостоящим мероприятием и не всегда оправданным. Современная классификация форм линейной эрозии следующие: – водороина (струйчатый размыв) глубиной до 0,5 м; – размоина, глубиной до 1 м; – промоина, глубиной до 2 м; – овраг, глубиной более 2 м.

Поверхностный сток с урбанизированных территорий – городской и промышленный сток, при равенстве объёма поступающих атмосферных осадков, отличается увеличенным объёмом и уровнем загрязнённости вследствие наличия непроницаемых и маловодопроницаемых поверхностей, таких как дороги с твёрдым покрытием, замощенные тротуары, здания и т.д. В данном случае, при отсутствии возможности просачивания в водоносный горизонт и почвенной очистки, сток попадает в нижерасположенные по градуированной поверхности элементы ландшафта – пруды, озёра, реки, интенсифицируя процессы их эвтрофикации, вызывая затопление подвальных помещений, уменьшая подпитку грунтовых вод. Данный вид стока поддаётся «централизации», т.е. его можно сделать сосредоточенным, поддающимся очистке на локальных устройствах. Важно понимать, что он крайне загрязнён, и преимущественно ксенобиотиками, эффективная очистка воды от которых возможна с применением «высоких» технологий [4, 5].

При использовании поверхностных вод на питьевые цели возрастают риски для здоровья человека и/или ухудшается эстетическое восприятие употребления воды с неприятным запахом, цветом, мутностью.

Загрязняющие вещества – нефтепродукты, удобрения, гербициды, пестициды, взвешенные вещества, попадая со стоком в водоисточники, усиливают фитотоксичность, изменяют метаболические процессы водных видов и продуктивность высшей водной растительности [6].

В научных публикациях (W. F. Spencer, 1970), есть сообщения, что «...поверхностный сток пестицидов, таких как ДДТ, может генетически изменять пол видов рыб, что превращает самцов рыб в самок» [7].

Результатом водной эрозии земель сельскохозяйственного назначения, когда частицы почвы размером от 0,001 до 1,0 мм и более (в зависимости от интенсивности дождя и крупности капель) выносятся за границы поля, является снижение потенциального плодородия и продуктивности сельскохозяйственных культур до 50% [8].

По данным зарубежных исследователей, «...целые сельскохозяйственные районы в различных странах стали непродуктивными из-за водной эрозии. Так, на высоком центральном плато Мадагаскара, составляющем примерно 10% площади суши страны, практически весь ландшафт лишён растительности, с эрозионными овражными бороздами, глубина которых обычно превышает 50, а ширина 1000 метров. Промышленный тип ведения совре-

менного сельского хозяйства также является серьезной причиной водной эрозии». Более трети так называемого «кукурузного пояса» США полностью утратили свой верхний слой почвы, что явилось причиной перехода на применение технологии «No-Till», т.е. без обработки, что уменьшит, по их расчётам, на более чем 70% эрозию почвы [9, 10].

При движении стока по поверхности почвы его динамическое загрязняющее воздействие проявляется в двух вариантах: извлечение загрязняющих веществ из почвы и перенос раствора в условно чистые или менее загрязнённые водные среды и осаждение загрязняющих веществ на поверхности целинных и залежных земель, аккумулируя негативные экологические последствия для ландшафтов и здоровья человека.

На глобальном уровне нивелирование негативного воздействия поверхностного стока от естественных факторов (ливневые осадки, сток талых вод) возможно в нескольких направлениях в соответствии характером направленности воздействия, и они следующие:

1. Для селитебных территорий:
 - минимизация площадей с непроницаемыми и слабопроницаемыми покрытиями;
 - устройство специальных гидротехнических сооружений (открытых, закрытых) для перехвата и отвода стока (ливневая канализация, дренажная система).
2. Для земель сельскохозяйственного назначения:
 - рассеивание энергии поверхностного потока стока на эрозионно опасных склонах устройством барьеров для замедления стока;
 - минимальное использование высокоуклонных земель. Уклон местности в 2-4 градуса увеличивает смыв полезных веществ почти в 2 раза по сравнению с горизонтальной поверхностью. Рост уклона с 4 до 8 градусов увеличивает смыв более чем в 7 раз.
 - сведение к минимуму протяжённость открытых (оголённых) градуированных участков, их залужение, терассирование. Увеличение протяжённости линии стока с 50 до 100 метров увеличивает объём смыва почвы почти в 4 раза.
3. Для земель, подверженных наводнениям:
 - совершенствование прогнозирования пиковых расходов с водосборных территорий речных систем;
 - устройство в речных долинах прудов-накопителей сезонного регулирования;
 - использование озёрных систем в качестве «уравновешивателей» ливневых расходов с водосборных территорий.

4. Для всех категорий земель: - контроль за точечными источниками антропогенного загрязнения на водосборной территории, их локализацией и хранением токсических химикатов, регулирование использования удобрений и гербицидов в земледелии [11].

Всё увеличивающееся число ежегодных природных катаклизмов (от 18 до 22% в год), треть из которых наносят существенный ущерб экономике РФ, в ближайшее время, как предупреждают синоптики, будет увеличиваться. Катастрофически мощные летние ливни, ранее нетипичные для зоны возделывания основных сельскохозяйственных культур в РФ, будут активнее смывать плодородный слой почвы, на большие расстояния перемещать загрязняющие вещества и усиливать темпы оврагообразования [12].

Антропогенное воздействие человечества при ведении хозяйственной деятельности усиливает отрицательный эффект ливневого характера осадков.

Как указывают исследователи, «... в 1950 году население планеты едва достигло 2,5 миллиардов. Масса перемещенного материала (смывой почвы), обусловленного деятельностью человека, достигала 44,2 гигатонны в год. В настоящее время эта цифра достигла 210,9 гигатонн, то есть рост составил 377%. Население планеты выросло до 8 миллиардов. И если в середине прошлого века смывалось менее 0,1 мм (10 т/га) плодородного слоя в год, а теперь 1,2 мм (120 т/га)» [12, 13].

Отечественными учёными [13, 14] в процессе многолетних исследований (52 года) установлено, «... на уплотненной пашне наблюдается большее накопление воды в снеге, чем на рыхлой пашне, при этом коэффициент стока был в 2,5 раза выше на уплотненной пашне, но на уплотненной пашне растения удерживают частицы почвы, и смыв почвы в среднем за годы с проявлением поверхностного стока составил 10,6 т/га, а на рыхлой пашне этот показатель увеличился до 20,7 т/га. Установлена взаимосвязь между величиной стока, смыва почвы и запасами воды в снеге, глубиной промерзания и водопроницаемостью почвы в период стока».

Как указывал Джеррард (1984), «...крутизна, форма и экспозиция склонов также являются важнейшими показателями эрозионной опасности. Уклон до 2° (3,5%) для залуженных территорий иногда называют порогом эрозии. Однако она может проявляться и при более низких уклонах, что зависит от почвы, ее влажности, характера поверхности (шероховатости) и интенсивности осадков. Для конкретной территории вычисляется средне-взвешенная крутизна склонов».

К сожалению, глобальный климатический фактор, проявляющийся в стохастическом режиме атмосферных осадков, даже при наличии современной вычислительной техники, плохо поддается прогнозированию и контролю.

Результаты и обсуждение. Земли сельскохозяйственного назначения, а именно орошаемые земли, подвержены двойному воздействию осадков – естественных и искусственных, создаваемых дождевальными установками.

Искусственно созданные осадки отличаются от естественных локальностью воздействия и при этом обладают всеми негативными возможностями естественных, но зависящих от человеческого фактора.

Его проявление начинается с предпроектного периода проектирования оросительной системы, который начинается с выбора места её расположения. Основное внимание необходимо уделить градуированности поверхности полей.

Первым ограничением для почв Волгоградской области при проектировании орошаемых участков является уклон поверхности поля. Рассматривая допустимые, с точки зрения экологических ограничений, объёмы возможного использования для дождевания площадей, необходимо отметить их небольшое количество – немногим более 31%, что в абсолютных значениях составляет 420 тыс. га, при этом территории с уклонами > 0,001 использовать без противоэрозионных приёмов и технологий не рекомендуется.

Таблица 1 – Распределение по уклонам земель мелиоративного фонда Волгоградской области

Table 1 – Distribution by slope of the lands of the reclamation fund of the Volgograd region

Уклоны / Slopes	Площадь, тыс. га / Area, thousand hectares	% от всего фонда / % of the total fund
< 0,0005	270	19,4
0,0005...0,001	150	10,8
0,001...0,01	670	48,2
0,01...0,03	300	21,6
Итого / Total	1390	100,0

Многолетними исследованиями авторов [14] установлена зависимость объема поверхностного стока от интенсивности дождя, выращиваемой культуры, энергетических характеристик дождя, создаваемого дождевальной техникой, и уклона орошаемого поля.

Исследования на критически эрозионных уклонах, результаты которых представлены на рисунке 4, указывают на увеличение поверхностного стока с увеличением уклона поля даже при выращивании такой культуры, как люцерна, характеризующейся как «обеспечивающей максимальную устойчивость почвы к ирригационной эрозии».

В опыте исследовали общепринятые противоэрозионные приёмы как отдельно-органоминеральные удобрения (технология 1), эксплуатационная планировка (технология 2), кротование (технология 3), так и их комбинацию – органоминеральные удобрения + эксплуатационная планировка + кротование почв (технология 4). Технология 0 – без противоэрозионных обработок.

Практикой орошаемого земледелия установлен ежегодный допустимый предел поверхностного (жидкого) стока в объёме не более 10% от поданной оросительной нормы, а объём твёрдого стока должен быть менее скорости почвообразования данного типа почв.

Визуализация результатов экспериментальных исследований по разработке основных принципов оптимизации и управления водным режимом почв посредством регулирования поверхностного стока на критических уклонах указывают на следующее:

- установлено отрицательное влияние уклонов на объём поверхностного стока на всех использованных приёмах и технологиях;

- максимальные значения стока наблюдаются при поливной норме 700 м³/га и уклоне 0,015, где на технологии 0 потери воды составили 17,8%. Уменьшение уклона до 0,01 уменьшило значение стока до 10,8%.

- уменьшение поливной нормы до 500 м³/га уменьшило объем стока при критическом уклоне (0,015) на 3,6%, а на уклоне 0,01 на 0,6%. Уменьшение уклона с 0,015 до 0,01 при применении поливной нормы 300 м³/га на варианте без использования технологий привело к резкому уменьшения стока с 11,7 % до 1,3%.

- использование уклонов критических значений (до 0,015) при выращивании люцерны необходимо сопровождать адаптированной к этим условиям технологией. В первую очередь это должны быть поливные нормы не выше 300 м³/га, применяемые на фоне внесения 60 т/га навоза с различными технологиями 1, 2, 3 или 4, которые дают объем стока меньше 10% (допустимый сток).

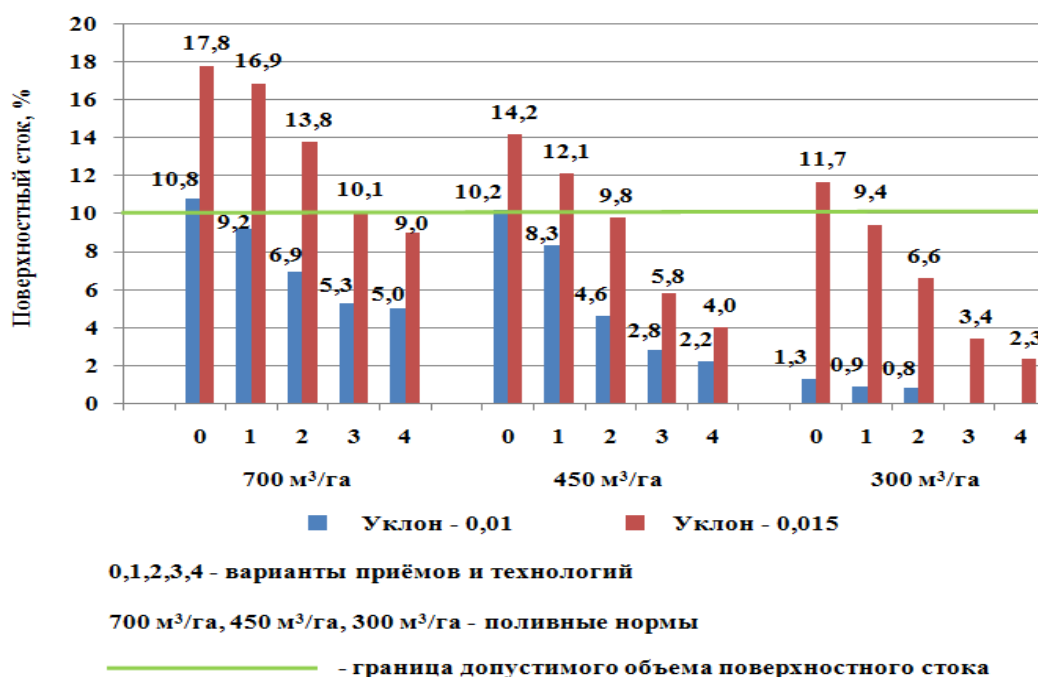


Рисунок 4 – Реакция поверхностного стока на изменение поливной нормы, уклона и используемых противоэрозионных технологий

Figure 4 – Reaction of surface runoff to changes in irrigation rate, slope and anti-erosion technologies used

Результаты исследований указывают на значительное влияние уклона на потери поливной воды, однако использование адаптированных технологий позволяет свести к минимуму такие потери (до 1,0%), а в некоторых комбинациях технологий (3 и 4) свести их до нуля.

Необходимо также отметить, что в процессе нарезки кротовин происходит и нарезка щелей стойкой кротователя, что способствует перехвату поверхностного стока и ускоренному переводу поливной воды во внутривспашечную влажность.

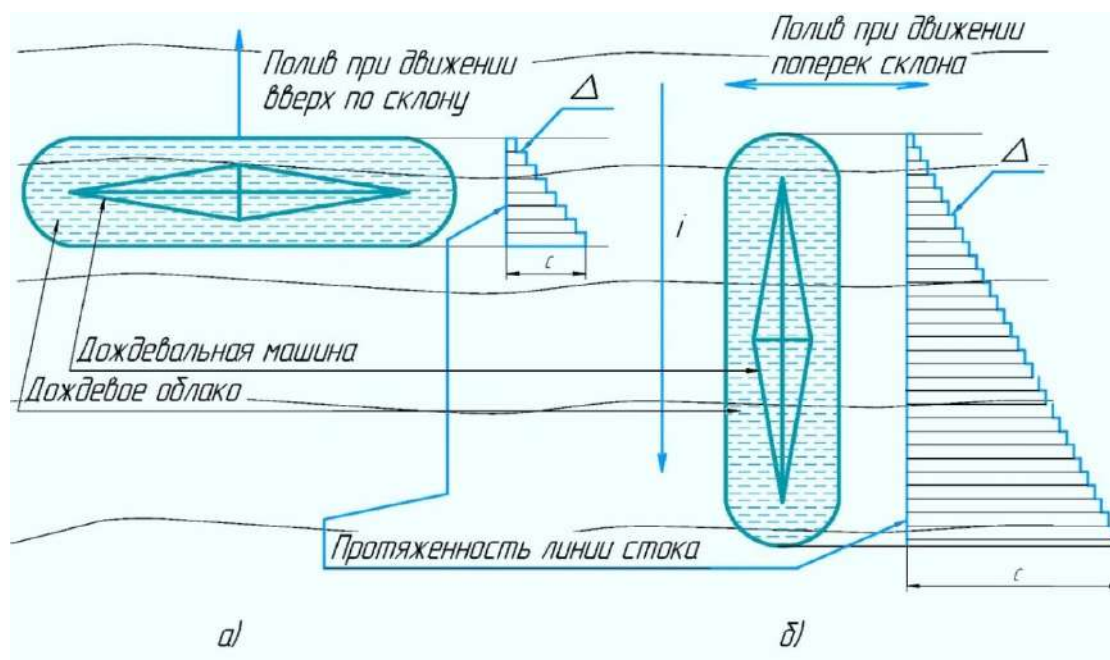
Изученные по литературным источникам и апробированные в наших исследованиях некоторые технологии уменьшения поверхностного стока позволяют утверждать, что многие факторы, участвующие в формировании эрозии почв, в той или иной мере поддаются регулированию.

Выбору определенной технологии должно предшествовать проведение исследований в конкретных условиях по адаптации методов и способов уменьшения ирригационной эрозии с учетом энерго- и фондообеспеченности землепользователя.

Довольно обширный перечень способов, по своей специфике воздействия на сток, сгруппирован в укрупнённые блоки – методы уменьшения ирригационной эрозии. Они (методы) следующие: технические, технологические, агрономические и организационные.

Первые три метода имеют в составе ряд противоэрозионных способов, а в организационном методе их только два: увеличение доли содержания в севообороте многолетних трав и проектирование размещения полей с учетом их уклона. И если первый способ не нуждается в уточняющем объяснении, то для второго необходимо научное обоснование в увязке с применяемой дождевальной техникой.

Рассмотрим два варианта расположения дождевального крыла относительно уклона поверхности поля: поперёк уклона – поперечная схема (а) и вдоль уклона – продольная схема (б) (рисунок 5).



Δ – приращение стока с удельной площади;

C – суммарный маршрутный сток с удельной площади;

Рисунок 5 – Схема образования «склонового эффекта» при дождевании градуированной поверхности почвы

Figure 5 – Diagram of the formation of a "slope effect" when sprinkling a graduated soil surface

При реализации схемы а) полив необходимо проводить вверх по склону (Дубенок Н. Н., 1980). При несоответствии интенсивности искусственного дождя скорости впитывания почвой на удельной поверхности образуется сток Δ ,двигающийся по уклону i , с приращением Δ с каждой удельной поверхности. В этом случае протяжённость линии формирования стока соответствует ширине дождевого облака, создаваемого дождевальной машиной. За границей дождевого облака будет наблюдаться процесс «затухания» стока. При использовании схемы б) протяжённость линии стока значительно увеличивается, а процесс приращения (суммирования) Δ будет увеличиваться как во времени, так и в пространстве. Процесс «затухания» стока также будет наблюдаться за границей дождевого облака, однако суммарный объём стока C значительно выше, чем в схеме а), что приводит к развитию ирригационной русловой эрозии. Несоответствие интенсивности дождя скорости впитывания и наличие градуированной поверхности почвы приводит к возникновению «склонового эффекта», т. е. накоплению слоя дождя вдоль линии стока, возникающего в зоне дождевого облака.

В настоящее время в нормативно-справочной мелиоративной литературе не существует термина, определяющего такой вид стока.

На наш взгляд, термин, его определяющий и наиболее полно отвечающий специфике его проявления, должен звучать в следующей трактовке – маршрутный технический поверхностный сток оросительной воды (МТПС). В данном определении содержится указание на место возникновения – маршрут движения дождевальной техники и его источник – дождевальная техника.

В общем виде объём маршрутного технического поверхностного стока (МТПС) выражается следующей функциональной зависимостью:

$$W_{\text{МТПС}} = f [I_{\text{п}}, P_{\text{д}}, (V_{\text{ф}} \times K_{\text{т}}) W_{\text{пп}}, F_{\text{пп}}, D_{\text{к}}, L_{\text{с}}, O_{\text{с}}, P_{\text{сп}}, C_{\text{ш}}];$$

где W – объём маршрутного технического поверхностного стока, $\text{м}^3/\text{га}$;

$I_{\text{п}}$ – уклон поверхности поля;

$P_{\text{д}}$ – интенсивность дождя, $\text{мм}/\text{мин}$;

$V_{\text{ф}}$ – скорость фильтрации, $\text{мм}/\text{мин}$;

$K_{\text{т}}$ – коэффициент затухания скорости фильтрации;

$W_{\text{пп}}$ – влажность почвы поля перед поливом, % наименьшей влагоёмкости;

$F_{\text{пп}}$ – площадь проективного покрытия поля сельскохозяйственной культурой, $\text{млн м}^2/\text{га}$;

$D_{\text{к}}$ – средневзвешенный диаметр капли дождевальной машины, мм ;

$L_{\text{с}}$ – протяжённость линии стока, м ;

$O_{\text{с}}$ – пространственная ориентация склона;

$P_{\text{сп}}$ – показатель смывости почв;

$C_{\text{ш}}$ – шероховатость поверхность почвы (коэффициент Шези).

Закключение. Активная деятельность человечества по созданию благоприятных условий собственного обитания привела и приводит к ежегодно усиливающимся контрастным изменениям в природе и природным катаклизмам. На глобальном уровне наиболее заметным для населения планеты блоком в круговороте воды в природе является поверхностный сток, интенсивность которого напрямую влияет на плодородие почв. Противостоять ему очень сложно, а управлять практически невозможно. На локальном уровне, в системе производства продукции растениеводства на орошаемых землях, где суммируются естественные (дожди) и искусственные (орошение) воздействия, возможно управление антропогенной составляющей.

Апробированные в наших исследованиях приёмы и технологии уменьшения поверхностного стока позволяют утверждать, что многие факторы, участвующие в формировании ирригационной эрозии почв, поддаются регулированию. Максимальной скоростью перевода объёма поливной нормы во внутрипочвенную влажность обладает комплексная технология, объединяющая следующие приёмы: – внесение органоминеральных удобрений + проведение ежегодной эксплуатационной планировки + ежегодное кротование – щелевание орошаемых почв. Объём потерь на сток на эрозионно-опасных уклонах (0,01) уменьшается с 10,8% при поливе нормой $700 \text{ м}^3/\text{га}$ до 0,0% при поливе нормой $300 \text{ м}^3/\text{га}$. На критических уклонах (0,015 и >) поверхностный сток уменьшается с 17,8% на традиционной технологии возделывания до 2,3 % на предлагаемой. Несмотря на некоторое увеличение энергетических затрат на проведение дополнительных операций, энергия, аккумулированная в сохранённом плодородии почв, обеспечивает положительный энергетический баланс орошаемого поля.

Conclusions. The active activity of mankind to create favorable conditions for its own habitat has led and continues to lead to annually increasing contrasting changes in nature and natural disasters. At the global level, the most noticeable block in the water cycle in nature for the world's population is surface runoff, the intensity of which directly affects soil fertility. It is very difficult to resist it, and it is almost impossible to control it. At the local level, in the system of crop production on irrigated lands, where natural (rain) and artificial (irrigation) impacts are summed up, it is possible to manage the anthropogenic component.

The methods and technologies for reducing surface runoff tested in our studies allow us to assert that many factors involved in the formation of irrigation erosion of soils can be regulated. The maximum rate of conversion of the volume of irrigation rate into subsoil moisture is possessed by an integrated technology that combines the following methods: – application of organ mineral fertilizers + annual operational leveling + annual mole – crevice of irrigated soils. The volume of runoff losses on erosion-prone slopes (0.01) decreases from 10.8% at irrigation at a rate of $700 \text{ m}^3/\text{ha}$ to 0.0% at irrigation at a rate of $300 \text{ m}^3/\text{ha}$. At critical slopes (0.015 and >), surface runoff decreases from 17.8% on the traditional cultivation technology to 2.3% on the proposed one. Despite a slight increase in energy costs for additional operations, the energy accumulated in the preserved soil fertility provides a positive energy balance of the irrigated field.

Библиографический список

1. Runoff. National Geographic Society. 2011-01-21. Archived from the original on 2021-01-28. Retrieved 2021-02-19.
2. Bevel K., Horton R. E. Perceptual model of infiltration processes. Hydrological Processes. Wiley Inter-sciences. 2004.

3. Сухановский Ю. П., Прущик А. В. Моделирование водной эрозии почв: монография. Курск: Курский ФАНЦ, 2023. 175 с.
4. Новиков А. Е., Филимонов М. И., Дугин Е. А. Проектирование и компоновка биореактора очистки бытовых сточных вод. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 379-387.
5. Новиков А. Е., Филимонов М. И., Дугин Е. А., Тронева С. В. Разработка и моделирование работы двухъярусного отстойника для городских сточных вод. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 337-347.
6. Родин К. А. и др. Биомелиорация водоёмов с использованием микроводорослей. Орошаемое земледелие. 2021. № 2. С. 58-62.
7. Science News. DDT treatment turns male fish into mothers. Archived 2012-09-26 at the Wayback Machine 2000-02-05.
8. Ушаков А. Е., Середа Т. А. Анализ взаимосвязей негативных последствий эрозии почв сельскохозяйственных угодий. Обзор методов ее снижения. Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 2. С. 186-210.
9. Calles B., Kulander L. Rainfall Erosivity at Roma, Lesotho. Geografiska Annaler: Series A. Physical Geography. 1994. No 76 (1-2). Pp. 121-129.
10. Study: Over a third of U.S. Corn Belt has lost its carbon-rich topsoil. AGDAILY. 2021-02-16. Archived from the original on 2021-03-08. Retrieved 2021-02-26.
11. Литвин Л. Ф., Голосов В. Н. Современная динамика факторов эрозии почв на территории России. Эрозия почв и русловые процессы. Москва, 2022. С. 36-66.
12. Полуэктов Е. В., Балакай Г. Т. Эрозия почв при выпадении ливней на юге европейской части России. Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 2. С. 1-19. <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1275>.
13. Полуэктов Е. В. Эрозия почв и плодородие: монография. Новочеркасск: Лик, 2020. 229 с.
14. Семенов С. Я. Техногенная оптимизация поверхностного стока в орошаемом земледелии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 378-396.

References

1. Runoff. National Geographic Society. 2011-01-21. Archived from the original on 2021-01-28. Retrieved 2021-02-19.
2. Bevel K., Horton R. E. Perceptual model of infiltration processes. Hydrological Processes. Wiley Inter-science. 2004.
3. Sukhanovsky Y.P., Prushchik A. V. Modeling of Water Erosion of Soils: Monograph. Kursk: Kursk FARC, 2023. 175 p.
4. Novikov A. E., Filimonov M. I., Dugin E. A. Design and Layout of a Bioreactor for Domestic Wastewater Treatment. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 379-387.
5. Novikov A. E., Filimonov M. I., Dugin E. A., Tronev S. V. Development and Modeling of Operation of a Two-Level Sedimentation Tank for Urban Wastewater. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2021. № 1 (61). Pp. 337-347.
6. Biomelioration of water bodies using microalgae. Irrigated agriculture. 2021. № 2. Pp. 58-62.
7. Science News. DDT treatment turns male fish into mothers. Archived 2012-09-26 at the Wayback Machine 2000-02-05.
8. Ushakov A. E., Sereda T. A. Analysis of the Relationships of Negative Consequences of Soil Erosion in Agricultural Lands. Review of methods for reducing it. Land reclamation and hydraulic engineering. 2024. V. 14. № 2. Pp. 186-210.
9. Calles B., Kulander L. Rainfall Erosivity at Roma, Lesotho. Geografiska Annaler: Series A. Physical Geography. 1994. No 76 (1-2). Pp. 121-129.
10. Study: Over a third of U.S. Corn Belt has lost its carbon-rich topsoil. AGDAILY. 2021-02-16. Archived from the original on 2021-03-08. Retrieved 2021-02-26.
11. Lytvyn L. F., Golosov V. N. Current dynamics of soil erosion factors in Russia. Soil erosion and channel processes. Moscow, 2022. Pp. 36-66.
12. Poluektov E. V., Balakay G. T. Soil erosion during rainfall in the south of the European part of Russia. Land reclamation and hydraulic engineering. 2022. V. 12. № 2. Pp. 1-19. <https://rosniipm-sm.ru/article?n=1275>.
13. Poluektov E. V. Soil Erosion and Fertility: Monograph. Novochechassk: Lik, 2020. 229 p.
14. Semenenko S. Y. Technogenic Optimization of Surface Runoff in Irrigated Agriculture. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 2 (66). Pp. 378-396.

Информация об авторах

Сиуков Сергей Сергеевич, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6421-5017>, e-mail: arshavin966@yandex.ru

Семенов Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия» (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemnenko@list.ru

Author's Information

Siukov Sergey Sergeevich, Junior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev st., 9), ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6421-5017>, e-mail: arshavin966@yandex.ru

Semenenko Sergey Yakovlevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev st., 9), ORCID: <https://orcid.org/0000-00015992-8127>, e-mail: sergeysemnenko@list.ru

PROMISING METHODS OF IRRIGATION OF THE WHITE CABBAGE**Likhomanov N. D., Borovoy E. P., Likhomanova M. A., Kuznetsova N. V., Ovsyannikov L. A.**Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: luxmarina@mail.ru

Received 25.11.2024

Submitted 01.02.2025

Abstract

Introduction. The solution to the problem of increasing the efficiency of vegetable crops production while ensuring the integrated rational use of irrigated lands while preserving their natural resource potential should be based on a set of measures related to determining optimal values and regulating the parameters of the soil water regime, improving the method irrigation, optimization of structural elements of irrigation systems, and, taking into account other factors affecting the productivity of vegetable agrophytocenoses. In this regard, cultivation of such demanding crops as cabbage in the Lower Volga region is of particular interest, and the problem of using non-traditional irrigation technologies is relevant. It is proved that the choice of a combined irrigation system leads to an intensification of production by reducing climatic risks when growing vegetable crops. **The object of the study.** The object of the study is a medium-late hybrid of white cabbage, grown using different irrigation methods against the background of generally accepted agricultural techniques for the cultivation of vegetable crops in the region. **Materials and methods.** The research is based on the method of field experiment, implemented in the territories of experimental sites in the Volgograd region. The scheme of experiments, the research program and all related observations were carried out according to the well-known methods of B. A. Dospekhov, V. N. Pleshakov, V. I. Filin, S. S. Litvinova, A. A. Rode, N. A. Pronko, M. F. Trifonova, V. E. Eshchenko, etc. **Results and discussions.** According to the research results, an analysis of the use of different irrigation methods was carried out, an assessment of the responsiveness of the studied crop to the conditions created was carried out and it was revealed that combining a drip irrigation system with a sprinkler while maintaining pre-irrigation soil moisture at 80%HB in combination with a dose of fertilizer for the planned yield of white cabbage of 80.0 t/ha allows for a high-quality crop of heads and leads to increase the level of profitability of production to 70%.

Keywords: *methods of irrigation of cabbage, cabbage, Atria F1, cabbage yield, drip irrigation of cabbage, sprinkler irrigation of cabbage, combined irrigation of cabbage, profitability of cabbage cultivation.*

Citation. Likhomanov N. D., Borovoy E. P., Likhomanova M. A., Kuznetsova N. V., Ovsyannikov L. A. Promising methods of irrigation of the white cabbage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 184-195 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-19.

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

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

УДК 631.674:635.342

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОРОШЕНИЯ КАПУСТЫ БЕЛОКОЧАННОЙ**Лихоманов Н. Д., аспирант****Боровой Е. П., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Лихоманова М. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****Кузнецова Н. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Овсянников Л. А., аспирант**ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Решение проблемы повышения эффективности производства овощных культур при обеспечении комплексного рационального использования орошаемых земель с сохранением их природно-ресурсного потенциала должно быть основано на комплексе мероприятий, связанных с определением оптимальных значений и регулированием параметров водного режима почвы, совершенствованием способов полива, оптимизацией конструктивных элементов оросительных систем, и, с учетом прочих факторов, влияющих на продуктивность овощных агрофитоценозов. В связи с этим особый интерес представляет возделывание в условиях Нижнего Поволжья такой требовательной к параметрам среды культуры, как капуста белокочанная, и проблема использования

нетрадиционных технологий орошения является актуальной. Доказано, что выбор комбинированной системы орошения ведет к интенсификации производства путем снижения климатических рисков при выращивании овощных культур. **Объект исследования.** Объектом исследования является средне-поздний гибрид капусты белокочанной, выращиваемый с применением разных способов полива на фоне общепринятой для региона агротехники возделывания овощных культур. **Материалы и методы.** В основу исследований заложен метод полевого эксперимента, реализуемый на территориях опытных участков Волгоградской области. Схема опытов, программа исследований и все сопутствующие наблюдения выполнены по общеизвестным методикам Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова, В. И. Филина, С. С. Литвинова, А. А. Роде, Н. А. Пронько, М. Ф. Трифоновой, В. Е. Ещенко и др. **Результаты и обсуждения.** По результатам исследований проведен анализ применения разных способов полива, проведена оценка отзывчивости изучаемой культуры на создаваемые условия и выявлено, что комбинирование системы капельного орошения со спринклерным при поддержании предполивной влажности почвы на уровне 80%НВ в сочетании с дозой удобрения под планируемую урожайность капусты белокочанной в 80,0 т/га позволяет получать качественный урожай кочанов и приводит к повышению уровня рентабельности производства до 70%.

Ключевые слова: способы орошения капусты, капуста белокочанная, Атрия F1, урожайность капусты, капельное орошение капусты, спринклерное орошение капусты, комбинированное орошение капусты, рентабельность возделывания капусты.

Цитирование. Лихоманов Н. Д., Боровой Е. П., Лихоманова М. А., Кузнецова Н. В., Овсянников Л. А. Перспективные способы орошения капусты белокочанной. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 184-195. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-19.

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. Южный регион России хорошо обеспечен теплом, поэтому является основным поставщиком овощеводческой продукции в России. При этом территория относится к засушливой зоне, которая ограничена рядом сдерживающих факторов при получении стабильных урожаев овощных культур и в целом сельскохозяйственной продукции. К таким неблагоприятным факторам, способствующим низкому плодonoшению почв в зоне светлокаштановых почв Волго-Донского междуречья, относятся недостаточность и неустойчивость увлажнения, часто повторяющиеся засухи, отягощенные суховеями, ветровая и водная эрозии и как следствие, низкое плодonoшение почв [2].

С целью повышения продуктивности орошаемых земель, поддержания экологической безопасности агроландшафтов требуется детальная оценка влияния способов поливов на почвенномелиоративное состояние земель, необходимо совершенствование технологий полива. Большое внимание уделяется малоинтенсивным и малообъемным способам орошения [11, 13, 15, 14].

Распространенные способы полива, такие как капельное орошение, полив по бороздам, внутрипочвенное орошение, полив дождеванием, основанные на аккумуляции воды в почве, имеют неоспоримый ряд преимуществ, но при этом ни один из способов полива не является универсальным, ввиду разнообразия, как овощных культур, каждая из которых предъявляет особые требования к увлажнению и теплообеспеченности, так и, почвенно-климатических условий нашей земледельческой области, которая разделена на тринадцать агроклиматических районов, отличающихся по условиям тепло- и влагообеспеченности, в частности по суммам температур от 2750 до 3300 °С, по ГТК в пределах 0,4-0,8.

Для овощных растений крайне важны параметры приземного микроклимата, которые успешно регулируются с помощью поливов дождеванием, спринклерами, мелкодисперсным дождеванием, требующим, в свою очередь, модернизации систем орошаемого земледелия с целью поддержания благоприятного почвенномелиоративного состояния земель, разработки программ автоматического полива, решения задач по экономии воды и снижению энерго- и трудозатрат.

На данный момент существует научная проблема по формированию принципиально новых агротехнических технологий в системе «почва – агротехника – орошение» [1]. Суть, которой заключается в оптимальном регулировании водного и пищевого режимов,

стимулировании биологических процессов почвы, применении различных способов основной обработки почвы при возделывании овощных культур в севообороте, подборе научно-обоснованных способов орошения и техники поливов.

Необходимо внедрение высокопродуктивных и экономичных оросительных систем нового поколения, адаптированных к формам и природным ресурсам региона хозяйствования, совершенствование технологий полива, использование стационарной и передвижной поливальной техники, новых подходов в фертигации и обработке растений от вредителей и болезней.

В связи с этим в настоящее время на предприятиях агропромышленного комплекса России большое значение придается выбору экологически безопасных и экономически эффективных технологий и технических средств полива. В значительной степени этим требованиям отвечают дождевание, внутрипочвенное, капельное и аэрозольное орошение [3, 5, 8].

В исследованиях, проведенных в нашей стране и за рубежом, применение ресурсосберегающих способов полива связано с множеством нерешенных вопросов, касающихся техники и технологии дождевания, внутрипочвенного, капельного и аэрозольного увлажнения. Наряду с многочисленными преимуществами этих способов орошения существуют недостатки, которые препятствуют их широкому внедрению [6].

Совмещение комбинаций капельного и спринклерного способов полива в одной оросительной системе позволяет регулировать микроклимат в деятельном слое атмосферы. В зонах рискованного земледелия игнорирование такого подхода к возделыванию сельскохозяйственной продукции зачастую приводит к значительной потере урожая [3, 4, 9]. Одним из таких способов орошения сельскохозяйственных культур, позволяющих регулировать водный режим и фитоклимат, является комбинированное орошение [2]. При этом становится возможным проводить как прикорневые подкормки с использованием капельного увлажнения, так и обработки растений по листу через элементы спринклерного увлажнения.

Основная цель проводимых исследований заключается в подборе технологии полива, разработке водного режима почвы, позволяющего при внесении удобрений определить потенциально возможную урожайность капусты при капельном, спринклерном и комбинированном способах полива.

Научно-обоснованный подход к реализации способов, техники и режимов полива позволит обеспечить эффективное производство овощной продукции высокого качества на перспективу.

Материалы и методы. Исследования проводились на полигоне «Агробiotехнологий» Волгоградского ГАУ по общепринятым методикам. Объектом исследования является гибрид капусты белокочанной Атрия F1, выращиваемый с применением разных способов полива на фоне общепринятой для региона агротехники возделывания овощных культур.

В варианте со спринклерным орошением использовался самостоятельный трубопровод, а на варианте с комбинированным орошением помимо трубопровода под капельные линии был предусмотрен дополнительный независимый трубопровод для осуществления спринклерного орошения, проложенный по схеме так, чтобы обеспечить минимальные затраты на распределительный и поливной трубопроводы.

Согласно техническим характеристикам, предоставленным производителем оборудования, зоны орошения спринклерами имеют форму окружности, наиболее интенсивное увлажнение при этом рядом с дождевателем, следовательно, для обеспечения равномерного полива дождеватели размещаются так, чтобы зоны полива соседних дождевателей пересекались не менее чем на 65%. Схема расстановки стоек для крепления распылителей при диаметре охвата 9 м предусмотрены через каждые 4 м. На выходе из дождевателя поток разбивается на капли размером от 0,5 до 4 мм, размер капель зависит от давления в системе и размера сопла, при этом мелкие капли падают рядом со стойкой спринклера, крупные капли падают у края зоны полива. При снижении давления в системе капли укрупняются в размере.

Рабочие параметры системы спринклерного дождевания были подобраны таким образом, чтобы обеспечивать равномерную подачу воды по всему участку полива.

Дождевое орошение спринклерами – метод кратковременного, но частого полива, обеспечивающее условия орошения, приближенные к природным дождевым осадкам (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Спринклер из ABC пластика
Figure 1 – Sprinkler made of ABC plastic



Рисунок 2 – Система спринклерного орошения на опытном поле с капустой белокочанной
Figure 2 – Sprinkler irrigation system in the experimental field with white cabbage

Принцип действия спринклерного орошения заключается в том, что с помощью насоса вода подается через систему трубопроводов и с помощью дождевателей поток разбивается на капли и распыляется в воздухе, орошая растения, при этом мелкие капли, осаждаясь на землю, не образуют луж, постепенно впитываясь, не уплотняют почву.

В таблице 1 представлены технические характеристики поливного трубопровода используемых систем орошения.

Таблица 1 – Технические характеристики поливного трубопровода.
Table 1 – Technical characteristics of the irrigation pipeline.

Наименование характеристики / Name of the characteristic	Показатель / Index
Система капельного орошения (КО) / Drip irrigation system (DI)	
Расстояние между капельницами, м / Distance between drippers, m	0,3
Расход одной капельницы, л/ч / Consumption of one dripper, l/h	1,6
Толщина капельной ленты, милс / Drip tape thickness, mils	6
Расстояние между капельными линиями, м / Distance between drip lines, m	0,9
Система спринклерного орошения (СО) / Sprinkler Irrigation (SI) System	
Расход одного спринклера, м ³ /ч / Consumption of one sprinkler, m ³ /h	0,47
Диаметр охвата одного распылителя, м / Sprayer coverage diameter, m	9
Расстояние между спринклерами, м / Distance between sprinklers, m	4
Система комбинированного орошения (ККО) / Combined Irrigation System (CIS)	
Модуль 1 – трубопровод капельного орошения / Module 1 – Drip Irrigation Pipeline	
Расстояние между капельницами, м / Distance between drippers, m	0,3
Расход одной капельницы, л/ч / Consumption of one dripper, l/h	1,6
Толщина капельной ленты, милс / Drip tape thickness, mils	6
Расстояние между капельными линиями, м / Distance between drip lines, m	0,9
Модуль 2 – трубопровод спринклерного орошения / Module 2 – Sprinkler Irrigation Pipeline	
Расход одного спринклера, м ³ /ч / Consumption of one sprinkler, m ³ /h	0,47
Диаметр охвата одного распылителя, м / Sprayer coverage diameter, m	9
Расстояние между спринклерами, м / Distance between sprinklers, m	4

В основу исследований заложен метод полевого эксперимента, реализуемый на территориях опытных участков Волгоградской области. Схема опытов, программа исследований и все сопутствующие наблюдения выполнены по общеизвестным методикам Б. А. Доспехова, В. Н. Плешакова, В. И. Филина, С. С. Литвинова, А. А. Роде, Н. А. Пронько, М. Ф. Трифионовой, В. Е. Ещенко и др.. Экономическая и энергетическая оценка вариантов опыта проводилась в соответствии с требованиями методических рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов Шумакова Б. Б., Медведева Г. А., Иванов В. М.

Результаты. Для достижения цели исследования была разработана схема опыта с гибридом капусты белокочанной Атрия F1 среднепозднего срока созревания с вегетационным периодом от 135 до 147 суток с момента посева.

Основным изучаемым фактором полевого опыта с капустой белокочанной являлась применяемая система орошения, где рассматривались варианты полива: капельный, спринклерный и комбинированный (таблица 2).

Однофакторный полевой опыт реализовывался в соответствии с методикой Доспехова Б. А. в трехкратной повторности, для исключения почвенных разностей. Рельеф, гидрологические и климатические условия опытного поля идентичны. Площадь опытного участка – 0,048 га, площадь, занимаемая одним вариантом опыта – 0,011 га, с шириной защитных полос между вариантами – 5 м для исключения переноса ветром водяных струй спринклерного орошения на соседние участки.

Контролем при сравнении способов полива служил участок с капельным поливом. Анализируя результаты предыдущих исследований по возделыванию сельскохозяйственных культур на капельном орошении [1, 11, 12, 13, 15] и на основании полученных ранее результатов собственных исследований по изучению водного режима почвы при возделывании капусты белокочанной был выбран оптимальный предполивной порог влажности почвы для капельного орошения 80% НВ [1, 7, 11, 12, 13, 15].

Водный режим почвы поддерживали на указанном уровне наименьшей влагоемкости на всех вариантах опыта в сочетании с внесением удобрений под планируемую урожайность в 80,0 т/га. Расчетный слой увлажнения почвы принимали дифференцированным в зависимости от фазы развития растений капусты – от 0,3 м до 0,5 м. Дозы внесения минеральных удобрений по вариантам опыта рассчитывали по общепринятой методике методом элементарного баланса [1]. С учетом рекомендаций Филина В. И. по программированию урожая сельскохозяйственных культур на светло-каштановых почвах в условиях орошения.

Таблица 2 – Исследуемый фактор – система орошения

Table 2 – The investigated factor is the irrigation system

№ п/п	Исследуемый фактор / Factor under study	Условное обозначение изучаемого фактора / Symbol of the factor under study	Обозначение варианта опыта / Designation of the experiment variant
	Система орошения / Irrigation system		
1	Капельное (контроль) / Drip (control)	KO / DI	A1
2	Спринклерное / Sprinkler	CO / SI	A2
3	Комбинированное (капельное орошение в сочетании со спринклерным орошением) / Combined (drip irrigation combined with sprinkler irrigation)	KCO / SCI	A3

Белокочанная капуста – влаголюбивая культура, поэтому при посадке рассады на всех вариантах опыта для лучшей приживаемости осуществлялся припосадочный полив нормой 50 м³/га.

В дальнейшем количество поливов и величина поливных норм на разных способах орошения зависели от заданного предполивного порога влажности почвы, почвенно-климатических условий и фенологических фаз развития капусты белокочанной. В соответствии с планом исследования и для достижения поставленной цели по ресурсосбережению мощность увлажняемого слоя была принята 0,3 м в период «высадка рассады – формирование розетки листьев»; 0,5 м – в период «образования кочана – техническая спелость» (таблица 3).

На капельном поливе поливная норма для слоя почвы 0,3 м составила 80 м³/га, продолжительностью – 1 час 17 минут, для слоя почвы 0,5 м при 80 % НВ – 130 м³/га, продолжительностью 2 часа 9 минут. Во время опыта в среднем проводилось 28 поливов оросительной нормой 2970 м³/га. Время межполивного периода во все фазы развития капустных растений – не больше пяти суток.

На варианте со спринклерным орошением поливные нормы вегетационных поливов в межфазные периоды «высадка рассады – формирование розетки листьев» назначались в объеме 190 м³/га для промачивания слоя 0,3 м, в фазу «начало созревания – техническая спелость» нормы поливов повышались до 310 м³/га, промачиваемый слой 0,5 м. В среднем за вегетацию выполняли 18 поливов оросительной нормой 4720 м³/га. Межполивной период не превышал шести суток.

Особенностью комбинированного способа орошения является то, что сочетаются два способа полива, капельный и спринклерный, причем капельный полив ведется непрерывно в течение всей вегетации капусты, тогда как спринклерный подключается в период прохождения самой ответственной и одновременно самой продолжительной фазы развития растений «образование кочана – техническая спелость» и совпадающий с максимальными летними температурами и низкими показателями влажности воздуха в изучаемой природно-климатической зоне. При этом спринклерный полив подается как освежительный, малыми нормами, с целью снижения приземных температур воздуха для создания благоприятного микроклимата в слое произрастания растений капусты.

Таблица 3 – Поливные нормы, межполивной период и количество поливов капусты белокочанной Атрия F1 на капельном, спринклерном и комбинированном орошении.

Table 3 – Irrigation norms, the inter-watering period and the number of irrigations of white cabbage Atria F1 on drip, sprinkler and combined irrigation.

Вариант опыта, годы исследований / Experience Option, Years of Research	Основные периоды фаз развития капусты / The main periods of the phases of cabbage development		Общее число поливов, ед. / Total number of waterings, units	Оросительная норма, м³/га / Irrigation rate, m³/ha
	высадка рассады – формирование розетки листьев (глубина промачиваемого слоя 0,3 м) / Planting seedlings – formation of a rosette of leaves (depth of the soaked layer 0.3 m)	образование кочана – рост кочана – начало созревания – техническая спелость (глубина промачиваемого слоя 0,5 м) / head formation – head growth – beginning of ripening – technical ripeness (depth of the soaked layer 0.5 m)		
	Количество поливов (ед.) * поливная норма (м³/га) (межполивной период (сутки)) / Number of irrigations (units) * irrigation rate (m3/ha) (inter-irrigation period (day))			
	Капельный полив / Drip irrigation			
2022	1*50+11*80 (4)	13*130 (5)	25	2620
2023	1*50+13*80 (4)	15*130 (4)	29	3040
2024	1*50+14*80 (4)	16*130 (4)	31	3250
среднее	1*50+12*80 (4)	15*130 (4)	28	2970
Спринклерный полив / Sprinkler irrigation				
2022	1*50+4*190 (6)	10*310 (6)	15	3910
2023	1*50+5*190 (6)	11*310 (6)	17	4410
2024	1*50+6*190 (6)	15*310 (4)	22	5840
среднее	1*50+5*190 (6)	12*310 (5)	18	4720
Комбинированный способ полива / Combined watering method				
2022	1*50+11*80 (4)	11*130 (6)+24*50 (3)	23 (КО)+24 (СО)	3560
2023	1*50+13*80 (4)	13*130 (5)+25*50 (3)	27 (КО)+25 (СО)	4030
2024	1*50+14*80 (4)	14*130 (4)+26*50 (2)	29 (КО)+26 (СО)	4290
среднее	1*50+12*80 (4)	13*130 (5)+25*50 (2)	26 (КО)+25 (СО)	3960

Поливные нормы вегетационных поливов в межфазные периоды «высадка рассады – формирование розетки листьев» подавались нормами 80 м³/га в количестве 12 поливов с периодичностью не более четырех суток, в фазу «образование кочана – рост кочана» – 13 капельных поливов нормой 130 м³/га, спринклерные поливы нормой 50 м³/га, назначаются при снижении влажности воздуха ниже 30% и при прогнозировании повышения температуры воздуха до 30 °С. В целом за вегетацию выполняли 26 капельных поливов, 25 спринклерных, общей оросительной нормой 3960 м³/га. Межполивной период не превышал шести суток при подаче воды через капельную систему полива, а на подаче воды спринклерами – не более трех суток.

Сравнение результатов, полученных при использовании трех способов полива капусты, показало, что при комбинированном способе подачи воды по сравнению со спринклерным дождеванием, а также с капельным орошением общее количество поливов увеличилось от 18 до 51 ед. На капельном поливе величины поливных норм изменялись в пределах от 80 до 130 м³/га в зависимости от фазы роста, оросительная норма при этом составляла 2970 м³/га. На комбинированном способе полива величины поливных норм изменялись в пределах от 80 до 130 м³/га соответственно глубине промачиваемого слоя от 0,3 до 0,5 м путем подачи воды через эмиттеры капельных лент и поливные нормы в объеме 50 м³/га подавались через спринклеры, оросительная норма составляла 3960 м³/га. На спринклерном поливе поливные нормы изменялись в пределах от 190 до 310 м³/га по фазам роста растений, оросительная норма составляла 4720 м³/га.

Данные по определению продуктивности использования влаги капустой белокочанной Атрия F1 при различных способах полива представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Затраты оросительной воды на получение 1 т продукции белокочанной капусты Атрия F1 при разных способах орошения.

Table 4 – Irrigation water costs for obtaining 1 ton of Atria F1 white cabbage products with different irrigation methods.

Вариант опыта и годы исследований / Option Experience and Years of Research	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	Оросительная норма, м³/га / Irrigation rate, m³/ha	Затраты оросительной воды на единицу продукции, м³/т / Irrigation water consumption per unit of production, m³/t
Капельный полив / Drip irrigation			
2022	79,8	2620	33
2023	80,1	3040	38
2024	80,0	3250	41
среднее	80,0	2970	37
Спринклерный полив / Sprinkler irrigation			
2022	73,1	3910	53
2023	77,9	4410	57
2024	76,4	5840	76
среднее	75,8	4720	62
Комбинированный способ полива / Combined watering method			
2022	87,1	3560	41
2023	92,4	4030	44
2024	90,7	4290	47
среднее	90,1	3960	44

Оценка вариантов опыта проведена по продуктивности использования влаги, результаты показали, что эффективно используется влага на капельном и комбинированном способах орошения, соответственно 37 м³/т и 44 м³/т. На спринклерном орошении за счет высокой оросительной нормы затраты поливной воды на тонну продукции выше и составляют 62 м³/т.

Таблица 5 – Урожайность капусты белокочанной по вариантам опыта.

Table 5 – Yield of white cabbage according to the variants of the experiment.

Урожайность (У), т/га / Yield (U), t/ha		Способы полива, варианты по годам / Watering methods, options by year	Отклонение (У) / Deviation (У)	
Планируемая / Planned	Фактическая / Actual		т/га / t/ha	%
80	Капельный полив / Drip irrigation			
	79,8	2022	-0,2	0,3
	80,1	2023	0,1	0,1
	80,0	2024	0,0	0,0
	80,0	среднее	-0,03	0,1
	Спринклерный полив / Sprinkler irrigation			
	73,1	2022	-6,9	8,6
	77,9	2023	-2,1	2,6
	76,4	2024	-3,6	4,5
	75,8	среднее	-4,2	5,3
	Комбинированный способ полива / Combined watering method			
	87,1	2022	7,1	8,9
	92,4	2023	12,4	15,5
	90,7	2024	10,7	13,4
	90,1	среднее	10,1	12,6

При анализе применения разных способов орошения было установлено, что на контрольном варианте с капельным поливом продуктивность капусты белокочанной достигает целевых показателей, установленных на уровне 80,0 т/га, самая низкая урожайность 75,8 т/га была получена на варианте со спринклерным поливом. Результаты фактической урожайности на комбинированном способе полива превосходят запланированные целевые показатели продуктивности и составляют 90,1 т/га (таблица 5).

Полученные результаты показали, что на капельном поливе (контрольный вариант) вероятность получения планируемой урожайности капусты с заданными показателями водного режима почвы и внесения удобрений высокая, отклонение составляет $\pm 0,03\%$, спринклерное орошение, при равных прочих, планируемых показателей не достигает, отклонение от планируемых показателей в 80,0 т/га составило $\pm 4,2\%$, полученные результаты на комбинированном орошении в сочетании с водным режимом почвы на уровне 80% НВ и дозой удобрений под планируемую урожайность в 80,0 т/га показали, что стабильно возможно получение урожайности на 7-12% выше запланированной.

Оценка вариантов опыта проведена по экономическим показателям в таблице 6. На контрольном варианте с капельным поливом, себестоимость продукции составила в среднем по годам – 6,9 тыс. руб./т, экономические показатели, а именно, стоимость продукции, чистый доход и рентабельность, соответственно составили: 799,8 тыс. руб./га; 544,9 тыс. руб./га; 63%. Вариант с применением спринклерного орошения показывает себестоимость продукции на 14,6% выше, чем на контрольном варианте с капельным поливом, что отразилось и на экономических показателях, которые существенно ниже, так, стоимость продукции, чистый доход и рентабельность составили соответственно 759,8 тыс. руб./га; 504,9 тыс. руб./га; 61%.

Таблица 6 – Экономическая эффективность возделывания капусты белокочанной
Table 6 – Economic efficiency of white cabbage cultivation

Вариант / Variant	Фактическая урожайность, т/га / Actual yield, t/ha	Себестоимость, руб./т. / Cost, RUB/t	Стоимость продукции, тыс. руб. на га / Cost of products, thousand rubles per hectare	Чистый доход, тыс. руб. на га / Net income, thousand rubles per hectare	Рентабельность, % / Profitability, %
Капельный полив / Drip irrigation					
2022	79,8	6908	558600,00	303788,56	54
2023	80,1	6882	560700,00	305888,56	55
2024	80,0	6890	1280000,00	1025188,56	80
среднее	80,0	6893	799766,67	544955,22	63
Спринклерный полив / Sprinkler irrigation					
2022	73,1	8359	511700,00	256888,56	50
2023	77,9	7844	545300,00	290488,56	53
2024	76,4	7998	1222400,00	967588,56	79
среднее	75,8	8067	759800,00	504988,56	61
Комбинированный способ полива / Combined watering method					
2022	87,1	7222	609700,00	354888,56	58
2023	92,4	6808	646800,00	391988,56	61
2024	90,7	6936	1451200,00	1196388,56	82
среднее	90,1	6989	902566,67	647755,22	67

Вариант с комбинированным орошением был оптимальным, поскольку здесь отмечена себестоимость продукции – 7,0 тыс. руб./т, практически такая же, как и на контрольном варианте, одновременно с достижением максимальных показателей по стоимости продукции 902,6 тыс. руб./га, по чистому доходу 647,8 тыс. руб./га и рентабельности 67%. Решающую роль на варианте с комбинированным орошением сыграло наибольшее увеличение урожайности.

Обсуждение. При выращивании овощной продукции требуются определенные водно-воздушный и тепловой режимы. Повышение температуры выше обусловленного оптимального физиологического предела возделываемых растений приводит к необратимым изменениям в их организме (Физиология растений т. 7). Длительное воздействие высокой температуры на растения может привести к частичной или полной потере урожая [2].

Известно, что температуры деятельной поверхности нарастают с восходом Солнца, в 13-14 часов достигают максимальных значений, затем идет постепенное снижение её вплоть до восхода Солнца, параллельно нарастают показатели изолиний испарения. В связи с этим поливы капусты дождеванием назначались ранним утром, так как этот прием в варианте со спринклерным орошением позволяет растениям впитывать воду до наступления дневной жары, одновременно формируя микроклимат приземного слоя воздуха, и, предотвращает застои воды в межлистовом пространстве капустных растений, исключая риск заболеваний.

Для капусты белокочанной крайне важны параметры микроклимата, создаваемого в зоне произрастания растений, которые успешно регулируются с помощью поливов дождеванием, спринклерами, мелкодисперсным дождеванием. Такие способы полива способствуют повышению влажности приземного слоя воздуха и почвы, снижению их температуры, смыванию с растений пыли, что приводит к усилению ассимиляции углерода и накоплению органического вещества.

Как правило, в основном оросительная система рассчитана на один способ полива, будь то капельное, спринклерное или малообъемное орошение [10]. В нашем опыте для реализации разных способов полива была применена многофункциональная оросительная система, так, для обеспечения капельного полива подведение воды осуществлялось по лайфлету 4", для орошения спринклерами вода подавалась по трубопроводу выполненному из ПНД трубы диаметром 32 мм, а для обеспечения комбинированного полива система состояла из двух трубопроводов, один из которых направлен на обеспечение капельного полива (лайфлет 4"), другой трубопровод обеспечивает работу спринклерного полива (ПНД труба). Данная система позволяет применять разные способы полива самостоятельно, по очереди и одновременно.

Результаты исследований показали, что для получения планируемой урожайности капусты 80,0 т/га существует 3 способа орошения на фоне поддержания одинакового водного режима почвы и дозы удобрений. Из них наиболее эффективными являются 2 варианта с применением капельного полива и использованием комбинированной системы орошения, в основу которой положено совокупное регулирование влажности почвы и воздуха с использованием стационарных дождевальных систем спринклерного типа и капельного полива. При этом последний вариант был оптимальным, поскольку здесь наблюдалась высокая продуктивность использования влаги (затраты оросительной воды 44 м³/т), низкая себестоимость 6,9 тыс. руб./т, одновременно с достижением максимальных в нашем опыте стоимости продукции 902,6 тыс. руб./га, чистого дохода 647,8 тыс. руб./га и рентабельности 67%. На контрольном варианте с капельным поливом затраты оросительной воды эффективнее на 16%, себестоимость продукции ниже на 1,4%, однако, экономические показатели ниже, чем на варианте с комбинированным орошением, так стоимость продукции, чистый доход и рентабельность, соответственно составили: 799,8 тыс. руб./га; 544,9 тыс. руб./га; 63%. Вариант с применением спринклерного орошения показывает низкую продуктивность использования влаги на уровне 62 м³/т, себестоимость продукции здесь на 14,6 % выше, чем на контрольном варианте с капельным поливом, что отразилось и на экономических показателях, которые существенно ниже, так стоимость продукции, чистый доход и рентабельность составили, соответственно: 759,8 тыс. руб./га; 504,9 тыс. руб./га; 61%.

Заключение. Наилучшие значения целевых индикаторов уровня продуктивности капусты белокочанной и экономических показателей в 2022-2024 гг. получены на комбинированном способе орошения – 90,1 т/га. Способ капельного полива в сочетании с увлажнением приземного слоя спринклерным дождеванием позволяет решать проблему микроклимата поля, при этом с высокой точностью выдерживаются заданные параметры предполивной влажности почвы, исключается процесс водной эрозии почв. Доказано, что выбор комбинированной системы орошения ведет к интенсификации производства путем снижения климатических рисков при выращивании овощных культур.

Conclusions. The best values of target indicators of the level of productivity of white cabbage and economic indicators in 2022-2024 were obtained using the combined irrigation method – 90.1 t/ha. It has been proven that the choice of a combined irrigation system leads to the intensification of production by reducing climatic risks in the cultivation of vegetable crops.

Библиографический список

1. Анишко М. Ю., Щепотко Н. А., Соловьев А. В. Оптимальная продуктивность белокочанной капусты в зависимости от обработки почвы, воздействия водных и минеральных факторов в Нижнем Поволжье. Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2024. № 2 (60). С. 26-30.
2. Бородычев В. В., Конторович И. И., Лытов М. Н. Научные разработки ВФ ВНИИГиМа. Мелиорация и водное хозяйство. 2014. № 5-6. С. 8-10.
3. Васильев С. М., Коржова Т. В., Шура В. Н. Технические средства капельного орошения. Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2017. № 3. С. 159.
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 Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 1. С. 9-19.
6. Дубенок Н. Н. и др. Система комбинированного орошения и эффективность производства овощной продукции. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 2 (54). С. 253-265.
7. Лихоманова М. А., Соловьева О. А. Влияние способов полива на эффективность возделывания овощных культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2020. № 1 (61). С. 161-174.
8. Курбанов С. А., Майер А. В. Исследование системы капельного орошения и мелкодисперсного дождевания. Проблемы развития АПК региона. 2012. № 3. С. 5-9.
9. Майер А. В., Бочарников В. С., Долгополова Е. А. Разработка технических средств и метод определения интервала времени между увлажнениями в системе комбинированного орошения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2012. № 1. С. 150-155.
10. Майер А. В., Пенькова Р. И. Разработка мелиоративной системы для малообъемных способов орошения при возделывании овощных и садовых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 201-209.
11. Бородычев В. В. и др. Оптимальное управление поливами на основе современных вычислительных алгоритмов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4. С. 21-28.
12. Овчинников А. С. и др. Перспективная система управления водным режимом почвы и микроклиматом. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3. С. 6-12.
13. Angold Ye., Zarkov V. A. Spezial features of drip-sprinkler irigazion technology. Water Supplu. 2014. Issue 14-15. Pp. 841-849.
14. Brunamonti S. et al. Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayes during StratoClim. Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. № 18. Pp. 21-29.
15. Pross S., Sutton B., Batamm M. Complenting mikro irrigation technology with ivprjvtd irigation management based on crop and soil parameters. Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23. No 4. Pp. 300-330.

References

1. Anishko M. Yu., Shchepotko N. A., Soloviev A. V. Optimal Productivity of White Cabbage Depending on Soil Cultivation, Water and Mineral Factors in the Lower Volga Region. Theoretical and applied problems of the agro-industrial complex. 2024. № 2 (60). Pp. 26-30.
2. Borodychev V. V., Kontorovich I. I., Lytov M. N. Scientific Developments of VF VNIIGiMa. Land reclamation and water management. 2014. № 5-6. Pp. 8-10.
3. Vasilyev S. M., Korzhova T. V., Shkura V. N. Technical means of drip irrigation. Scientific Journal of the Russian Research Institute of Land Reclamation Problems. 2017. № 3. P. 159.
4. Dobrachev Y. P., Sokolov A. P. Models of plant growth and development and the task of increasing yields. Environmental management. 2016. № 3. Pp. 90-96.
5. Dubenok N. N., Mayer A. V. Development of Combined Irrigation Systems for Irrigation of Agricultural Crops. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. № 1. Pp. 9-19.
6. Dubenok N. N. et al. System of combined irrigation and efficiency of production of vegetable products. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 2 (54). Pp. 253-265.
7. Likhomanova M. A., Solovyova O. A. Influence of irrigation methods on the efficiency of vegetable crops cultivation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. – 2020. № 1 (61). Pp. 161-174.
8. Kurbanov S. A., Mayer A. V. Issledovanie sistemy drip irrigation i fine-dispersed sprinkling. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2012. № 3. Pp. 5-9.
9. Mayer A. V., Bocharnikov V. S., Dolgoplova E. A. Development of technical means and method of determining the time interval between moistenings in the system of combined irrigation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2012. № 1. Pp. 150-155.

10. Mayer A. V., Penkova R. I. Development of a reclamation system for small-volume irrigation methods in the cultivation of vegetable and garden crops. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 2 (70). Pp. 201-209.
11. Borodychev V. V., et al. Optimal management of watering based on modern computational algorithms. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 4. Pp. 21-28.
12. Ovchinnikov A. S. et al. Promising system of management of the water regime of the soil and microclimate. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 3. Pp. 6-12.
13. Angold Ye., Zarkov V. A. Spezial features of drip-sprinkler irrigation technology. Water Supplu. 2014. Issue 14-15. Pp. 841-849.
14. Brunamonti S. et al. Balloon-borne measurements of temperature, water vapor, ozone and aerosol backscatter on the southern slopes of the himalayas during StratoClim. Atmospheric Chemistry and Physics. 2018. № 18. Pp. 21-29.
15. Pross S., Sutton B., Batamm M. Complementing mikro irrigation technology with ivprjvtd irrigation management based on crop and soil parameters. Inter Water irrigate. 2008. Vol. 23. No 4. Pp. 300-330.

Информация об авторах

Лихоманов Никита Дмитриевич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3876-2667>, e-mail: ndlux@yandex.ru

Боровой Евгений Павлович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0667-5100>, e-mail: borovoy.e.p@mail.ru

Лихоманова Марина Анатольевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6584-136X>, e-mail: luxmarina@mail.ru

Кузнецова Надежда Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0667-5100>, e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Овсянников Леонид Алексеевич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, e-mail: krolik1234_0@mail.ru

Author's Information

Likhomanov Nikita Dmitrievich, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. Universitetskiy, 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3876-2667>, e-mail: ndlux@yandex.ru

Borovoy Evgeny Pavlovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002 Volgograd, Universitetskiy ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0667-5100>. E-mail: borovoy.e.p@mail.ru

Likhomanova Marina Anatolyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6584-136X>, e-mail: luxmarina@mail.ru

Kuznetsova Nadezhda Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002 Volgograd, Universitetskiy ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0667-5100>, e-mail: nvkyznetsova@mail.ru

Ovsyannikov Leonid Alekseevich, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, pr. Universitetskiy, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9059-9023>, e-mail: krolik1234_0@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-20

THE EFFECT OF LIGHT SPECTRA ON THE CO₂ ABSORPTION PROCESS IN GRAFTED CUCUMBER SEEDLINGS

¹Malikova P. S., ¹Gichenkova O. G., ²Laptina Yu. A.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Federal Research Center "Nemchinovka"
Odintsovo, Moscow Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: polina_aleksashenkova@mail.ru

Received 06.12.2024

Submitted 15.01.2025

Summary

The article presents the results of the influence of light spectra (red 660 nm, blue 440 nm, red-blue 660 nm and 440 nm) on photosynthetic activity in grafted cucumber seedlings during the splicing period and on the percentage of plant survival. The results of the research showed that the lowest concentration of carbon dioxide in the box was in plants illuminated by the red spectrum of 660 nm, which affected the highest percentage of inoculation survival.

Abstract

Introduction. Soil/substrate-borne pathogens cause significant damage to crops and are particularly difficult to diagnose and control. Vaccination technology plays an important role in the fight against them. Despite the complexity of the process itself, protection from pathogens with the help of grafted plants is con-

sidered one of the most important alternatives to chemical agents. To date, it is already known that the percentage of survival in grafted plants depends not only on the combination of rootstock and graft, mechanical work, but also on the microclimate conditions in the splicing chamber: temperature, humidity, and lighting. **Object.** The object of research is the grafted cucumber Kaberry F1 on the Ferro F1 rootstock and the light spectra: red with a wavelength of 660 nm, blue 440 nm and red-blue 660 and 440 nm. **Materials and methods.** The research was carried out in an energy-saving modular phytotron, in which LED irradiators consisting of blue and red spectra were installed. The equipment is divided into three independent zones, each of which has light irradiators with wavelengths – blue 440 nm, red 660 nm. Measurements of the concentration of carbon dioxide were carried out using the "Dudget" sensor. **Results and conclusions.** As a result of the study of the light spectra on the photosynthesis process in grafted cucumber plants, the following results were obtained: on day 3, the lowest concentration of carbon dioxide was recorded in boxes with red 660 nm and red-blue 660 nm and 440 nm spectra at 560 ppm, in the zone with a blue spectrum of 440 nm, the CO₂ level it was higher by 27.5 ppm. On the 5th day, the highest photosynthetic activity was recorded in plants irradiated with the red spectrum of 660 nm (455-465 ppm), the lowest in the blue spectrum of 440 nm (495-500 ppm). When assessing the survival rate, the best result was also obtained using the red spectrum – 97.3%, the red-blue spectrum was inferior by 4.7%-92.6%, the blue spectrum by 8.7%-88.6%.

Keywords: cucumber seedlings, grafted cucumber seedlings, additional lighting of vegetables, LEDs, vegetable growing in protected ground.

Citation. Malikova P. S., Gichenkova O. G., Laptina Yu. A. The effect of light spectra on the CO₂ absorption process in grafted cucumber seedlings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 195-201 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-20.

The 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 635.63.044

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРОВ СВЕТА НА ПРОЦЕСС ПОГЛОЩЕНИЯ CO₂ У ПРИВИТОЙ РАССАДЫ ОГУРЦА

¹Маликова П. С., аспирант

¹Гиченкова О. Г., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

²Лаптина Ю. А., доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Федеральный исследовательский центр «Немчиновка»

г. Одинцово, Московская область, Российская Федерация

Резюме. В статье представлены результаты влияния световых спектров (красный 660 нм, синий 440 нм, красно-синий 660 нм и 440 нм) на фотосинтетическую активность привитой рассады огурца в период сращивания и на процент приживаемости растений. Результаты исследования показали, что самая низкая концентрация углекислого газа в боксе была у растений, освещенных красным спектром 660 нм, что повлияло на самый высокий процент приживаемости прививки.

Актуальность. Патогенные микроорганизмы, передающиеся через почву/субстрат, наносят значительный ущерб сельскохозяйственным культурам, и их особенно трудно диагностировать и контролировать. Технология прививки играет важную роль в борьбе с ними. Несмотря на трудоемкость самого процесса, защита от патогенов при помощи привитых растений считается одной из наиболее важных альтернатив химическим средствам. На сегодняшний день уже известно, что процент приживаемости у привитых растений зависит не только от сочетания подвоя и привоя, механической работы, но и от условий микроклимата в камере сращивания: температуры, влажности, освещения. **Объект.** Объектом исследований являются привитой огурец Каберри F1 на подвое Ферро F1 и спектры света: красный с длиной волны 660 нм, синий 440 нм и красно-синий 660 и 440 нм. **Материалы и методы.** Исследования проводились в энергосберегающем модульном фитотроне, в котором установлены светодиодные облучатели, состоящие из синего и красного спектров. Оборудование разделено на три независимые друг от друга зоны, в каждой из которых установлены световые облучатели с длинами волн – синий 440 нм, красный 660 нм. Измерения концентрации углекислого газа проводились при помощи датчика «Даджет». **Результаты и выводы.** В результате исследования спектров света на процесс фотосинтеза у привитых растений огурца были получены следующие результаты: на 3-й день наименьшая концентрация углекислого газа была зафиксирована в боксах с красным и красно-синим спектров на уровне 560 ppm, в камере с синим спектром 440 нм уровень CO₂ был выше на 27,5 ppm. На 5-е сутки наибольшая фотосинтетическая активность была зафиксирована у растений, облучаемых красным спектром 660 нм (455-465 ppm),

наименьшая – у синего спектра 440 нм (495-500 ppm). При оценке процента приживаемости наилучший результат был также получен при использовании красного спектра – 97,3%, красно-синий спектр уступал на 4,7%-92,6%, синий спектр на 8,7%-88,6%.

Ключевые слова: рассада огурца, привитая рассада огурца, досвечивание овощей, светодиоды, овощеводство защищенного грунта.

Цитирование. Маликова П. С., Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А. Влияние спектров света на процесс поглощения CO_2 у привитой рассады огурца. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 195-201. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-20.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для успешного производства привитой рассады необходимо иметь высококвалифицированный обученный персонал и тщательный контроль микроклимата в период заживления растений. Процесс прививки можно разделить на четыре самостоятельных этапа: 1- подготовка привоя и подвоя, 2 – прививка, 3 – заживление и акклиматизация, 4 – выращивание привитых растений. Именно третий этап очень важный процесс для выживания прививки, в этот период привой и подвой формируют общие сосудистые пучки, образуя единое растение [3].

Свет является важным фактором для роста и морфогенеза растений. Освещение влияет не только на фотосинтетические характеристики, регулируя развитие хлоропластов, но и на активность ключевых ферментов и связанную с ней экспрессию генов [1, 7, 8]. Хорошо известно, что помимо интенсивности освещения и фотопериода, важную роль играет качество света, а именно спектр и длина волны, именно они оказывают значительное влияние на регулирование роста растений и фотосинтез [6, 9]. Так, синий и красный спектры являются наиболее эффективно используемыми во время фотосинтеза растений, так как хлорофилл – это главный светопоглощающий пигмент, воспринимающий синий (420-450 нм) и красный (600-700 нм) длины волн, доказывая значимость этих областей для фотосинтетической деятельности растений [10, 11].

В научной литературе имеется достаточно исследований, подтверждающих необходимость освещения в период заживления привитой рассады для формирования единой сосудистой системы и улучшения корнеобразования у подвоя [2-4]. Это было подтверждено в исследовании «Эффективность использования светодиодного освещения и плотности потока фотонов привитой рассадой томата» в 2021 г. авторов Zheng Jainfeng и других [12]. Однако данных о процессе фотосинтеза у прививки в этот период относительно мало.

Поэтому цель данной работы – изучение влияния спектров света на процесс фотосинтеза и процент приживаемости привитой рассады огурца в камере срачивания в период заживления.

Выполнялись следующие задачи:

1. Установить влияние одноцветного синего 440 нм, одноцветного красного 660 нм и комбинации красного и синего 660 и 440 нм спектров на с поглощение CO_2 на 3-й и 5-й день.
2. Выявить воздействие спектров света на процент выхода прижившейся привитой рассады огурца.

Материалы и методы. В качестве подвоя был использован межвидовой гибрид для тыквенных Ферро F1 (компания Rijk Zwaan), привоя – Каберри F1 (компания De Ruiter) партенокарпический огурец.

Опыт проводился в 3-х кратной повторности по 24 растения. Посев привоя проводился за 14 дней до дня прививки, подвоя – за 12. Биометрические параметры растений в день прививки соответствовали фазе первых настоящих листьев.

После проведения процесса прививки растения помещали в энергосберегающий модульный фитотрон. Оборудование разделено перегородками на три отдельные зоны, в каждой из которых установлены светодиодные облучатели с длинами волн – синий 440 нм, красный 660 нм. Модель обеспечивает требуемый спектр для развития растений с равномерным распределением оптического излучения по всей зеленой массе (патент № 2062531, МПК A01G 31/02, опублик.08.06.2021).



Рисунок 1 – Энергосберегающий модульный фитотрон
Figure 1 – Energy-saving modular phytotron

Температурный режим поддерживался на уровне 22-25 °С. Параметр влажности в первые три дня составил 95%, в последующие дни проводилось плавное снижение до 85% (с 4-го по 8-й).

На 3 и 5-е сутки каждый час работы освещения фиксировался показатель углекислого газа при помощи датчика «Даджет», принцип работы которого базируется на технологии двойного недисперсионного инфракрасного луча (NDIR) для обнаружения наличия CO₂ в воздухе.



Рисунок 2 – Детектор углекислого газа «Даджет»
Figure 2 – The Dadjet Carbon dioxide detector

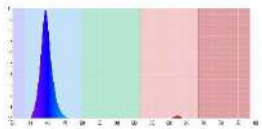
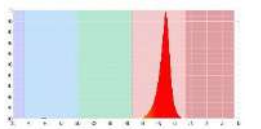
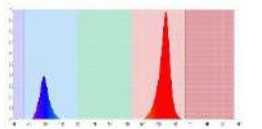
Перед началом опыта были проведены измерения длины волны и фотосинтетической плотности потока фотонов (PPFD) (таблица 1).

Опираясь на полученные измерения, мы рассчитали интеграл дневного освещения, чтобы увидеть количество фотосинтетически активных фотонов, полученных растениями за 8 часов освещения (таблица 1).

Измерения проводились спектрометрическим прибором «ТКА-Спектр».

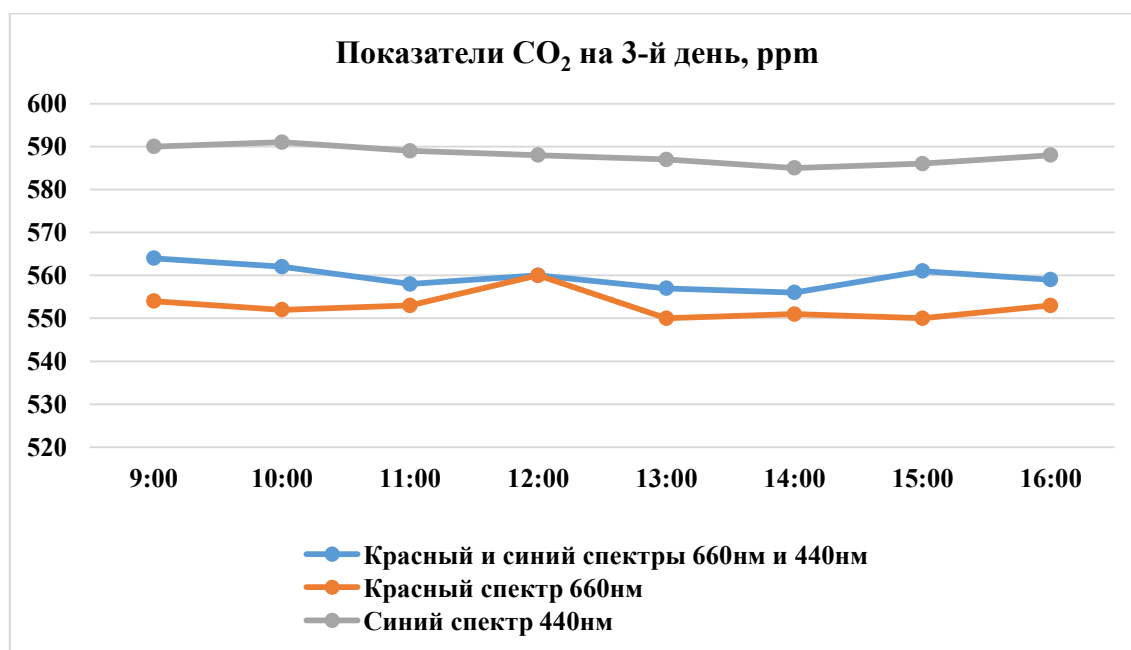
Таблица 1 – Измерения длины волны, плотности фотосинтетического потока (PPFD) и расчет интеграла дневного освещения

Table 1 – Measurements of wavelength, photosynthetic flux density (PPFD) and calculation of the daylight integral

	Синий спектр 440 нм / Blue spectrum 440 nm	Красный спектр 660 нм / Red spectrum 660 nm	Красный и синий спектры 660 нм и 440 нм / Red and blue spectra of 660 nm and 440 nm
Измерение длины волны / Wavelength measurement			
PPFD, 30 см (мкмоль/м ² /с)	200	200	200
Интеграл дневного освещения (моль/м ² /с ¹)	5,8	5,8	5,8

В статье 2021 г. авторов Цзяньвэй Цуйя и других «Влияние искусственного освещения на рассаду огурца в условиях защищенного грунта» был выявлен оптимальный интеграл дневного освещения, который равен 6,35 моль/м²/с¹. Именно такое количество фотосинтетически активных фотонов способствовало наращиванию биомассы, увеличению площади листьев, а также активному росту корневой системы. Наше значение интеграла дневного освещения уступало, однако было приближено к рекомендуемому и составило 5,8 моль/м²/с¹ [5].

Результаты и обсуждения. На 3-й день со дня проведения прививки огурца был проведен замер углекислого газа в камере сращивания (рисунок 3).

Рисунок 3 – Диаграмма показателей CO₂ на 3-й деньFigure 3 – Diagram of CO₂ indicators on the 3rd day

Наименьшая концентрация CO₂ была зафиксирована в боксе у растений, освещаемых красным спектром 660 нм, показатели за 8 часов досвечивания варьировались от 560 до 550 ppm. Параметры у красно-синего спектра были приближены к уровню красного 660 нм – 560-565 ppm.

Самый высокий уровень углекислого газа на 3-й день был у привитых растений под синим спектром 440 нм, который составил 585-590 ppm, что на 25-40 ppm выше остальных образцов.

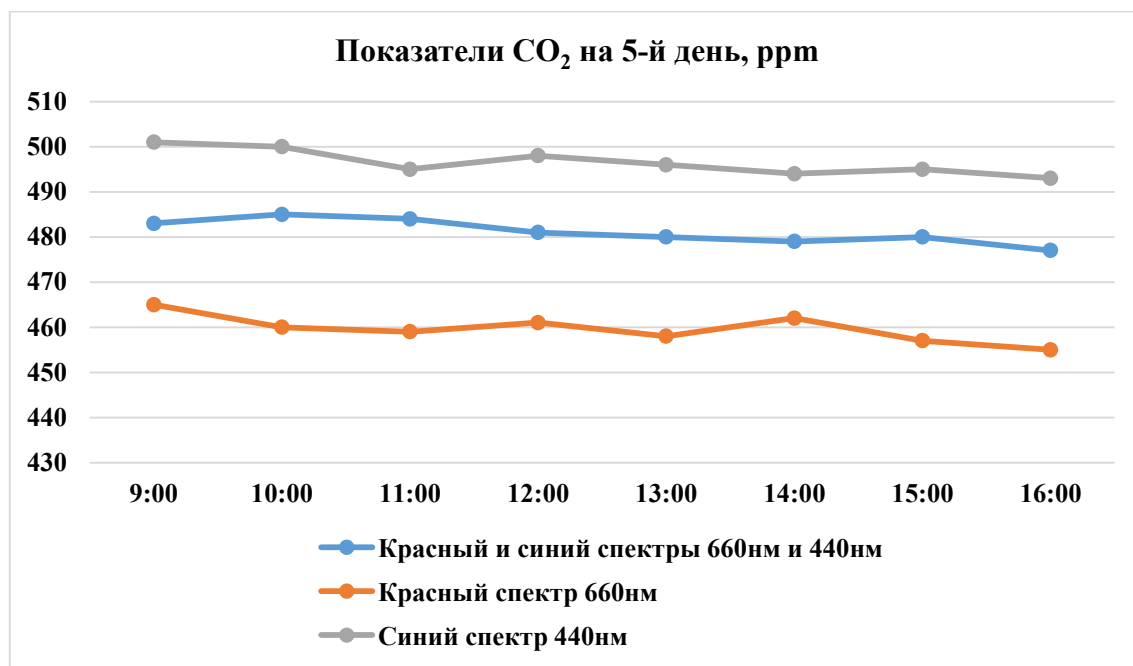


Рисунок 4 – Диаграмма показателей CO₂ на 5-й день
Figure 4 – Diagram of CO₂ indicators on the 5th day

На 5-е сутки после прививки растения, подвергшиеся воздействию красного спектра света с длиной волны 660 нм, демонстрировали лучшую приживаемость и более активное развитие корневой системы в сравнении с другими вариантами.

При замере углекислого газа наименьший результат был получен у варианта с красным спектром 660 нм, концентрация CO₂ была составила 455-465 ppm. У красно-синего спектра этот показатель был выше на 15-20 ppm. У образца, освещаемого синим спектром 440 нм, показатели были выше, чем у других, на 15-35 ppm (рисунок 4).

На 8-е сутки был проведен подсчет процента приживаемости растений.

Таблица 2 – Приживаемость привитых растений на 8-й день, %
Table 2 – Survival rate of grafted plants on the 8th day, %

Красный спектр 660 нм					Синий спектр 440 нм				Красный и синий спектры 660 нм и 440 нм			
Повторности	I	II	III	Среднее	I	II	III	Среднее	I	II	III	Среднее
	98	97	97	97,3	89	88	89	88,6	93	92	93	92,6

При подсчете процента выхода прижившейся привитой рассады огурца Каберри F1 были получены следующие результаты: красный спектр – 97,3%, красно-синий спектр уступал на 4,7% красному, а синий спектр – на 8,7%.

Заключение. Этап заживления является ключевым процессом при производстве привитой рассады. В этот период необходимо контролировать такие факторы микроклимата, как освещение, температуру и влажность. Важную роль играет качество освещения, а именно спектральный состав, который оказывает значительное влияние на фотосинтетическую деятельность растений.

Концентрация углекислого газа в камере сращивания напрямую показывает нам эффективность протекания процесса фотосинтеза у привитых растений. Наилучшие результаты были получены при использовании красного спектра с длиной волны 660 нм. На 3-й день показатели были на уровне 555 ppm, а на 5-й уже составили 460 ppm. Красный спектр способствовал не только фотосинтезу у растений, но и повысил процент приживаемости до 97,3%.

Сочетание красного 660нм и синего 440 нм спектров немного уступал варианту с красным спектром: на 3-е сутки – 563 ppm, на 5-е сутки – 478 ppm. Приживаемость составила на 8-й день – 92,6%.

Использование монохроматического синего спектра привело к снижению фотосинтетической активности и приживаемости привитых растений огурца. На 3-й день средняя концентрация CO₂ составила 588 ppm, что указывало на низкую интенсивность фотосинтеза. На

5-й день концентрация углекислого газа снизилась до 495 ppm, что свидетельствовало о продолжающемся подавлении фотосинтеза. Процент приживаемости растений составил 88,6%, что ниже по сравнению с другими спектральными диапазонами.

Conclusions. The healing stage is a key process in the production of grafted seedlings. During this period, it is necessary to control such factors of the microclimate as lighting, temperature and humidity. An important role is played by the quality of lighting, namely the spectral composition, which has a significant impact on the photosynthetic activity of plants.

The concentration of carbon dioxide in the splicing chamber directly shows us the effectiveness of the photosynthesis process in grafted plants. The best results were obtained using the red spectrum with a wavelength of 660nm. On day 3, the indicators were at the level of 555 ppm, and on the 5th they were already at 460 ppm. The red spectrum contributed not only to photosynthesis in plants, but also increased the survival rate to 97.3%.

The combination of the red 660 nm and blue 440 nm spectra was slightly inferior to the variation with the red spectrum: on day 3 – 563 ppm, on day 5 – 478 ppm. On the 8th day, the survival rate was 92.6%.

Using a monochromatic blue spectrum, the lowest photosynthetic activity of grafted cucumber plants and the percentage of yield of engrafted plants were obtained: on day 3, the average CO₂ concentration was 588ppm, on day 5 – 495 ppm, the percentage of survival was 88.6%.

Библиографический список / References

1. Albrecht-Borth V., Kauss D., Fan D., Hu Y., Collinge D., Marri S., Liebers M., Apel K., Pfannschmidt T., Chow W. S., Pogson B. J. A novel proteinase, SNOWY COTYLEDON4, is required for photosynthetic acclimation to higher light intensities in Arabidopsis. *Plant Physiol.* 2013. № 163 (2). Pp. 732-745.
2. Bantis F., Koukounaras A., Siomos A. S., Fotelli M. N., Kintzonidis D. Bichromatic red and blue LEDs during healing enhances the vegetative growth and quality grafted watermelon seedlings. *Sci. Hortic.* 2020b. 109000.
3. Bantis F., Dangitsis C., Koukounaras A. Influence of light spectra from LEDs and scion × rootstock genotype combinations on the quality of grafted watermelon seedlings. *Plants.* 2021. No 10. P. 353.
4. Jang Y. A., Goto E., Ishigami Y., Mun B., Chun C. H. Effect of light intensity and relative humidity on photosynthesis, growth and graft-take of grafted cucumber seedlings during healing and acclimatization. *Hort Environ Biotechnol.* 2011. No 52. Pp. 331-338.
5. Jiawei Cui, Shiwei Song, Jizhu Yu, Houcheng L. Effect of Daily Light Integral on Cucumber Plug Seedlings in Artificial Light Plant Factory. *Horticulturae.* 2021. No 7. Pp. 1-14.
6. Jing X., Gong B., Wang H., Wei M., Shi Q. H., Liu S. Q., Ai X. Z., Li Y. Secondary and sucrose metabolism regulated by different light quality combinations involved in melon tolerance to powdery mildew. *Plant Physiol Biochem.* 2018. No 124. Pp. 77-87.
7. Kreslavski V. D., Shirshikova G. N., Lyubimov V. Y., Shmarev N., Boutanaev A. M., Kosobryukhov A. A., Schmitt F. J., Friedrich T., Allakhverdiev S. I. Effect of preillumination with red light on photosynthetic parameters and oxidant-/antioxidant balance in Arabidopsis thaliana in response to UV-A. *Photochem Photobiol B.* 2013. No 127 (5). Pp. 229-236.
8. Liu X. Y., Jiao X. L., Chang T. T., Guo S. R., Xu Z. G. Photosynthesis and leaf development of cherry tomato seedlings under different LED-based blue and red photon flux ratios. *Photosynthetica.* 2018. No 56 (4). Pp. 1212-7.
9. Neff M. M., Fankhauser C., Chory J. Light: an indicator of time and place. *Genes Dev.* 2000. No 14 (3). Pp. 257-271.
10. Ouzounis T., Rosenqvist E., Ottosen C.-O. Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism. *Hortscience.* 2015. No 50. Pp. 1128-1135.
11. Yang Z., He W., Mou S., Wang X., Chen D., Hu X., Chen L., Bai J. Plant growth and development of pepper seedlings under different photoperiods and photon flux ratios of red and blue LEDs. *Trans Chin Soc Agric Eng.* 2017. No 33 (17). Pp. 173-180.
12. Zheng, J., Gan P., Ji F., He D., Yang, P. Growth and Energy Use Efficiency of Grafted Tomato Transplants as Affected by LED Light Quality and Photon Flux Density. *Agriculture.* 2021. No 11. P. 816.

Информация об авторах

Маликова Полина Сергеевна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: 0009-0009-8035-3562, e-mail: polina_aleksashenkova@mail.ru

Гиченкова Ольга Геннадьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: 0000-0001-5982-3114, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru

Лаптина Юлия Александровна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФИЦ «Немчиновка» (Российская Федерация, 143026, Московская обл., г.п. Одинцово, р.п. Новоивановское, ул. Агрохимиков, 6), ORCID: 0000-0001-5982-3114, e-mail: ylaptina82@mail.ru

Author's Information

Malikova Polina Sergeevna, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0009-0009-8035-3562, e-mail: polina_aleksashenkova@mail.ru

Gichenkova Olga Gennadiyevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0000-0001-5982-3114, e-mail: olga.gichenkova@mail.ru

Laptina Yulia Aleksandrovna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, FRC «Nemchinovka» (Russian Federation, 143026, Moscow region, v. Odintsovo, Novoivanovskoye, str. Agrochemikov, 6), ORCID: 0000-0001-5982-3114, e-mail: ylaptina82@mail.ru

THE ROLE OF ORGANIC MINERAL FERTILIZERS IN THE FORMATION OF PRODUCTIVITY OF GRAIN SORGHUM HYBRIDS ON LIGHT CHESTNUT SOILS**Rokotyansky M. I., Sarychev A. N., Reznikova O. V.**Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: zeit1@yandex.ru

Received 08.11.2024

Submitted 28.01.2025

Abstract

Introduction. The introduction of crops resistant to adverse conditions into agricultural production is an important reserve for increasing the gross harvest of crop production, providing a fodder base and ensuring food security. One of these crops is grain sorghum. New hybrids of sorghum are characterized by increased drought resistance, resistance to diseases, pests, high yield potential, increased protein content, which determines the feed and nutritional value of this crop. **Object.** The object of research is hybrids of grain sorghum of domestic and foreign breeding. **Materials and methods.** The research was carried out at the experimental site of the agro biotechnology landfill of the Volgograd State Agrarian University, and related observations were carried out according to the methods of VIR and State Testing of agricultural crops. **Results and conclusions.** Studies have established that the duration of the studied sorghum hybrids ranges from 121 to 134 days, depending on the weather conditions of the year. Field germination was influenced by the growth regulators used in seed treatment; on the Bianca hybrid, when treated with Fertigrain start Plus, it was the highest – 83.1%. The use of growth regulators and organic mineral fertilizers in combination with growth regulators for seed treatment in the technology of cultivation of plant treatments during the growing season ensures better preservation of plants to full ripeness than the separate use of preparations. Depending on the hybrid, plant safety is 80.6-89.9% with complex use, 80.1-88.8% with separate use, and 75.1% without use. The formation of yields was determined by the biological characteristics of each hybrid, as well as the use of growth regulators and organic mineral fertilizers for the treatment of seeds and plants during the growing season. The best combination to ensure high yields is seed treatment with Fertigrain Start Plus and plant treatment with Fertigrain Foliar Plus. The yield of grain sorghum was 2.05 t/ha on the Ata-man hybrid, 2.11 t/ha on the Bianca hybrid, and 2.01 t/ha on the Albanus hybrid.

Keywords: grain sorghum, light chestnut soils, plant growth regulators, organic mineral fertilizers, potassium humate.

Citation. Rokotyansky M. I., Sarychev A. N., Reznikova O. V. The role of organic mineral fertilizers in the formation of productivity of grain sorghum hybrids on light chestnut soils. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 202-213 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-21.

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 631.8:633.174

РОЛЬ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ПРОДУКТИВНОСТИ ГИБРИДОВ ЗЕРНОВОГО СОРГО НА СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ**Рокотянский М. И., аспирант****Сарычев А. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент****Резникова О. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент**ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Внедрение в сельскохозяйственное производство культур, обладающих устойчивостью к неблагоприятным условиям, является важным резервом увеличения валового сбора продукции растениеводства, обеспечения кормовой базы и залогом продовольственной безопасности. Одной из таких культур является зерновое сорго. Новые гибриды сорго характеризуются повышенной засухоустойчивостью, устойчивостью к болезням, вредителям, высоким потенциалом урожайности, повышенным содержанием белка, что определяет кормовую и пищевую ценность этой культуры. **Объект.** Объектом исследований являются гибриды зернового сорго отечественной и

иностранный селекции. **Материалы и методы.** Исследования проводились на опытном участке полигона агробиотехнологий ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет», сопутствующие наблюдения проведены согласно методикам ВИР и Госсортоиспытания сельскохозяйственных культур. **Результаты и выводы.** Исследованиями было установлено, что продолжительность изучаемых гибридов сорго составляет от 121 до 134 дней в зависимости от метеоусловий года. На полевую всхожесть оказали влияние регуляторы роста, используемые при обработке семян, на гибриде Бианка при обработке препаратом Фертигрейн старт Плюс она была самая высокая – 83,1%. Применение в технологии возделывания обработок растений во время вегетации регуляторами роста и органоминеральными удобрениями в комплексе с регуляторами роста для обработки семян обеспечивает лучшую сохранность растений к полной спелости, чем раздельное применение препаратов. Сохранность растений составляет в зависимости от гибрида при комплексном применении 80,6-89,9%, при раздельном применении 80,1-88,8%, а без применения 75,1%. Формирование урожайности было обусловлено биологическими особенностями каждого гибрида, а также применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений для обработки семян и растений во время вегетации. Лучшей комбинацией, обеспечивающей высокую урожайность, является обработка семян препаратом Фертигрейн старт Плюс и обработка растений препаратом Фертигрейн Фолиар Плюс. Урожайность зернового сорго при этом составила на гибриде Атаман – 2,05, гибриде Бианка – 2,11, гибриде Албанус – 2,01 т/га.

Ключевые слова: сорго зерновое, светло-каштановые почвы, регуляторы роста растений, органоминеральные удобрения, гумат калия.

Цитирование. Рокотянский М. И., Сарычев А. Н., Резникова О. В. Роль органоминеральных удобрений в формировании продуктивности гибридов зернового сорго на светло-каштановых почвах. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 202-213. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-21.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Во многих южных и юго-восточных районах России преобладают песчаные, супесчаные и каштановые почвы, множество засоленных земель. Данные зоны характеризуются недостатком осадков, которые выпадают преимущественно осенью и зимой, а также высокой температурой воздуха и почвенного покрова в весенне-летний период.

Практика сельского хозяйства в засушливых регионах показывает, что для засушливых условий больше всего подходит сорго, которое, благодаря целому комплексу хозяйственных и биологических свойств, стало культурой разностороннего использования – на зерно, зеленый корм, силос, сено, сенаж [10, 14].

Сорго имеет много разновидностей и сортов (гибридов), поэтому зерно может сильно различаться по кормовым достоинствам [13]. Зерновое сорго широко используют на корма сельскохозяйственным животным [8], потому что зерно крупное и с хорошим содержанием крахмала, а также для различных промышленных переработок (спирт, патоку, крахмал, крупу). По химическому составу зерно сорго близко к зерну кукурузы [6, 11].

Из всех зерновых и кормовых культур сорго и сорго-суданковые гибриды лучше приспособлены к засушливому климату [16]. Обусловлено это высокой приспособляемостью к различным почвенно-климатическим условиям, а также устойчивой урожайностью. Культура довольно устойчива против грибных заболеваний и вредителей, запалов и захватов. Культура отзывчива на высокий агрофон, не осыпается на корню.

Тем не менее, несмотря на то, что сорго является довольно неприхотливой культурой, оно положительно реагирует на совершенствование агротехнических приемов в технологии возделывания [6, 17, 18]. Прежде всего, в технологии возделывания следует обращать внимание на сорта и гибриды, которые районированы для зоны возделывания, поскольку биологические особенности обеспечивают устойчивость к неблагоприятным условиям [1, 2, 4, 12]. Исследованиями отечественных ученых установлено, что применение фунгицидных протравителей семян, а также микроудобрений и регуляторов роста обеспечивают повышению продуктивности посевов зернового сорго и соргосуданковых гибридов по сравнению с посевами без обработки [3, 7]. Зерновое сорго, также как и обычные зерновые культуры, требует интегрированной защиты во время вегетации [9, 11] и хорошо отзывается на применение удобрений [5, 15].

Все достоинства данной культуры убеждают, что в засушливых условиях Волгоградской области данная культура заслуживает внимания и внедрения в сельскохозяйственное производство. Поскольку культура не имеет широкого распространения, было принято решение провести исследования современных сортов зернового сорго, рекомендованных к возделыванию в Нижневолжском регионе, а также усовершенствовать агротехнические приемы его возделывания.

Целью исследований является изучение влияния органоминеральных удобрений и регуляторов роста на формирование элементов продуктивности и урожайность современных гибридов зернового сорта отечественной и иностранной селекции.

Для решения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Оценить особенности роста и развития посевов гибридов сорго Атаман, Бианка и Албанус в зависимости от применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений.
2. Определить особенности водопотребления и урожайность посевов в зависимости от применяемых агроприемов.
3. Определить экономическую эффективность изучаемых агроприемов.

Материалы и методы. Для решения цели и поставленных задач исследования в 2022 году был заложен полевой опыт на полигоне агробиотехнологий ФГБОУ ВО Волгоградский государственный аграрный университет. Исследования велись по следующей схеме:

Схема опыта:

Фактор А. Гибриды сорго зернового:

- I. Атаман.
- II. Бианка.
- III. Албанус.

Фактор В. Регуляторы роста и органоминеральные удобрения:

- I. Без применения препаратов (контроль).
- II. Гумат калия, обработка семян перед посевом, 0,8 л/т.
- III. Гумат калия, обработка растений во время вегетации, фаза выхода в трубку, стеблевание 1,5 л/га.
- IV. Гумат калия, обработка семян перед посевом, 0,8 л/т + Гумат калия, обработка растений во время вегетации, фаза выхода в трубку, стеблевание 1,5 л/га.
- V. Фертигрейн старт Плюс обработка семян перед посевом 0,8 л/т.
- VI. Фертигрейн Фолиар Плюс обработка растений во время вегетации, фаза выхода в трубку, стеблевание 1,5 л/га.
- VII. Фертигрейн старт Плюс обработка семян перед посевом 0,8 л/т + Фертигрейн Фолиар Плюс обработка растений во время вегетации, фаза выхода в трубку, стеблевание 1,5 л/га.

Исследования велись в зернопаровом трехпольном севообороте по следующей схеме: пар – озимая пшеница – сорго зерновое. Норма высева 250000 всхожих семян на га. Расположение делянок рандомизированное, площадь делянки 1120 м², 11,2х100 м, учетной 900 м², трехкратная повторность вариантов.

Почвенный покров опытного участка представлен светло-каштановыми тяжелосуглинистыми почвами. Обеспеченность доступными для растений формами азота и фосфора – низкая, содержание калия – повышенное, гумус 1,8-2,0 %.

Закладка опыта, отбор и анализ проб растений и почвенных образцов проводились с использованием общепринятых методик и ГОСТ. Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики

Результаты и обсуждение. Погодные условия 2022-2023 гг. в целом были благоприятными для произрастания и формирования продуктивности изучаемой культуры. (рисунки 1, 2). Сорго является теплолюбивым растением, поэтому показатели температурного режима для него в период исследования находились на оптимальном уровне. Среднемесячная температура воздуха во время вегетации изучаемой культуры составила: в 2022 г. – 21,0 °С; в 2023 г. – 21,8 °С, что превышало среднееголетние значения температурного режима. Температура воздуха в 2023 году были более теплыми по сравнению с 2022 годом и среднееголетними показателями, что благоприятно отразилось на росте и развитии растений, особенно на начальном этапе развития, когда формируется корневая система.

Подзона светло-каштановых почв является зоной недостаточного увлажнения, что подтверждается полученными данными. Обеспеченность осадками во время проведения исследований была неравномерной во время вегетации изучаемой культуры. В среднем за вегетационный период 2022 г. выпало 123,3 мм осадков, больше всего в мае 59,0 мм, а меньше в июне 2,3 мм. В 2023 г. интенсивность выпадения осадков была выше, чем в 2022 г. и составила за вегетацию сорго – 145 мм. Меньше всего осадков выпало в августе – 6 мм, а больше всего в июле 70,3 мм.

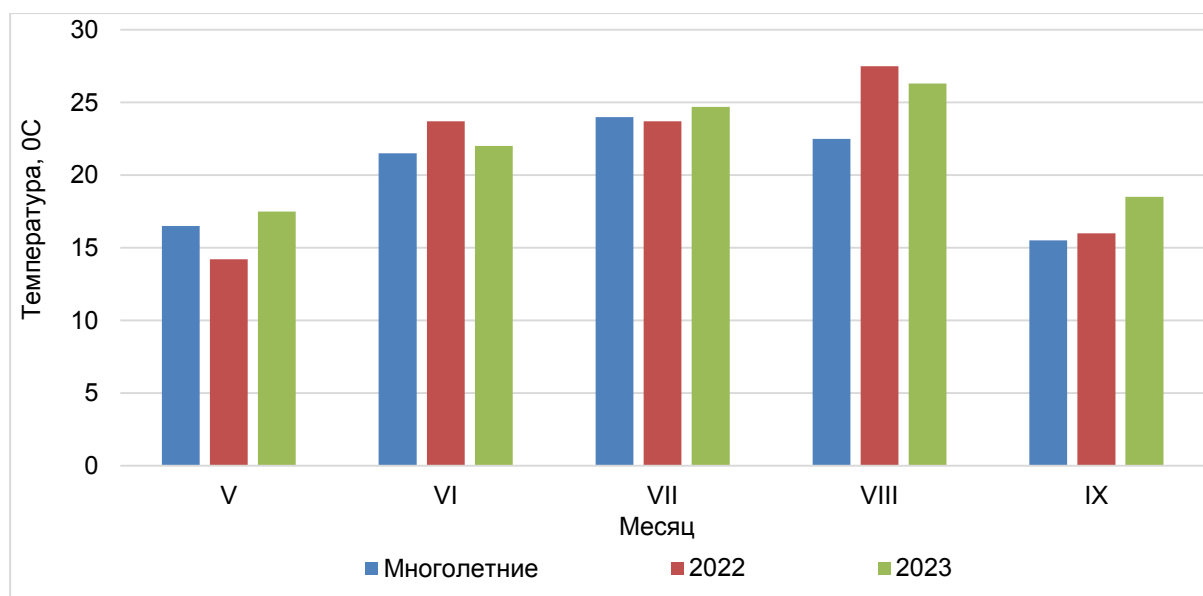


Рисунок 1 – Температурный режим во время вегетации в 2022-2023 гг.
Figure 1 – Temperature regime during the growing season in 2022-2023.

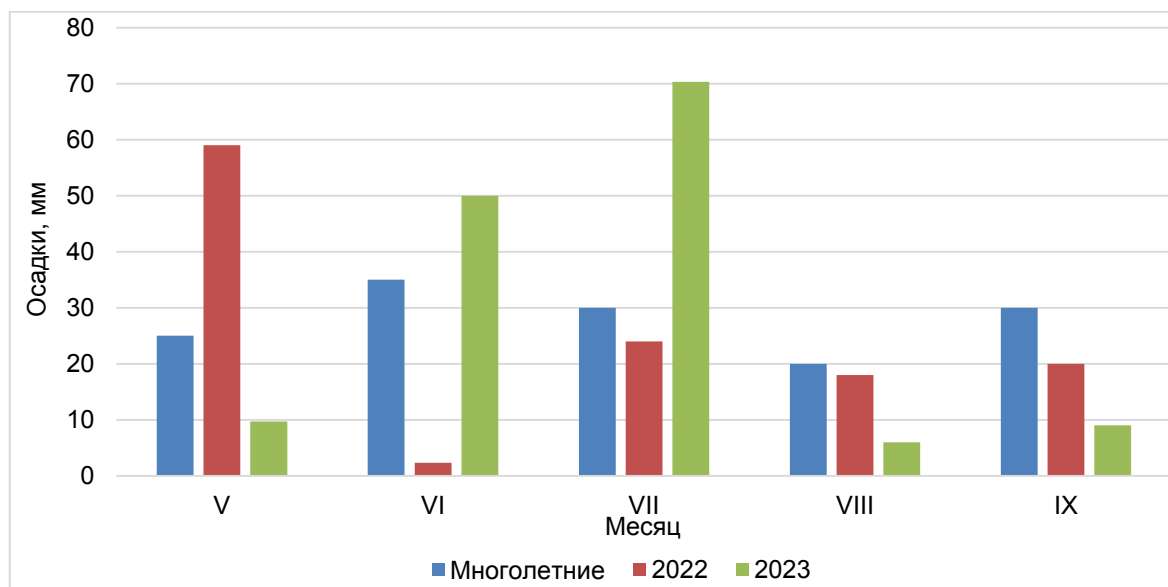


Рисунок 2 – Количество выпавших осадков во время вегетации в 2022-2023 гг.
Figure 2 – The amount of precipitation during the growing season in 2022-2023

Сорго зерновое имеет довольно продолжительный период вегетации, но в целом его продолжительность зависит от биологических особенностей конкретного гибрида. Проведенные исследования позволили установить, что изучаемые в опыте гибриды зернового сорго отличались разными периодами вегетации. На продолжительность межфазных пе-

риодов и вегетационного периода в целом влияли не только биологические особенности культуры, но и регуляторы роста, органоминеральные удобрения, погодные условия. Анализ полученных данных за 2022 год показал, что гибрид Албанус является самым раннеспелым: период от посева до полной спелости составил 121 день. Такая продолжительность вегетационного периода наблюдалась на вариантах с обработкой семян и на комплексном применении обоих препаратов, как с препаратами Фертигрейн, так и с гуматом калия. На контроле период вегетации был увеличен на 2 дня, а некорневая обработка растений увеличила этот срок на 4 дня. У гибрида Атаман период вегетации составлял на контроле 124 дня, а некорневая подкормка увеличила продолжительность вегетации на 4 дня. Самый продолжительный период вегетации был отмечен у гибрида Бианка и составил 129 дней на вариантах с совместным применением препаратов и на вариантах с обработкой семян перед посевом. Период вегетации с некорневыми подкормками препаратами Фертигрейн Фолиар Плюс или Гуматом калия составил 133 дня.

В 2023 году самый короткий период вегетации наблюдался у гибрида Атаман и составил 129-133 дня. Гибрид Албанус созрел на 2 дня позже Атамана. Самым позднеспелым оказался был также гибрид Бианка. На вариантах с совместным применением препаратов Фертигрейн или Гумат калия продолжительность вегетации составила от 134 дней до 138 на вариантах с некорневой подкормкой растений. Данные различия по годам были обусловлены различиями по температурному режиму, интенсивностью выпадения осадков и их распределением по фазам вегетации.

Лабораторная оценка качества семян показала, что семена изучаемых гибридов имеют хорошие посевные качества, всхожесть составила на уровне 94,5%, что соответствует нормам ГОСТа. Полевая всхожесть по всем изучаемым вариантам в среднем за два года составила 79,8%, однако на каждом изучаемом факторе она имела различные диапазоны. Так, на гибриде Атаман в зависимости от изучаемых факторов она варьировала от 77,3 до 81,9%, на гибриде Бианка – 78,3-83,3%, гибриде Албанус – 77,8-82,3%, соответственно в зависимости от применения регуляторов роста для обработки семян. Применение регуляторов роста для обработки семян позволяло повысить всхожесть семян в среднем на 2-5% по сравнению с контрольным вариантом в зависимости от гибрида. При этом самые высокие результаты полевой всхожести были получены на варианте, где применялся препарат Фертигрейн старт Плюс. Так, на гибриде Атаман она составила 81,8-81,96%, на гибриде Бианка 83,1-83,2%, на гибриде Албанус 82,08-82,32%, а на контрольных вариантах без применения каких либо препаратов соответственно 77,36, 78,38, 77,84%.

Волго-Донское междуречье является зоной рискованного земледелия, когда немаловажным показателем оценки агроприемов является сохранность растений к уборке, поскольку от густоты стояния в тесной зависимости находится итоговая урожайность сельскохозяйственной культуры. Исследования же показали, что на густоту стояния оказали влияние как биологические особенности каждого конкретного гибрида зернового сорго, так и применяемые в опыте агропрепараты. Сохранность растений на контрольных вариантах без обработки семян и растений составила от 145,5 тыс./га на гибриде Атаман до 147,5 тыс./га на гибриде Бианка, что в среднем составило 75,1 %. Обработка семян гуматом калия позволила увеличить сохранность до 154,4-156,4 тыс. растений на га, препаратом Фертигрейн старт Плюс 174,4-186,05 тыс./га или 89,5%. Применение препаратов для обработки растений во время вегетации также увеличило сохранность растений по сравнению с контролем до 155,3-155,7 тыс. растений при использовании Гумата и до 166,6-174,15 тыс. растений на варианте с внесением Фертигрейн Фолиар Плюс или 85,9-88,8%. Наиболее высокая сохранность растений отмечалась на вариантах с совместным применением регуляторов роста и органоминеральных удобрений для обработки семян и растений во время вегетации. Так комплексное применение Гумата калия повысило сохранность растений и в зависимости от гибрида варьировало от 160,2 до 165,9 тыс. раст. /га, что составило 80,6-81,7%. Наиболее эффективной комбинацией было совместное применение препаратов Фертигрейн старт Плюс и Фертигрейн Фолиар Плюс, которые обеспечили высокий уровень сохранности растений на уровне 179,6-187,35 тыс. раст./га или 87,5-89,9%.

Таблица 1 – Всхожесть и сохранность сорго (в среднем за 2022-2023 гг.)
Table 1 – Sorghum germination and preservation (average for 2022-2023)

Фактор А гибриды / Factor A hybrids	Фактор В органоминеральные удобрения / Factor B organomineral fertilizers	Всхожесть, количество тыс./га / Germination, number of thousands/ha	Всхожесть % / Germination %	Густота стояния перед уборкой, тыс./га / Density of standing before harvesting, ths./ha	Сохранность к уборке % / Safety for harvesting %
Атаман / Ataman	Без обработки (контроль) / No Processing (Control)	193,4	77,36	145,5	75,1
	Гумат обработка семян / Humate seed treatment	198,55	79,42	154,4	77,7
	Гумат во время вегетации / Humate during the growing season	193,8	77,52	155,3	80,1
	Гумат обработка семян + Гумат во время вегетации / Humate seed treatment + Humate during the growing season	198,6	79,44	160,2	80,6
	Фертигрейн старт Плюс / Fertigrain Start Plus	204,5	81,8	174,4	85,2
	Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Folio Plus	193,85	77,54	166,6	85,9
	Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Start Plus + Fertigrain Folio Plus	204,9	81,96	179,6	87,5
Бианка / Bianca	Без обработки (контроль) / No Processing (Control)	195,95	78,38	147,5	75,1
	Гумат обработка семян / Humate seed treatment	202	80,8	156,4	77,3
	Гумат во время вегетации / Humate during the growing season	196,1	78,44	157,7	80,3
	Гумат обработка семян+ Гумат во время вегетации / Humate seed treatment + Humate during the growing season	202,55	81,02	165,9	81,8
	Фертигрейн старт Плюс / Fertigrain Start Plus	207,75	83,1	186,05	89,5
	Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Folio Plus	196,05	78,42	174,15	88,8
	Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Start Plus + Fertigrain Folio Plus	208,3	83,32	187,35	89,9
Албанус / Albanus	Без обработки (контроль) / No Processing (Control)	194,6	77,84	146,5	75,1
	Гумат обработка семян / Humate seed treatment	200,8	80,32	155,4	77,3
	Гумат во время вегетации / Humate during the growing season	194,35	77,74	156,6	80,4
	Гумат обработка семян + Гумат во время вегетации / Humate seed treatment + Humate during the growing season	201,25	80,5	164,6	81,7
	Фертигрейн старт Плюс / Fertigrain Start Plus	205,2	82,08	177,4	86,3
	Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Folio Plus	194,55	77,82	170,9	87,9
	Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Start Plus + Fertigrain Folio Plus	205,8	82,32	179,05	86,8

Обеспеченность растений влагой является очень важным показателем, поскольку подзона светло-каштановых почв характеризуется как зона недостаточного увлажнения, поэтому на формирование продуктивности любой сельскохозяйственной культуры перво-степенное влияние оказывает наличие запасов доступной для растений влаги в почве, а также атмосферные осадки в наиболее критические фазы развития.

Как показали исследования 2022-2023 гг., в целом посевы были обеспечены влагой практически весь период вегетации, но в ответственные фазы развития отмечалась нехватка доступной влаги в верхних горизонтах почвы 0-0,1 и 0,1-0,2 м. Это связано, прежде всего, с неравномерным распределением атмосферных осадков по месяцам и высокими температурами воздуха во время вегетации и, как следствие, интенсивным испарением почвенной влаги. В 2022 году содержание доступной влаги было ниже по сравнению с 2023 годом как перед посевом, так и в конце вегетации (рисунок 3). Тем не менее уровень почвенных влагозапасов в совокупности с выпадающими осадками обеспечил приемлемые показатели влагозапаса для развития растений и формирования продуктивности. В среднем за 2 года перед посевом содержание доступной влаги в метровом слое почвы составило 107,4 мм, при появлении всходов – 95,8 мм, в фазу выхода в трубку – 77,9, стеблевания – 64,4, выметывания – 56,2, цветения – 51,9, молочной спелости – 29,2, а в фазу полной спелости – 18,6 мм.

Анализ суммарного водопотребления зернового сорго показал, что величина водопотребления зависит от биологических особенностей гибрида и применения агропрепаратов. На контрольном варианте с гибридом Атаман суммарное водопотребление составило 1801,5 м³/га, а на варианте с гибридом Бианка, где была проведена обработка семян препаратом Фертигрейн Старт Плюс и проведена листовая обработка Фертигрейн Фолиар Плюс – 1859,5 м³/га. Поскольку исследования проводились в богарных условиях, то структура водного баланса складывалась из двух составляющих: почвенных влагозапасов за осенне-зимний период и атмосферных осадков за вегетационный период. На долю почвенных запасов приходилось 49,4-51%, а на долю атмосферных осадков – 49,5-50,6% (таблица 3).

Использование регуляторов роста для обработки семян, а также органоминеральных удобрений обеспечили динамику снижения коэффициента водопотребления, по сравнению с контрольными вариантами, за счет более интенсивного развития корневой системы растений и интенсивного потребления влаги в нижних горизонтах почвы, вследствие чего формировалась более высокая урожайность культуры. Самым отзывчивым гибридом зернового сорго на применение агропрепаратов был гибрид Бианка. На контрольном варианте без применения агропрепаратов коэффициент водопотребления был равен – 1104,7 м³/т, а на варианте, где применялась совместная обработка препаратами марки Фертигрейн был получен результат в 931 м³/т. На других гибридах показатели коэффициента были несколько выше, но тем не менее отмечалась положительная динамика в совместном применении препарата Фертигрейн по отношению к контролю. Так, на гибриде Атаман с вариантом без обработки коэффициент составил 1169,6 м³/т, на варианте совместного применения препаратов Фертигрейн 981,9 м³/т, на гибриде Албанус 1135,3 и 986,9 м³/т соответственно.

Таблица 2 – Содержание доступной влаги в почве во время вегетации в слое почвы 0-1,0 м, мм
Table 2 – The content of available moisture in the soil during the growing season
in the soil layer 0-1.0 m, mm

Фенологическая фаза / Phenological phase								
Посев / Sowing	Всходы / Shoots	Кущение / Tillering	Выход в трубку / Snorkel exit	Выметы- вание / Sweeping	Цветение / Flowering	Созревание / Maturation	Молочная спелость / Milky ripeness	Полная спелость / Full ripeness
2022 г.								
98,5	87,3	65,4	56,3	46,9	43,5	32,4	25,4	12,6
2023 г.								
116,3	104,2	90,3	72,6	65,4	60,3	45,8	32,9	24,6
В среднем за 2022-2023 гг. / Average for 2022-2023								
107,4	95,75	77,85	64,45	56,15	51,9	39,1	29,15	18,6

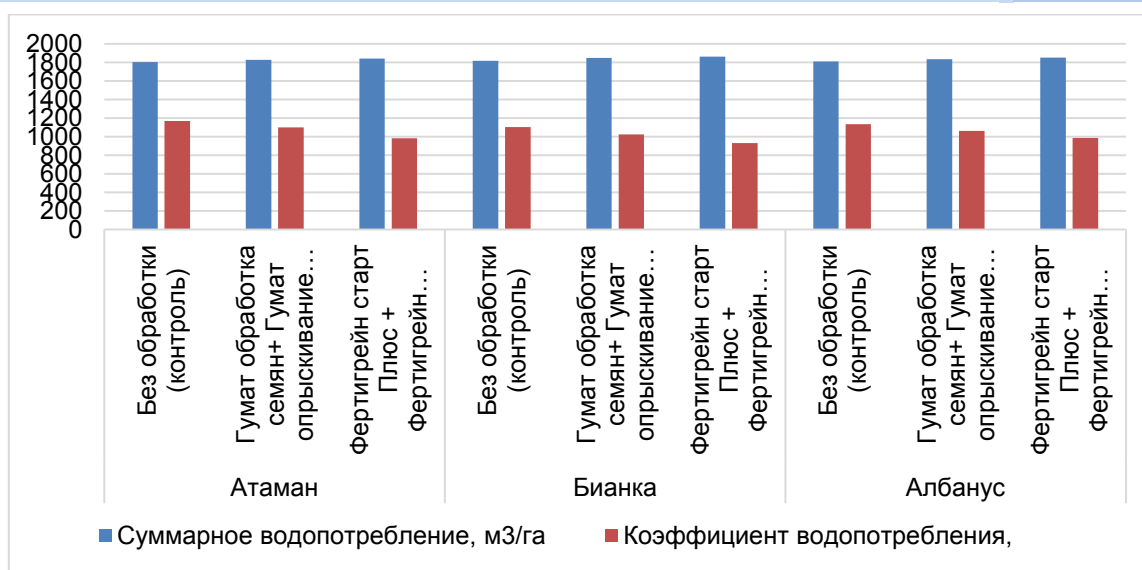


Рисунок 3 – Суммарное водопотребление и коэффициент водопотребления зернового сорго, в среднем за 2022-2023 гг.

Figure 3 – Total water consumption and water consumption coefficient of grain sorghum (on average for 2022-2023)

Таблица 3 – Фотосинтетический потенциал зернового сорго в зависимости от варианта обработки, тыс.м²/га *дней (в среднем за 2022-2023гг.)

Table 3 – Photosynthetic potential of grain sorghum depending on the treatment option, thousand m²/ha *days (on average for 2022-2023)

Фактор В – органоминеральные удобрения, регуляторы роста / Factor B – organic mineral fertilizers, growth regulators	Фактор А – гибриды / Factor A – hybrids			
	Атаман / Ataman	Бианка / Bianca	Албанус / Albanus	Средняя / Average
Без обработки (контроль) / No Processing (Control)	577,30	598,00	563,95	579,75
Без обработки (контроль) / No Processing (Control)	608,95	618,50	594,75	607,40
Гумат обработка семян / Humate seed treatment	618,00	635,50	605,30	619,60
Гумат во время вегетации / Humate during the growing season	659,65	677,50	636,55	657,90
Гумат обработка семян + Гумат во время вегетации / Humate seed treatment + Humate during the growing season	657,95	677,65	643,45	659,68
Фертигрейн старт Плюс / Fertigrain Start Plus	688,60	706,85	667,55	687,66
Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Folio Plus	723,10	746,75	701,50	723,78
Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Start Plus + Fertigrain Folio Plus	647,65	665,82	630,43	

Фотосинтез является одним из наиболее важных факторов в определении продуктивности посевов зернового сорго. Как известно, именно во время фотосинтетической деятельности проходит накопление в растениях органического вещества и энергии. Основные показатели фотосинтетической деятельности в посевах зернового сорго за 2022-2023 года представлены в таблице 4. В ходе исследований было установлено, что на вариантах без применения агропрепаратов на всех исследуемых сортах показатели фотосинтетического потенциала были самые низкие – от 563,95 тыс. м²/га на гибриде Албанус, до 598 тыс. м²/га

на гибриде Бианка. Применение органоминеральных удобрений и регуляторов роста увеличило рост вегетативной массы растений, и в связи с этим данный показатель увеличился. Комплексное применение агропрепаратов обеспечило более высокую величину фотосинтетического потенциала, чем на вариантах, где препараты использовались отдельно. На варианте с применением гумата калия для обработки семян и растений во время вегетационного периода фотосинтетический потенциал варьировал от 636,55 тыс. м²/га на варианте с гибридом Албанус до 677,5 тыс. м²/га на варианте с гибридом Бианка. Самые высокие значения были получены на вариантах совместного применения препаратов марки Фертигрейн от 701,5 тыс. м²/га до 746,75 тыс. м²/га в зависимости от изучаемого гибрида.

Основным показателем оценки эффективности изучаемых агроприемов, сортов и гибридов сельскохозяйственных культур является величина и качество урожая. В ходе исследований было установлено, что продуктивность изучаемых гибридов зернового сорго на светло-каштановых почвах зависит от биологических особенностей гибрида, применения регуляторов роста для обработки семян и органоминеральных удобрений в виде некорневой подкормки и складывающихся погодных условий (таблица 4).

Таблица 4 – Урожайность сорго зернового, т/га (в среднем за 2022-2023 г.)

Table 4 – Grain sorghum yield, t/ha (average for 2022-2023)

Фактор В – органоминеральные удобрения, регуляторы роста / Factor B – organic mineral fertilizers, growth regulators	Фактор А – гибриды / Factor A – hybrids			
	Атаман / Ataman	Бианка / Bianca	Албанус / Albanus	Средняя / Average
Без обработки (контроль) / No Processing (Control)	1,66	1,76	1,71	1,71
Гумат обработка семян / Humate seed treatment	1,73	1,82	1,76	1,77
Гумат во время вегетации / Humate during the growing season	1,76	1,85	1,81	1,81
Гумат обработка семян + Гумат во время вегетации / Humate seed treatment + Humate during the growing season	1,80	1,92	1,86	1,86
Фертигрейн старт Плюс / Fertigrain Start Plus	1,80	1,89	1,85	1,85
Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Folio Plus	1,85	1,93	1,89	1,89
Фертигрейн старт Плюс + Фертигрейн Фолиар Плюс / Fertigrain Start Plus + Fertigrain Folio Plus	2,05	2,11	2,01	2,04
Средняя / Average	1,80	1,90	1,84	

НСП (05) общая 2022 г. – 0,1275, НСП (05) А-0,0482, НСП (05) В-0,1168

НСП (05) общая 2023 г. – 0,2024, НСП (05) А-0,0765, НСП (05) В-0,1168

НСП (05) total 2022 – 0.1275, НСП (05) А-0.0482, НСП (05) В-0.1168 НСП (05) total 2023 – 0.2024, НСП (05) А-0.0765, НСП (05) В – 0.1168

На контрольных вариантах, где не применялись препараты для обработки семян и растений, урожайность в среднем за 2 года исследований составила на гибриде Атаман 1,66 т/га, на гибриде Бианка 1,76 т/га, а на гибриде Албанус 1,71 т/га. Применение агропрепаратов существенно увеличивало величину урожайности по отношению к контролю. Однако раздельное применение каждого препарата не способствовало значительному увеличению продуктивности культуры по сравнению с их комплексным использованием. Применение гумата калия для обработки семян способствовало повышению урожайности в среднем на 0,06 т/га, а двукратная обработка посевов во время вегетации обеспечило прибавку в среднем на 0,1 т/га. Комплексное применение Гумата калия увеличило урожайность на гибриде Атаман на 0,14 т/га, на гибриде Бианка на 0,16 т/га, а на гибриде Албанус на 0,15 т/га по сравнению с контролем. Препараты марки Фертигрейн обеспечили большую прибавку по сравнению с гуматом калия и контрольным вариантом. Обработка семян препаратом Фертигрейн старт Плюс позволило получить прибавку в среднем на уровне 0,13 т/га, а однократная обработка растений во время вегетации препаратом Фертигрейн Фолиар Плюс

повысила урожайность на 0,18 т/га. Комплексное применение этих препаратов позволило получить больший эффект, чем раздельное применение. Так, на гибриде Атаман урожайность составила 2,01 т/га, на гибриде Албанус 2,01 т/га, а на гибриде Бианка сформировался самый высокий урожай – 2,11 т/га, что больше, чем на контроле, на 0,45 т/га.

Анализ экономической эффективности показал, что она зависит от величины затрат на применение препаратов, стоимости семян гибридов, продуктивности возделываемого гибрида в опыте.

Средняя цена реализации зерна сорго в 2022-2023 гг. составила 9500 руб. за 1 т.

В среднем за 2 года величина затрат на 1 га варьировала от 10650 руб. га вариантах без применения препаратов до 12070 руб. на варианте с комплексным применением препаратов Фертигрейн.

Анализ себестоимости полученной продукции показал, что самая низкая себестоимость была получена на варианте с комплексным применением препаратов Фертигрейн и составила в зависимости от возделываемого гибрида от 5720,38 до 6004,98 руб. за 1 тонну, что меньше, чем на контрольном варианте без внесения препаратов, на 410,68-695,28 руб.

Расчет прибыли на 1 т полученной продукции и на 1 га показал, что самая высокая прибыль в опыте была получена при возделывании гибрида Бианка с комплексным применением препаратов Фертигрейн и составила на 1 т – 3779,62 руб., а на 1 га 7975,00 руб.

Возделывание гибрида Атаман без применения регуляторов роста и органоминеральных удобрений привело к получению самой низкой величины прибыли на 1 т и на 1 га. Значение этого показателя было равно 3084,34 и 5120,00 руб. соответственно.

Расчет уровня рентабельности показал, что самое высокое значение этого показателя получено на вариантах, где применяются препараты Фертигрейн комплексно: на гибриде Бианка – 66,07%, Атаман – 61,35%, Албанус – 58,2%. На вариантах с гуматом калия величина рентабельности была ниже и составила от 48,6 до 52,97%. На контрольных вариантах рентабельность была самой низкой 48,08-52,54%.

Таким образом, проанализировав экономические показатели, можно сделать вывод о том, что самым экономически выгодным вариантом в опыте является вариант с гибридом Бианка на фоне комплексного применения препаратов Фертигрейн (Фертигрейн старт Плюс обработка семян перед посевом и Фертигрейн Фолиар Плюс обработка растений во время вегетации) поскольку данная комбинация обеспечивает получение самых высоких экономических показателей: прибыль на 1 т – 3779,62 руб., прибыль на 1 га – 7975,00 руб., уровень рентабельности – 66,07%.

Заключение. В ходе исследований установлено, что применение регуляторов роста только для обработки семян обеспечивало повышение полевой всхожести на 2,5-4,8%, использование их для обработки растений во время вегетации способствовало улучшению сохранности на 5-13,7 %, а комплексное использование препаратов имело наиболее лучшие результаты по всхожести и сохранности, которые были выше на 5,2-15%, чем на контрольном варианте.

Применение органоминеральных удобрений и регуляторов роста позволило увеличить показатель фотосинтетического потенциала. Самый лучший показатель был получен на вариантах совместного применения препаратов. При применении гумата калия он составил 636,55 тыс. м²/га на варианте Албанус, 659,65 тыс. м²/га на варианте Атаман, 677,5 тыс. м²/га на варианте Бианка. Самый высокий фотосинтетический потенциал был на вариантах совместного применения препаратов марки Фертигрейн: 701,5 тыс. м²/га на гибриде Албанус, 723,1 тыс. м²/га на гибриде Атаман и 746,75 тыс. м²/га на гибриде Бианка.

Проведенные исследования показали, что в условиях Волго-Донского междуречья изучаемые гибриды зернового сорго способны формировать урожайность на уровне 2,1 т/га. На формирование урожайности оказывают влияние применяемые в технологии возделывания регуляторы роста и органоминеральные удобрения. Наиболее лучшие результаты за два года исследований были получены на гибриде Бианка, семена которого были обработаны препаратом Фертигрейн старт Плюс и во время вегетации была проведена некорневая подкормка препаратом Фертигрейн Фолиар Плюс, урожайность на этом варианте составила 2,11 т/га.

Conclusions. In the course of the studies it was found that the use of growth regulators only for seed treatment provided an increase in field germination by 2.5-4.8%, their use for plant treatment during the growing season contributed to the improvement of preservation by 5-13.7%, and the complex use of preparations had the best results in germination and preservation, which were higher by 5.2-15% than in the control variant.

The use of organic mineral fertilizers and growth regulators made it possible to increase the photosynthetic potential. The best indicator was obtained on the options for the combined use of drugs. With the use of potassium humate, it amounted to 636.55 thousand m²/ha in the Albanus variant, 659.65 thousand m²/ha in the Ataman variant, 677.5 thousand m²/ha in the Bianca variant. The highest photosynthetic potential was in the variants of combined use of Fertigrain preparations: 701.5 thousand m²/ha on the Albanus hybrid, 723.1 thousand m²/ha on the Ataman hybrid and 746.75 thousand m²/ha on the Bianca hybrid.

The studies carried out have shown that in the conditions of the Volga-Don interfluvium, the studied hybrids of grain sorghum are able to form a yield at the level of 2.1 t/ha. The best results for two years of research were obtained on the Bianca hybrid, the seeds of which were treated with Fertigrain Start Plus and during the growing season foliar feeding was carried out with Fertigrain Folio Plus, the yield on this variant was 2.11 t/ha.

Библиографический список

1. Антимонов А. К., Сыркина Л. Ф., Антимонova О. Н., Никонорова Ю. Ю. Оценка сортов зернового сорго на холодостойкость при пониженной температуре в разных средах. Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 10. С. 38-42.
2. Барановский А. В., Тимошин Н. Н., Ковтунов В. В. и др. Влияние погодных условий и сортовых особенностей на продуктивность современных сортов зернового сорго. Научный вестник Луганского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (16). С. 8-15.
3. Барановский А. В., Косонова Т. М., Меркулов А. Е. Влияние применения регуляторов роста растений на продуктивность зернового сорго. Научный вестник государственного образовательного учреждения Луганской Народной Республики "Луганский национальный аграрный университет". 2019. № 7-1. С. 553-565.
4. Бритвин В. В., Болдырева Л. Л., Клиценко О. А. Сравнительная оценка перспективных сортов сорго зернового крупяного направления. Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2021. № 27 (190). С. 28-34.
5. Зеленев А. В., Семинченко Е. В. Солома - важный фактор биологизации при возделывании зернового сорго на светло-каштановых почвах Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 3 (51). С. 62-69.
6. Булекова А. А., Шарафиева Ж. Р., Ескайрова Н. Н. Биологические особенности формирования урожайности зернового сорго в условиях Приуралья. Наука и образование. 2022. № 4-2 (69). С. 182-190.
7. Дибирова П. О., Мусаев М. Р., Магомедова А. А., Мусаева З. М. Эффективность применения регуляторов роста на посевах сортов сахарного сорго. Известия Дагестанского ГАУ. 2022. № 2 (14). С. 65-69.
8. Ерохина А. В., Бычкова В. В., Болотова О. И. и др. Потенциал сорго зернового в качестве компонента комбикормов для цыплят бройлеров. АгроЭкоИнфо. 2023. № 4 (58).
9. Кинчарова М. Н., Матвиенко Е. В. Эффективность предпосевной обработки семян в борьбе с болезнями зернового сорго. Аграрный вестник Урала. 2021. № 9 (212). С. 2-10.
10. Метлина Г. В., Васильченко С. А., Ковтунов В. В. Расход влаги сортами сорго зернового в зависимости от норм высевки и способов посева в условиях южной зоны Ростовской области. Зерновое хозяйство России. 2022. Т. 14. № 6. С. 97-102.
11. Метлина Г. В., Васильченко С. А. Эффективность гербицида Балерина на сорго зерновом. Зерновое хозяйство России. 2021. № 1 (73). С. 68-72.
12. Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А. и др. Новый белозерный сорт сорго зернового Атаман. Зерновое хозяйство России. 2019. № 1 (61). С. 14-17.
13. Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А. и др. Питательная ценность зернового сорго. Фермер. Поволжье. 2018. № 8 (72). С. 56-58.
14. Муслимов М. Г., Зайнулабидов З. А., Ибрагимова Е. Н. Продуктивность сортов зернового сорго в условиях равнинной зоны Дагестана. Проблемы развития АПК региона. 2023. № 2 (54). С. 72-75.
15. Степанченко Д. А., Степанченко В. И., Бочкарева Ю. В. и др. Влияние хелатных микроудобрений на элементы семенной продуктивности сортов зернового сорго в Поволжье. АгроЭкоИнфо. 2023. № 2 (56).
16. Tomashevska O. Current trends of sorghum cultivation in the world. The Scientific Heritage. 2020. No. 43-3 (43). Pp. 42-45.
17. Ярцев Г. Ф., Безуглов В. В., Байкасанов Р. К. и др. Урожайность и структура урожая разнобиологических гибридов зернового и сахарного сорго селекции ООО "Евралис Семанс Рус". Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 3 (77). С. 86-88.
18. Яцковская Р. В., Ковтунов В. В., Бельтюков Л. П. Оценка новых сортов сорго зернового по продуктивности в условиях Ростовской области. Активная честолобивая интеллектуальная молодежь сельскому хозяйству. 2019. № 1(6). С. 70-74.

References

1. Antimonov A. K., Syrkin L. F., Antimonova O. N., Nikonorova Y. Y. Evaluation of Grain Sorghum Varieties for Cold Resistance at Low Temperature in Different Media. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. 2022. V. 36. No 10. Pp. 38-42.
2. Baranovsky A. V., Timoshin N. N., Kovtunov V. V., et al. Influence of weather conditions and varietal features on the productivity of modern varieties of grain sorghum. Scientific Bulletin of Luhansk State Agrarian University. 2022. № 3 (16). Pp. 8-15.
3. Baranovsky A. V., Kosogova T. M., Merkulov A. E. Effect of Plant Growth Regulators on Grain Sorghum Productivity. Scientific Bulletin of the State Educational Institution of the Lugansk People's Republic "Lugansk National Agrarian University". 2019. № 7-1. Pp. 553-565.

4. Britvin V. V., Boldyreva L. L., Klitsenko O. A. Comparative Assessment of Promising Varieties of Grain Cereal Sorghum. Proceedings of Agricultural Science of Tavrida. 2021. № 27 (190). Pp. 28-34.
5. Zelenev A. V., Seminchenko E. V. Straw is an important factor of biologization in the cultivation of grain sorghum on light chestnut soils of the Volgograd region. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2018. № 3 (51). Pp. 62-69.
6. Bulekova A. A., Sharafieva Zh. R., Eskairova N. N. Biological Features of Grain Sorghum Yield Formation in the Urals. Science and Education. 2022. № 4-2 (69). Pp. 182-190.
7. Dibirova P. O., Musaev M. R., Magomedova A. A., Musayeva Z. M. Efficacy of Growth Regulators in Crops of Sugar Sorghum Varieties. Proceedings of the Dagestan State Agrarian University. 2022. № 2 (14). Pp. 65-69.
8. Erokhina A. V., Bychkova V. V., Bolotova O. I., et al. Potential of Grain Sorghum as a Component of Mixed Feed for Broiler Chickens. AgroEcolInfo. 2023. № 4 (58).
9. Kincharova M. N., Matvienko E. V. Effectiveness of pre-sowing seed treatment in the fight against diseases of grain sorghum. Agrarian Bulletin of the Urals. 2021. № 9 (212). Pp. 2-10.
10. Metlina G. V., Vasilchenko S. A., Kovtunov V. V. Moisture Consumption by Grain Sorghum Varieties Depending on Seeding Rates and Sowing Methods in the Southern Zone of the Rostov Region. Grain farming in Russia. 2022. V. 14. № 6. Pp. 97-102.
11. Metlina G. V., Vasilchenko S. A. Efficacy of Ballerina herbicide on grain sorghum. Grain farming in Russia. 2021. № 1 (73). Pp. 68-72.
12. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Lushpina O. A., et al. New Belozerny Variety of Grain Sorghum Ataman. Grain farming in Russia. 2019. № 1 (61). Pp. 14-17.
13. Kovtunov V. V., Kovtunova N. A., Lushpina O. A., et al. Nutritional value of grain sorghum. Farmer. Volga region. 2018. № 8 (72). Pp. 56-58.
14. Muslimov M. G., Zainulabidov Z. A., Ibragimova E. N. Productivity of Grain Sorghum Varieties in the Plain Zone of Dagestan. Problems of the development of the agro-industrial complex of the region. 2023. № 2 (54). Pp. 72-75.
15. Stepanchenko D. A., Stepanchenko V. I., Bochkareva Yu. Effect of chelated microfertilizers on the elements of seed productivity of grain sorghum varieties in the Volga region. AgroEcolInfo. 2023. № 2 (56).
16. Tomashevskaya O. Current trends of sorghum cultivation in the world. The Scientific Heritage. 2020. No. 43-3 (43). Pp. 42-45.
17. Yartsev G. F., Bezuglov V. V., Baikasenov R. K., et al. Yield and Yield Structure of Heterobiological Hybrids of Grain and Sugar Sorghum Breeding of Euralis Semences Rus LLC. Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. 2019. № 3 (77). Pp. 86-88.
18. Yatskovskaya R. V., Kovtunov V. V., Beltyukov L. P. Evaluation of new varieties of grain sorghum by productivity in the conditions of the Rostov region. Active ambitious intellectual youth in agriculture. 2019. № 1(6). Pp. 70-74.

Информация об авторах

Рокотянский Михаил Иванович, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: mrokotyanski@mail.ru

Сарычев Александр Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: zeit1@ya.ru

Резникова Оксана Вениаминовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: oksana.reznikowa@yandex.ru

Author's Information

Rokotyansky Mikhail Ivanovich, postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: mrokotyanski@mail.ru

Sarychev Aleksander Nikolaevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: zeit1@ya.ru

Reznikova Oksana Veniaminovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: oksana.reznikowa@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-22

THE INFLUENCE OF VARIOUS HYDROTHERMAL INCUBATION REGIMES ON THE PRODUCTIVITY OF THE SILKWORM

Evlagina E. G., Evlagin V. G., Leinweber E. F.

*Research Station of Sericulture – the branch of The North Caucasus Federal Agricultural Research Center
Inozemtsevo, Stavropol Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Received 25.11.2024

Submitted 10.01.2025

Abstract

Introduction. The process of domestication of the silkworm, which lasted for millennia, led to a decrease in resistance to adverse environmental factors at all stages of development: egg (grena), caterpillar, pupa, butterfly, which is associated with complete domestication (silkworm cannot exist in natural conditions), therefore, it is **relevant** to search for mechanisms of adaptation of the silkworm to various conditions of de-

tention, including high temperature. Incubation of silkworm eggs is a process aimed at the preservation and uniform development of embryos inside the egg at certain optimal values of temperature, humidity and illumination, ensuring a mass yield of healthy caterpillars. Incubation has an impact on the subsequent stages of development of the silkworm, as well as on productive indicators. **The purpose of the work** is to study the effect of hygrothermal incubation modes with elevated temperatures on silkworm productivity. **Materials and methods.** The research material was the silkworm breeds zoned in the Russian Federation: Kavkaz-1, Kavkaz-2, Belokokonnaya-1 and Belokokonnaya-2, contained in the Biocollection of silkworm breeds of the Research Station of Sericulture – branch of Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center». The incubation of silkworm eggs of the control and experimental groups was carried out in a special climatic chamber in compliance with the necessary parameters of temperature and humidity. Experimental feeding of silkworm caterpillars with an assessment of biological, productive and reproductive parameters was carried out according to the method of A. A. Klimova. **Results and conclusions.** During the research, it was found that an increase in temperature from the 7th to the 9th day of incubation by 2 and 4 °C accelerates the release of caterpillars from eggs (incubation process) for 1-2 days, on the first day of mass release; the recovery was 89.2-98.8%. Incubation of silkworm eggs under hygrothermal conditions with elevated temperature contributes to the intensification of the development of silkworm caterpillars of younger and older ages, reducing the duration of ages by 1-4 days and the feeding period as a whole by 3-8 days. Of the studied hygrothermal modes, the most optimal is the mode with an increase in temperature to 28 °C. An increase in temperature on the 7th-9th day of incubation to 28 °C does not affect the viability of caterpillars during the feeding period (95.2-97.0%), contributes to an increase in cocoon weight by 9.6-12.8%, which makes it possible to obtain high yields of cocoons (on average up to 4,586 kg per 1 g of caterpillars). The use of an incubation regime with an increase in temperature on day 7-9 to 28 °C and relative humidity by 80-85% has a positive effect on reproductive indicators: the number of eggs laid by butterflies in the studied breeds Kavkaz-1, Kavkaz-2, Belokokonnaya-1 and Belokokonnaya-2 is higher than in the control by 6.6%, 6.0%, 7.2% and 9.1%, respectively; there was also an increase in the mass of one egg from 3.3 to 9.7% and the mass of the clutch from 10.2 to 17.8% compared with the control.

Keywords: silkworm, eggs (grena), sericulture, caterpillar viability, silkworm productivity.

Citation. Evlagina E. G., Evlagin V. G., Leinweber E. F. The influence of various hydrothermal incubation regimes on the productivity of the silkworm. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 213-226 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-22.

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

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

УДК 638.242.3

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ГИГРОТЕРМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИНКУБАЦИИ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Евлагина Е. Г., директор

Евлагин В. Г., научный сотрудник

Лейнвебер Е. Ф., кандидат сельскохозяйственных наук

ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр»
Станция шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ»
п. Иноземцево, Ставропольский край, Российская Федерация

Аннотация. Процесс одомашнивания тутового шелкопряда, который длился тысячелетия, привел к снижению резистентности к неблагоприятным факторам внешней среды на всех стадиях развития: яйцо (грена), гусеница, куколка, бабочка, что связано с полной domestикацией (тутовый шелкопряд не может существовать в природных условиях), поэтому **актуальным** является поиск механизмов адаптации тутового шелкопряда к различным условиям содержания, в том числе, высокотемпературным. Инкубация яиц (грены) тутового шелкопряда – это процесс, направленный на сохранение и равномерное развитие эмбрионов внутри яйца при определенных оптимальных значениях температуры, влажности и освещенности, обеспечивающий массовый выход здоровых гусениц. Инкубация оказывает влияние на последующие стадии развития тутового шелкопряда, а также на продуктивные показатели. **Цель работы** – изучить влияние гигротермических режимов инкубации с повышенной температурой на продуктивность тутового шелкопряда. **Материалы и методы.** Материалом для исследований являлись районированные в РФ породы тутового шелкопряда: Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2, содержащиеся в Биокolleкции пород тутового шелко-

пряда Научно-исследовательской станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр». Инкубацию яиц тутового шелкопряда контрольных и опытных групп проводили в специальной климатической камере с соблюдением необходимых параметров температуры и влажности воздуха. Экспериментальные выкормки гусениц тутового шелкопряда с оценкой биологических, продуктивных и репродуктивных показателей проводили по методике А. А. Климовой. **Результаты и выводы.** В ходе исследований установлено, что повышение температуры с 7-го по 9-й день инкубации на 2 и 4 °С ускоряет выход гусениц из яиц (процесс инкубации) на 1-2 дня, в первый день массового выхода оживление составило 89,2-98,8%. Инкубация яиц тутового шелкопряда при гигротермических режимах с повышенной температурой способствует интенсификации развития гусениц тутового шелкопряда младших и старших возрастов, сокращая продолжительность возрастов на 1-4 суток и выкормочный период в целом на 3-8 суток. Из исследуемых гигротермических режимов наиболее оптимальным является режим с повышением температуры до 28 °С. Повышение температуры на 7-9-й день инкубации до 28 °С не сказывается на жизнеспособности гусениц в период выкормки (95,2-97,0%), способствует увеличению веса кокона на 9,6-12,8%, что дает возможность получения высоких урожаев коконов (в среднем до 4,586 кг с 1 г гусениц). Применение режима инкубации с повышением температуры на 7-9-й день до 28 °С и относительной влажности воздуха на 80-85% положительно влияет на репродуктивные показатели: количество яиц отложенных бабочками по исследуемым породам Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2 выше чем в контроле на 6,6%, 6,0%, 7,2% и 9,1% соответственно; отмечено также увеличение массы одного яйца от 3,3 до 9,7% и массы кладки от 10,2 до 17,8% по сравнению с контролем.

Ключевые слова: тутовый шелкопряд, яйца (грена), шелководство, жизнеспособность гусениц, продуктивность шелкопряда.

Цитирование. Евлагина Е. Г., Евлагин В. Г., Лейнвебер Е. Ф. Влияние различных гигротермических режимов инкубации на продуктивность тутового шелкопряда. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 213-226. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-22.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Шелководство одна из древнейших отраслей сельского хозяйства направленная на производство натуральных шелковых тканей. Китай, Индия, Узбекистан, Бразилия, Вьетнам относятся к самым крупным производителям и поставщикам шелка, на долю которых приходится более 95% мирового рынка. На современном этапе развития шелководство ориентируется на производство не только шелка, но и биофармацевтических препаратов, биоактивных материалов на основе белков шелка: фиброин и серицин. Наряду с развитием экономически эффективных направлений применения побочных продуктов шелкомотального производства, современные исследования в области шелководства направлены на совершенствование традиционных методов выращивания тутового шелкопряда и их активное внедрение в шелководческие предприятия, в том числе фермерские хозяйства, что способствует повышению урожая коконов и качества производимой продукции [1, 2].

Процесс одомашнивания тутового шелкопряда, который длился тысячелетия (по разным источникам более трех-пяти тысяч лет), привел к снижению резистентности организма тутового шелкопряда к неблагоприятным факторам внешней среды на всех стадиях развития: яйцо (грена), гусеница, куколка, бабочка, что связано с полной domestikацией (тутовый шелкопряд не может существовать в природе), а также необходимость развития шелководства в новых районах с климатическими условиями, отличающимися от благоприятных, подталкивает многочисленных ученых к поиску механизмов адаптации тутового шелкопряда к различным условиям (режимам) содержания [3, 4].

Инкубация грены тутового шелкопряда – это процесс, направленный на сохранение и равномерное развитие эмбрионов внутри яйца при определенных оптимальных значениях температуры, влажности и освещенности, обеспечивающий массовый выход здоровых гусениц. Инкубация оказывает влияние на последующее развитие и рост гусениц, жизнеспособность, а также на урожай и качество коконов тутового шелкопряда [5, 6].

В ряде научных исследований, в частности по изучению влияния повышенной температуры в процессе инкубации яиц цыплят бройлеров, отмечено, что инкубация при температуре в пределах 37,2-38,3 °С и влажности 55% улучшает выводимость яиц без негативного влияния на рост и развитие цыплят бройлеров [7, 8].

Эксперимент, проведенный учеными из Таиланда на двух видах сверчков по определению влияния различных условий инкубации: температура от 23 до 33 °С, влажность от 65 до 75%, подтвердил, что инкубация при температуре 30 °С и влажности 65-75% способствует увеличению вылупления яиц и сокращает время инкубационного периода [9].

Аналогичные исследования с постоянными повышенными температурами инкубации проводились на яйцах тутового шелкопряда различных пород. Отмечено, что повышение температуры до 35 °С приводило к сокращению инкубационного периода до 6-8 дней, однако снижало оживление грены. Высокая температура 35 °С и низкая влажность 50 % приводили к высыханию яиц тутового шелкопряда и увеличению количества погибших эмбрионов [10, 11].

В исследованиях ученых из Индии по инкубации яиц тутового шелкопряда при постоянной температуре 38 °С и влажности 75-85% инкубационный период составил 6,5 дней. Также отмечено, что при очень высокой температуре (38 °С) повышается скорость обмена веществ в яйцах, что приводит к потере энергетических ресурсов (расходу питательных веществ) и, как следствие, к низкому проценту оживления [12].

Предложенный учеными из Узбекистана метод инкубации яиц тутового шелкопряда различных пород и гибридов при щадящих повышенных температурах в интервале 28-29 °С показал, что инкубационный период сокращается на 1-2 дня по сравнению с инкубацией при умеренных температурах 24-25 °С, при этом оживление яиц составило 80,5-82,5% [13].

Таким образом, обзор полученных результатов современных научных исследований доказывает преимущества использования повышенных температур в процессе инкубации в целях сокращения инкубационного периода, но требует оптимизации температурного диапазона и влажности воздуха для сохранения высокого уровня оживления яиц.

Следует отметить, что в работах зарубежных ученых по изучению влияния повышенной температуры на процесс инкубации грены тутового шелкопряда отсутствуют сведения о влиянии высокотемпературной инкубации на последующие стадии развития тутового шелкопряда, а также на продуктивные и репродуктивные показатели, что подтверждает **актуальность** проводимых исследований.

Новизна проводимых исследований заключается в определении оптимального гигротермического режима инкубации с повышенной температурой применимого для ускорения процесса инкубации и последующих стадий развития тутового шелкопряда, с оценкой основных биологических и продуктивных, в том числе репродуктивных показателей.

Цель работы – изучить влияние гигротермических режимов инкубации с повышенной температурой на продуктивность тутового шелкопряда.

Материалы и методы. Материалом для исследований являлись районированные в РФ породы тутового шелкопряда: Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2, содержащиеся в Биоколлекции пород тутового шелкопряда Научно-исследовательской станции шелководства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево).

Инкубацию яиц тутового шелкопряда контрольных и опытных групп проводили в специальной климатической камере с соблюдением необходимых параметров температуры и влажности воздуха, в соответствии с режимами, представленными в таблице 1.

Экспериментальные выкормки гусениц тутового шелкопряда с оценкой биологических, продуктивных и репродуктивных показателей проводили по методике А. А. Климовой [14]. За опытную и контрольную единицу (вариант опыта) принято по 0,3 г гусениц одного дня выхода из яиц в трехкратной повторности.

Выращивание тутового шелкопряда проводили в специальных выкормочных помещениях с соблюдением необходимого гигротермического режима (таблица 2).

Таблица 1 – Схема проведения опыта по инкубации яиц тутового шелкопряда
Table 1 – Scheme of the experiment on incubation of silkworm eggs

Дни инкубации / Incubation days	Режим инкубации / Incubation mode					
	общепринятый (контроль) / generally accepted (control)		экспериментальные / experimental			
			опыт 1 / test 1		опыт 2 / test 2	
	темпера- тура, °C / tempera- ture, °C	ОВВ ¹ , % / HVAC	темпера- тура, °C / tempera- ture, °C	ОВВ ¹ , % / HVAC	темпера- тура, °C / tempera- ture, °C	ОВВ ¹ , % / HVAC
Подготовка (изъятие грены из холодильника) 2 дня / Preparation (removal of gren from the refrigerator) 2 days	15-17	75-80	15-17	75-80	15-17	75-80
1	20		20		20	
2	22		22		22	
3	22		22		22	
4	24		24		24	
5	25,5		25,5		25,5	
6	25,5...26		25,5...26		25,5...26	
7	26		28	80-85	30	80-85
8 ²	26		28		30	
9 ²	26		28		30	
10-11 ³	25		26		26	

Примечания: ¹ОВВ – относительная влажность воздуха, ²полная темнота на 8-9-й дни инкубации, ³дополнительное освещение за 1-2 часа до восхода солнца на 10-11-й дни инкубации.

Notes: ¹HVAC is the relative humidity of the air, ²complete darkness on the 8th-9th days of incubation, ³additional lighting 1-2 hours before sunrise on the 10th-11th days of incubation.

Таблица 2 – Гигротермический режим выращивания тутового шелкопряда
Table 2 – Hygrothermal regime of silkworm rearing

Процесс / Process	Температура, °C / Temperature, °C	ОВВ ¹ , % / HVAC
Выкормка гусениц 1-3 возраст / Feeding caterpillars 1-3 instars	25-26	85-90
Выкормка гусениц 4-5 возраст / Feeding caterpillars 4-5 instars	23-24	80-85
Завивка коконов / Curling cocoons	24-25	65-70
Спаривание бабочек и откладка яиц / Butterfly mating and egg laying	24-25	75

Примечание: ¹ОВВ – относительная влажность воздуха.

Note: ¹ HVAC is the relative humidity of the air.

Процент оживления яиц (грены) тутового шелкопряда определяли по формуле (1), посредством подсчета в навеске (0,5 г в 3-х кратной повторности) количества яиц, взятых на инкубацию, и количества не оживших яиц после инкубации:

$$O = \frac{K_{я} - K_{ня}}{K_{я}} \times 100 \quad (1)$$

где O – оживление яиц (грены), %;

K_я – количество яиц в навеске, шт.;

K_{ня} – количество неживших яиц в навеске, шт.

Один из основных биологических показателей, который определяется по итогам выкормки, – жизнеспособность. Для ее определения отбирали коконы первых трех дней массовой завивки, далее подсчитывали количество коконов с живыми куколками, отдельно –

глухарей с мертвыми куколками и гусеницами, коконы-двойники и карапачах. По количеству нормальных коконов (коконы с живыми куколками) рассчитывали жизнеспособность гусениц по следующей формуле (2):

$$Ж = \frac{К_{жк}}{\Gamma} \times 100 \quad (2)$$

где Ж – жизнеспособность гусениц, %;

К_{жк} – число коконов с живыми куколками, шт.;

Г – число гусениц в начале 3-го возраста, шт.

Процесс завивки коконов гусеницами тутового шелкопряда осуществлялся на естественных растительных коконниках с применением многолетнего растения Кермек татарский (*Limonium tataricum*), при плотности размещения: 1 тыс. гусениц на 1 м² (рисунок 1).



Рисунок 1 – Процесс завивки коконов
Figure 1 – The process of curling cocoons

Оценку таких показателей, как средний вес кокона, средний вес шелковой оболочки, шелконосность и урожай коконов, проводили на 9-й день со дня массовой завивки. Взвешивали образцы коконов от каждой партии (контрольные и опытные группы) в количестве 50 шт. из них 25 самцов и 25 самок.

Средний вес кокона рассчитывали по формуле (3):

$$К_{ср} = \frac{К_{в}}{50} \quad (3)$$

где К_{ср} – средний вес коконов, г;

К_в – вес коконов, г.

Средний вес оболочки кокона определяли после взрезки и удаления куколки из кокона по формуле (4):

$$ОК_{ср} = \frac{ОК_{в}}{50} \quad (4)$$

где ОК_{ср} – средний вес оболочки коконов, г;

ОК_в – вес оболочек коконов, г.

Шелконосность рассчитывали по формуле (5):

$$Ш = \frac{ОК_{ср}}{К_{ср}} \times 100 \quad (5)$$

где Ш – шелконосность, %;

ОК_{ср} – средний вес оболочки кокона, г;

К_{ср} – средний вес коконов, г.

Урожай коконов с 1 г гусениц, определяли расчетным путем по следующей формуле (6):

$$У_k = \frac{K_{cp} \times (O_g \times Ж)}{100000} \quad (6)$$

где $У_k$ – урожай коконов, кг
 K_{cp} – средний вес коконов, г
 O_g – количество гусениц в 1 г, шт.;
 $Ж$ – жизнеспособность гусениц, %.

После спаривания бабочек в каждой группе бабочек-самок индивидуально отсаживали в специальные пакетики для откладки яиц (каждая в отдельном пакетике), которые изготовлены из эмульсированного медицинского пергамента (рисунок 2).



Рисунок 2 – Спаривание и откладка яиц бабочками-самками тутового шелкопряда

Figure 2 – Mating and egg-laying by female silkworm butterflies

Определение репродуктивных показателей проводили на грене, полученной в первый день откладки бабочкой-самкой. Количество яиц в кладке подсчитывали, затем взвешивали, среднюю массу одного яйца определяли по формуле (7):

$$Я_{ср} = \frac{К_m}{O_{я}} \quad (7)$$

где $Я_{ср}$ – средняя масса одного яйца, мг;
 $К_m$ – масса кладки, мг;
 $O_{я}$ – количество яиц в кладке, шт.

Массу кладки определяли по формуле (8):

$$К_m = Я_{ср} \times O_{я} \quad (8)$$

где $К_m$ – масса кладки, мг;
 $Я_{ср}$ – средняя масса одного яйца;
 $O_{я}$ – количество яиц в кладке, шт.

Биометрическую обработку и анализ статистических данных проводили путем вычисления ошибки среднего ($\pm m$) и расчета критерия Стьюдента для трех уровней достоверности при $P \leq 0,05$; $P \leq 0,01$; $P \leq 0,001$ с использованием программы StatPlus 7.1 («AnalystSoft Inc.», США).

Результаты. В результате проведенных исследований на районированных в РФ породах Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2 установлено, что повышение температуры с 7-го по 9-й день инкубации на 2 и 4 °C ускоряет выход гусениц из яиц (процесс инкубации) на 1-2 дня (рисунок 3).

В таблице 3 приведены данные по влиянию исследуемых различных гидротермических режимов инкубации на оживление яиц тутового шелкопряда по дням выхода с первого по четвертый. Массовый выход гусениц из яиц отмечен в первый день: по исследуемым породам процент оживающих яиц при температуре 26 °C и относительной влажности воздуха (ОВВ) 75-80% (контроль) составил 95,2-96,6% (в среднем 96,2%); при температуре

28 °С и влажности 80-85% (опыт 1) – 98,2-98,8% (в среднем 98,5%, выше на 2,4% по сравнению с контролем); при температуре 30 °С и влажности 80-85% (опыт 2) – 89,2-90,2% (в среднем 89,8%).



Рисунок 3 – Процесс оживления яиц тутового шелкопряда
Figure 3 – The process of reviving silkworm eggs

Таблица 3 – Влияние гигротермических режимов инкубации на оживление яиц тутового шелкопряда
Table 3 – Effect of hygrothermic incubation regimes on silkworm egg revitalization

Порода / Breed	Режим инкубации / Incubation mode	Оживление яиц по дням, % / Egg revival by day, %			
		1	2	3	4
Кавказ-1 / Kavkaz-1	Контроль / control	96,4±0,21	2,2±0,16	1,4±0,23	-
	опыт 1 / test 1	98,2±0,14**	1,8±0,20	-	-
	опыт 2 / test 2	89,2±0,34***	6,8±0,15***	2,4±0,19*	1,6±0,30
Кавказ-2 / Kavkaz-2	Контроль / control	95,2±0,12	3,7±0,24	1,1±0,28	-
	опыт 1 / test 1	98,3±0,25***	1,7±0,21**	-	-
	опыт 2 / test 2	90,1±0,18***	6,8±0,29**	2,1±0,32	1,0±0,26
Белококонная-1 / Belokonnyaya-1	Контроль / control	96,6±0,20	2,0±0,18	1,4±0,27	-
	опыт 1 / test 1	98,8±0,21**	1,2±0,23	-	-
	опыт 2 / test 2	90,2±0,16***	7,1±0,31***	1,8±0,22	0,9±0,32
Белококонная-2 / Belokonnyaya-2	Контроль / control	96,5±0,24	2,2±0,22	1,3±0,28	-
	опыт 1 / test 1	98,7±0,23**	1,3±0,17*	-	-
	опыт 2 / test 2	89,8±0,14***	7,4±0,18***	1,6±0,25	1,2±0,25

Примечание: разность показателей достоверна при *P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.

Note: the difference in indicators is significant at *P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001.

По результатам проведенных опытов можно отметить следующее: режим с применением температуры 28 °С и ОВВ 80-85% на 7-9-й дни инкубации способствует наиболее дружному и ускоренному массовому выходу гусениц из грен (оживлению), выход гусениц из яиц нерастянутый, составляет всего 2 дня, что превосходит контроль (температура 26 °С, ОВВ 75-80%), в котором оживление проходило в течение 3-х дней; при режиме с температурой 30 °С и ОВВ 80-85% процесс выхода гусениц из яиц растянутый, составляет 4 дня. Из исследуемых гигротермических режимов наиболее оптимальным является с повышением температуры до 28 °С, ОВВ 80-85% на 7-9-й дни инкубации (опыт 1), который позволяет ускорить темп оживления грен, что имеет немаловажное производственное значение.

Данные по динамике развития гусениц тутового шелкопряда, инкубированных при различных параметрах температуры и влажности воздуха, приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Влияние гигротермических режимов инкубации на динамику развития гусениц тутового шелкопряда

Table 4 – Influence of hygrothermal incubation regimes on the dynamics of silkworm caterpillar development

Порода / Breed	Режим инкубации / Incubation mode	Продолжительность развития, сутки / Duration of development, day					Выкормочный период, сутки / Feeding period, day
		Возраст гусениц* / Caterpillar age*					
		I	II	III	IV	V	
Кавказ-1 / Kavkaz-1	Контроль / control	5	4	5	6	11	31
	опыт 1 / test 1	4	3	4	5	7	23
	опыт 2/ test 2	4	3	4	6	11	28
Кавказ-2 / Kavkaz-2	Контроль / control	5	4	5	6	10	30
	опыт 1/ test 1	4	3	4	5	7	23
	опыт 2/ test 2	4	3	4	6	10	27
Белококонная-1 / Belokonnaya-1	Контроль / control	5	4	5	6	10	30
	опыт 1/ test 1	4	3	4	5	7	23
	опыт 2/ test 2	4	3	4	6	10	27
Белококонная-2 / Belokonnaya-2	Контроль / control	5	4	5	6	9	29
	опыт 1/ test 1	4	3	4	5	6	22
	опыт 2/ test 2	4	3	4	6	9	26

Примечание: * с учетом периода линьки.

Note: * taking into account the shedding period.

Из таблицы 4 видно, что инкубация яиц тутового шелкопряда при гигротермических режимах с повышенной температурой способствует интенсификации развития гусениц тутового шелкопряда младших и старших возрастов, сокращая продолжительность возрастов и выкормочный период в целом.

Продолжительность развития гусениц тутового шелкопряда пород Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2 в младших возрастах (I, II, III возраст) в опытных группах по сравнению с контролем сократилась в каждом возрасте на одни сутки. В старших возрастах (IV и V возраст): сокращение продолжительности IV возраста по сравнению с контролем отмечено в опыте 1 (температура 28 °С, ОВВ 80-85%); продолжительность IV возраста в опыте 2 (температура 30 °С, ОВВ 80-85%) не отличается от контроля – 6 суток; значительное сокращение продолжительности V возраста отмечено в опыте 1 в сравнении с контролем: на 3-е суток у пород Кавказ-2, Белококонная-1, Белококонная-2; по породе Кавказ-1 до 4-х суток; в опыте 2 продолжительность V возраста как в контроле.

Наиболее короткий выкормочный период отмечен при гигротермическом режиме с применением температуры 28 °С и ОВВ 80-85% на 7-9-й дни инкубации: по породам Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 – 23 суток, по породе Белококонная-2 – 22 суток, что короче, чем в контроле на 7-8 суток. При гигротермическом режиме с температурой 30 °С и ОВВ 80-85% на 7-9-й дни инкубации отмечено незначительное сокращение продолжительности выкормочного периода на 3-е суток, обусловленное ускоренным развитием гусениц младших возрастов.

Анализ данных таблицы 5 позволяет отметить следующее: наиболее низкая жизнеспособность гусениц отмечена в опыте 2 (в среднем 90%), по породе Кавказ-1 составляет 90,8%, Кавказ-2 – 89,5%, Белококонная-1 – 90,1%, Белококонная-2 – 89,7%, что ниже контроля в среднем на 6,6%. При сопоставлении значений жизнеспособности в опыте 1 с контролем существенных различий не выявлено: гигротермический режим с повышением температуры на 7-9-й день инкубации до 28 °С не сказывается на жизнеспособности гусениц в период выкормки (рисунок 4), жизнеспособность при данном режиме составляет 95,2-97,0%.

Таблица 5 – Влияние гигротермических режимов инкубации на биологические показатели тутового шелкопряда

Table 5 – Influence of hygrothermal incubation regimes on the biological indicators of silkworms

Порода / Breed	Режим инкубации / Incubation mode	Жизнеспособность, % / Viability, %	Урожай коконов с 1 г гусениц, кг / Cocoon yield from 1 g of caterpillars, kg
Кавказ-1 / Kavkaz-1	контроль/ control	97,1±0,42	4,085±0,059
	опыт 1 / test 1	96,9±0,58	4,596±0,074**
	опыт 2 / test 2	90,8±0,67**	3,523±0,045**
Кавказ-2 / Kavkaz-2	контроль/ control	96,1±0,67	3,992±0,0,92
	опыт 1 / test 1	96,3±0,52	4,448±0,086*
	опыт 2 / test 2	89,5±0,76**	3,504±0,64*
Белококонная-1 / Belokonnyaya-1	контроль/ control	96,8±0,83	4,420±0,054
	опыт 1 / test 1	97,0±0,75	4,619±0,042*
	опыт 2 / test 2	90,1±0,64**	3,757±0,058**
Белококонная-2 / Belokonnyaya-2	контроль/ control	95,3±0,78	4,196±0,085
	опыт 1 / test 1	95,2±0,81	4,679±0,092*
	опыт 2 / test 2	89,7±0,73**	3,612±0,076**

Примечание: разность показателей достоверна при *P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.

Note: the difference in indicators is significant at *P≤0.05; **P≤0.01; ***R≤0.001.



Рисунок 4 – Процесс выкормки гусениц тутового шелкопряда

Figure 4 – The process of feeding silkworm caterpillars

Гигротермический режим с применением температуры 30 °С оказывает наиболее отрицательное воздействие на жизнеспособность гусениц тутового шелкопряда, что приводит к снижению важного показателя, характеризующего продуктивность тутового шелкопряда, урожай коконов 1 г гусениц по всем испытуемым породам (3,504-3,757 кг). Самые высокие значения урожая коконов отмечены при режиме инкубации яиц с применением температуры 28 °С и влажности воздуха 80-85%, в среднем до 4,586 кг с 1 г гусениц, что на 10% выше, чем в контроле.

Результаты по изучению влияния гигротермических режимов с повышенной температурой при инкубации яиц тутового шелкопряда на вес кокона, вес оболочки кокона и шелконосность коконов представлены в таблице 6.

Наибольший средний вес кокона отмечен в опыте 1 (при гигротермическом режиме с применением температуры 28 °С и ОВВ 80-85% на 7-9-й дни инкубации): по породе Кавказ-1 средний вес кокона 2,20 г, Кавказ-2 – 2,12 г, Белококонная-1 – 2,15 г, Белококонная-2 – 2,21 г, превышение над контролем в среднем составило 11,3%. Наименьший средний вес кокона отмечен в опыте 2 (с применением температуры 30 °С, ОВВ 80-85%) – 1,78-1,82 г.

Таблица 6 – Влияние гигротермических режимов инкубации на продуктивные показатели тутового шелкопряда

Table 6 – Influence of hygrothermal incubation regimes on the productive indicators of silkworms

Порода / Breed	Режим инкубации / Incubation mode	Средний вес кокона, г / Average weight of a cocoon, g	Средний вес оболочки кокона, мг / Average weight of the cocoon shell, mg	Шелконосность, % / Silk-bearing capacity, %
Кавказ-1 / Kavkaz-1	контроль / control	1,95±0,032	412,3±18,4	21,3±0,68
	опыт 1 / test 1	2,20±0,048*	345,3±13,6*	15,7±0,54**
	опыт 2 / test 2	1,82±0,024*	341,4±15,4*	18,7±0,41*
Кавказ-2 / Kavkaz-2	контроль / control	1,89±0,032	365,2±11,6	19,3±0,72
	опыт 1 / test 1	2,12±0,036**	338,4±9,3	15,9±0,59*
	опыт 2 / test 2	1,78±0,021*	340,1±12,9	19,1±0,38
Белококонная-1 / Belokonnyaya-1	контроль / control	1,96±0,035	385,5±9,5	19,6±0,62
	опыт 1 / test 1	2,15±0,028*	346,7±10,3*	16,1±0,39*
	опыт 2 / test 2	1,79±0,042*	351,3±12,8	19,6±0,54
Белококонная-2 / Belokonnyaya-2	контроль / control	1,98±0,042	361,3±15,2	18,3±0,52
	опыт 1 / test 1	2,21±0,035*	357,2±10,8	16,2±0,47*
	опыт 2 / test 2	1,81±0,028*	332,4±13,7	18,3±0,33

Примечание: разность показателей достоверна при *P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.

Note: the difference in indicators is significant at *P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001.

С повышением температуры в период инкубации яиц вес оболочки кокона и шелконосность понижались по сравнению с контролем, самые низкие значения шелконосности коконов отмечены при гигротермическом режиме с применением температуры 28 °C и ОВВ 80-85% на 7-9-й дни инкубации от 15,7 до 16,2%, что при высоком среднем весе кокона объясняется увеличением массы куколок. Шелконосность коконов в опыте 1 ниже, чем в опыте 2: по породе Кавказ-1 на 16,0%, Кавказ-2 – 16,8%, Белококонная-1 – 17,9%, Белококонная-2 – 11,5%, также ниже по сравнению с контролем на 26,3%, 17,6%, 17,9 и 11,5% соответственно по исследуемым породам.

Для изучения влияния гигротермических режимов инкубации с повышенной температурой на репродуктивные показатели тутового шелкопряда определяли среднюю массу одного яйца, количество яиц в кладке и массу кладки (таблица 7).

Таблица 7 – Влияние гигротермических режимов инкубации на репродуктивные показатели тутового шелкопряда

Table 7 – Influence of hygrothermal incubation regimes on the reproductive indicators of silkworms

Порода / Breed	Режим инкубации / Incubation mode	Средняя масса одного яйца, мг / Average weight of one egg, mg	Количество яиц в кладке, шт. / Number of eggs in a clutch, pcs.	Масса кладки, мг / Clutch weight, mg
Кавказ-1 / Kavkaz-1	контроль/ control	0,631±0,003	753,5±4,9	475,2±7,9
	опыт 1/ test 1	0,652±0,004*	803,2±11,2*	523,5±5,3*
	опыт 2/ test 2	0,615±0,001**	732,2±5,2*	450,3±4,1*
Кавказ-2 / Kavkaz-2	контроль/ control	0,628±0,005	734,2±4,5	460,9±5,8
	опыт 1/ test 1	0,689±0,005**	778,1±12,3*	543,0±9,6**
	опыт 2/ test 2	0,612±0,004*	712,4±5,8*	435,9±6,5*
Белококонная-1 / Belokonnyaya-1	контроль/ control	0,605±0,006	692,1±3,2	418,7±6,7
	опыт 1/ test 1	0,638±0,003**	742,3±4,4***	474,5±8,2**
	опыт 2/ test 2	0,576±0,004*	678,1±2,8*	390,5±7,3*
Белококонная-2 / Belokonnyaya-2	контроль/ control	0,609±0,004	725,7±6,8	442,3±6,3
	опыт 1/ test 1	0,637±0,005*	792,1±5,3**	505,4±5,4**
	опыт 2/ test 2	0,581±0,003**	702,3±4,7*	407,8±9,1*

Примечание: разность показателей достоверна при *P≤0,05; **P≤0,01; ***P≤0,001.

Note: the difference in indicators is significant at *P≤0.05; **P≤0.01; ***P≤0.001.

Применение режима инкубации с повышением температуры на 7-9-й день до 28 °С и относительной влажности воздуха на 80-85% положительно влияет на репродуктивные показатели: количество яиц отложенных бабочками по исследуемым породам Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2 выше, чем в контроле, на 6,6%, 6,0%, 7,2% и 9,1% соответственно; отмечено также увеличение массы одного яйца от 3,3 до 9,7% и массы кладки от 10,2 до 17,8% по сравнению с контролем.

Обсуждение. В литературных источниках недостаточно представлены сведения о влиянии режимов инкубации грены с повышенной температурой на продуктивность тутового шелкопряда. Проведенные нами исследования и полученные результаты наиболее близки к представленным в работе ученых из Узбекистана Орипова О. О. и Умарова Ш. Р. [13], в которой установлено, что инкубация яиц при постоянной температуре 28-29 °С и влажности воздуха 70-75% способствует сокращению инкубационного периода на 2-3-е суток и ускорению массового выхода яиц на одни сутки изучаемых пород и гибридных комбинации по сравнению со стандартными режимами инкубации при температуре 24-25 °С и влажности 75-80%, при этом получены низкие показатели оживления яиц в пределах от 80,5 до 82,5%. Влияние представленных в работе режимов инкубации яиц на продуктивные показатели тутового шелкопряда не рассматривалось. В проведенной нами работе инкубация яиц проводилась при более щадящих режимах с повышением температуры до 28 и 30 °С и влажности воздуха до 80-85% только на 7-9-й дни процесса, что позволило добиться ускорения темпов оживления яиц, повышения биологических, продуктивных, в том числе репродуктивных показателей исследуемых пород тутового шелкопряда.

Выводы. В результате проведенных исследований по изучению влияния гигротермических режимов инкубации с повышенной температурой на продуктивность районированных в РФ пород тутового шелкопряда: Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2, можно сделать следующие выводы:

1. Исследуемые гигротермические режимы с повышением температуры до 28 и 30 °С и ОВВ до 80-85% на 7-9-й дни инкубации яиц тутового шелкопряда оказывают различное влияние на биологические показатели и продуктивность тутового шелкопряда.

2. Из исследуемых гигротермических режимов наиболее оптимальным является режим с повышением температуры до 28 °С, который позволяет ускорить массовое оживление яиц и не оказывает отрицательного воздействия на последующее развитие гусениц и процесс откладки яиц бабочками тутового шелкопряда.

3. Повышение температуры до 28 °С на 7-9-й день инкубации не сказывается на жизнеспособности гусениц в период выкормки (95,2-97,0%), способствует увеличению веса кокона на 9,6-12,8% за счет увеличения массы куколок, что дает возможность получения высоких урожаев коконов, в среднем до 4,586 кг с 1 г гусениц, а также положительно влияет на репродуктивные показатели: количество яиц отложенных бабочками по исследуемым породам от 742,3 до 803,2 шт. в кладке, средняя масса одного яйца – 0,637-0,689 мг, масса кладки – 474,5-543,0 мг.

4. При высокотемпературной инкубации на 7-9-й день процесса следует поддерживать температуру 28 °С и влажность воздуха 80-85%, повышение температуры до 30 °С приводит к снижению оживления яиц и жизнеспособности гусениц, и как следствие негативно сказывается на продуктивности тутового шелкопряда.

Высокотемпературный режим инкубации, который заключается в следующем: извлеченная из холодильника гrena выдерживается 2 дня при температуре +15...17 °С (подготовительный этап), в течение последующих 6-и дней инкубации температура постепенно увеличивается от +20 до +26 °С, ОВВ – 75-80%, на 7-й день инкубации температура повышается до +28 °С, ОВВ – 80-85%, на 8-9-й день инкубации поддерживается температура +28 °С и производится полное затемнение грены на 2-е суток, на 10-11-й день (начало «побеления» грены) температура снижается до +26 °С и дается дополнительное освещение за 1-2 часа до восхода солнца, и эффективность которого подтверждена на районированных в РФ породах тутового шелкопряда: Кавказ-1, Кавказ-2, Белококонная-1 и Белококонная-2, может использоваться в процессе селекционно-племенной работы с целью отбора и получения качественного племенного материала (коконов, грены), ускорения стадий развития тутового шелкопряда, выработки адаптационной приспособленности тутового шелкопряда к экстремальным высокотемпературным климатическим условиям для выведения скороспелых и термоустойчивых популяций тутового шелкопряда.

Conclusions. As a result of the studies carried out to study the effect of hygrothermal incubation regimes with increased temperature on the productivity of silkworm breeds zoned in the Russian Federation: Kavkaz-1, Kavkaz-2, Belokonnaya-1 and Belokonnaya-2, the following conclusions can be drawn:

1. The studied hygrothermic regimes with an increase in temperature up to 28 and 30 °C and HVAC of up to 80-85% on the 7th-9th days of incubation of silkworm eggs have a different effect on the biological indicators and productivity of mulberry eggs Silkworm.

2. Of the studied hygrothermal regimes, the most optimal is the mode with an increase in temperature up to 28 °C, which allows to accelerate the mass revival of eggs and does not have a negative effect on the subsequent development of caterpillars and the process of egg laying by silkworm butterflies.

3. An increase in temperature to 28 °C on the 7-9th day of incubation does not affect the viability of caterpillars during the feeding period (95.2-97.0%), contributes to an increase in the weight of the cocoon by 9.6-12.8% due to an increase in the weight of pupae, which makes it possible to obtain high yields of cocoons, on average up to 4.586 kg per 1 g of caterpillars, and also has a positive effect on reproductive indicators: the number of eggs laid by butterflies in the studied breeds from 742.3 to 803.2 eggs in a clutch, the average weight of one egg is 0.637-0.689 mg, the clutch weight is 474.5-543.0 mg.

4. With high-temperature incubation, on the 7-9th day of the process, the temperature should be maintained at 28 °C and air humidity at 80-85%, an increase in temperature to 30 °C leads to a decrease in egg revitalization and caterpillar viability, and as a result, negatively affects the productivity of silkworms.

High-temperature incubation mode, which consists of the following: the grain removed from the refrigerator is kept for 2 days at a temperature of +15 ... 17 °C (preparatory stage), during the next 6 days of incubation, the temperature gradually increases from +20 to +26 °C, HVAC – 75-80%, on the 7th day of incubation the temperature rises to +28 °C, HVAC – 80-85%, on the 8th-9th day of incubation, the temperature is maintained at +28 °C and the grain is completely darkened for 2 days, on the 10th-11th day (the beginning of the "whitening" of the grain) the temperature drops to +26 °C and additional lighting is given 1-2 hours before sunrise, and the effectiveness of which has been confirmed on the silkworm breeds zoned in the Russian Federation: Kavkaz-1, Kavkaz-2, Belokonnaya-1 and Belokonnaya-2, can be used in the process of selection and breeding work in order to select and obtain high-quality breeding material (cocoons, buckles), accelerate the stages of development of the silkworm, develop the adaptive adaptation of the silkworm to extreme high-temperature climatic conditions for breeding early-ripening and heat-resistant populations of silkworms.

Библиографический список

1. Singh T., Nigam A., Kapila R. Innovations in silkworm rearing and importance: recent advances. Journal of the textile association. 2021. V. 82. No 2. Pp. 87-90.
2. Kishore S. M., Sowmya K., Krishnaveni A., Nikhil Reddy K. S., Shalini K. S., Akula T. Revolutionizing sericulture: new trends in biotechnological applications and by-product utilization. Journal of scientific research and reports. 2024. V. 30. No 9. Pp. 397-410.
3. Rahmathulla V. K. Management of climatic factors for successful silkworm (*Bombyx mori* L.) crop and higher silk production: a review. Psyche: a journal of entomology. 2012. No 1. Pp. 1-12.
4. Sarkhel S., Shrivastava S., Pouranik M. The effective influence of temperature on the varied characteristic of silkworm: a review. Asian Journal of Experimental Sciences. 2017. V. 31. No 2. Pp. 31-37.
5. Lakshmi S., Lavanya L. K., Satyanarayana B., Sankar N. S. On the egg hatching in silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrid, CSR2 x CSR4 at farmers' level, a case of circadian entrainment with thermoperiodic and hygroperiodic conditions. International journal of life sciences research. 2022. V. 10. No 1. Pp. 1-9.
6. Singh T., Singh P. K., Sahaf K. A. Egg diapause and metabolic modulations during embryonic development in the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Annals of biological research. 2013. V. 4. No 1. Pp. 12-21.
7. Баюров Л. И. Влияние температуры на вывод цыплят. Птицеводство. 2018. № 10. С. 8-12.
8. Alhadeethi A. Z. F., Aldhanki Z. T. M. Impact of temperature changing during incubation process on hatching and chick's quality traits of broiler breeder eggs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. No 1371. Pp. 1-6.
9. Mitchaothai J., Lertpatarakomol R., Trairatapiwan T., Lukkananukool A. Influence of incubation temperature and relative humidity on the egg hatchability pattern of two-spotted (*Gryllus bimaculatus*) and house (*Acheta domestica*) crickets. Animals. 2024. V. 14. No 2176. Pp. 1-16.
10. Mishra C. B. Effect of temperature on the development and growth of silkworm, *Bombyx mori* (Linn.) in perspective of climate change. Journal of Experimental Zoology. India. 2018. V. 21. No 2. Pp. 1055-1057.
11. Narasimhulu P., Reddy P. L., Sujatha B., Latha K. L., Reddy B. V., Naik S. S. On the implications of temperature and humidity on egg hatching in the commercial silkworm, *Bombyx mori* L. International Journal of Life Sciences Research. 2020. V. 8. No 1. Pp. 26-40.

12. Kumar G. S., Ravishankar V. Effect of temperature on the egg laying capability, fertility, and incubation period of eggs in mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.). International journal of entomology research. 2024. V. 9. No 3. Pp. 13-16.

13. Oripov O. O., Umarov Sh. R. The effect of climate conditions in uzbekistan on biological indicators of chinese silkworm breeds and hybrids. EPRA International journal of research and development. 2020. V. 5. No 1. Pp. 469-475.

14. Климова А. А. Методика проведения экспериментальных выкормок тутового шелкопряда: методические рекомендации по шелководству. Иноземцево: Росшелкстанция, 1990. 17 с.

References

1. Singh T., Nigam A., Kapila R. Innovations in silkworm rearing and importance: recent advances. Journal of the textile association. 2021. V. 82. No 2. Pp. 87-90.

2. Kishore S. M., Sowmya K., Krishnaveni A., Nikhil Reddy K. S., Shalini K. S., Akula T. Revolutionizing sericulture: new trends in biotechnological applications and by-product utilization. Journal of scientific research and reports. 2024. V. 30. No 9. Pp. 397-410.

3. Rahmathulla V. K. Management of climatic factors for successful silkworm (*Bombyx mori* L.) crop and higher silk production: a review. Psyche: a journal of entomology. 2012. No 1. Pp. 1-12.

4. Sarkhel S., Shrivastava S., Pouranik M. The effective influence of temperature on the varied characteristic of silkworm: a review. Asian Journal of Experimental Sciences. 2017. V. 31. No 2. Pp. 31-37.

5. Lakshmi S., Lavanya L. K., Satyanarayana B., Sankar N. S. On the egg hatching in silkworm (*Bombyx mori* L.) hybrid, CSR2 x CSR4 at farmers' level, a case of circadian entrainment with thermoperiodic and hygroperiodic conditions. International journal of life sciences research. 2022. V. 10. No 1. Pp. 1-9.

6. Singh T., Singh P. K., Sahaf K. A. Egg diapause and metabolic modulations during embryonic development in the silkworm, *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). Annals of biological research. 2013. V. 4. No 1. Pp. 12-21.

7. Bayurov L. I. The effect of temperature on the hatching of chickens. Poultry farming. 2018. No 10. Pp. 8-12.

8. Alhadeethi A. Z. F., Aldhanki Z. T. M. Impact of temperature changing during incubation process on hatching and chick's quality traits of broiler breeder eggs. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2024. No 1371. Pp. 1-6.

9. Mitchaothai J., Lertpatarakomol R., Trairatapiwan T., Lukkananukool A. Influence of incubation temperature and relative humidity on the egg hatchability pattern of two-spotted (*Gryllus bimaculatus*) and house (*Acheta domestica*) crickets. Animals. 2024. V. 14. No 2176. Pp. 1-16.

10. Mishra C. B. Effect of temperature on the development and growth of silkworm, *Bombyx mori* (Linn.) in perspective of climate change. Journal of Experimental Zoology. India. 2018. V. 21. No 2. Pp. 1055-1057.

11. Narasimulu P., Reddy P. L., Sujatha B., Latha K. L., Reddy B. V., Naik S. S. On the implications of temperature and humidity on egg hatching in the commercial silkworm, *Bombyx mori* L. International Journal of Life Sciences Research. 2020. V. 8. No 1. Pp. 26-40.

12. Kumar G. S., Ravishankar V. Effect of temperature on the egg laying capability, fertility, and incubation period of eggs in mulberry silkworm (*Bombyx mori* L.). International journal of entomology research. 2024. V. 9. No 3. Pp. 13-16.

13. Oripov O. O., Umarov Sh. R. The effect of climate conditions in uzbekistan on biological indicators of chinese silkworm breeds and hybrids. EPRA International journal of research and development. 2020. V. 5. No 1. Pp. 469-475.

14. Klimova A. A. Methods of conducting experimental silkworm breeding: methodological recommendations for sericulture. Inozemtsevo: Russian Sericulture Station, 1990. 17 p.

Информация об авторах

Евлагина Елена Григорьевна, директор Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, 357432, Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево, ул. Пушкина, 13), ORCID: 0000-0003-1050-9970, e-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Евлагин Виктор Григорьевич, научный сотрудник Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, 357432, Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево, ул. Пушкина, 13), ORCID: 0000-0002-2404-4222, e-mail: evlaginvg@mail.ru

Лейнвебер Евдокия Федотовна, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Станции шелководства – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский ФНАЦ», ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, 357432, Ставропольский край, г. Железноводск, пос. Иноземцево, ул. Пушкина, 13), ORCID: 0000-0002-5284-0840, e-mail: tutovod@mail.ru

Author's Information

Evlagina Elena Grigorievna, director of the Research Station of Sericulture – the branch of the Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center», North Caucasus Federal Agricultural Research Center (Russian Federation, 357432, Stavropol Region, Zheleznovodsk, Inozemtsevo (village), Pushkina str., 13), ORCID: 0000-0003-1050-9970, e-mail: gnu_rnis_silk@mail.ru

Elagin Victor Grigorievich, researcher of the Research Station of Sericulture – the branch of the Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center», North Caucasus Federal Agricultural Research Center (Russian Federation, 357432, Stavropol Region, Zheleznovodsk, Inozemtsevo (village), Pushkina str., 13), ORCID: 0000-0002-2404-4222, e-mail: evlaginvg@mail.ru

Leinweber Evdokia Fedotovna, Candidate of Agricultural Sciences, senior researcher of the Research Station of Sericulture – the branch of the Federal state budgetary scientific institution «The North Caucasus federal agricultural research center», North Caucasus Federal Agricultural Research Center (Russian Federation, 357432, Stavropol Region, Zheleznovodsk, Inozemtsevo (village), Pushkina str., 13), ORCID: 0000-0002-5284-0840, e-mail: tutovod@mail.ru

THE HISTORICAL ASPECT OF THE FORMATION OF PINUS SYLVESTRIS PROTECTIVE FOREST PLANTATIONS IN THE VOLGOGRAD REGION**Kuzenko A. N., Koshelev A. V.***Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kuzenko-a@vfanc.ru

Received 17.12.2024

Submitted 21.02.2025

The research was carried out within the framework of the project FNFE-2025-0003 "Formation and functioning of adaptive agroforestry complexes in the south of Russia under conditions of climate change using digital technologies"**Summary**

In the article the history of creation of protective forest plantations of common pine in Volgograd region is considered. An assessment of the current state of protective forest belts of common pine is given.

Abstract

Introduction. To combat degradation in the Volgograd region, various approaches to agroforestry and protective cultivation are used. The area of protective forest plantations (PFP) on agricultural lands of the Volgograd region occupies more than 130 thousand hectares. The leading tree species used in PFP is Common pine (*Pinus sylvestris* L.). Common pine in the Volgograd region grows outside its natural range and is widely used to create artificial protective plantations, as it is drought-resistant. **Object.** The area of protective forest plantations of Common pine (*Pinus sylvestris* L.). **Materials and methods.** The condition of protective forest plantations of Common pine was assessed based on the forest plan for the period from 2008-2018, approved by the Resolution of the Head of the Administration of the Volgograd Region No. 144 dated February 11, 2009 and from 2019-2028 with approved by the Resolution of the Governor of the Volgograd region No. 81 dated February 20, 2019. To assess the area of Common pine in protective forest plantations, reviews of the sanitary and forest pathological condition of forests in the Volgograd region from 1998 to 2023 were used. **Results and conclusions.** In the Volgograd region, protective afforestation also has a centuries-old history. Pine crops planted in the 19th century have been preserved in the Archedinsky forestry (Voropaevskaya pine), on the territory of the Lower Volga station for selection of tree species – a branch of the Federal Scientific Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, on the territory of the Zhirnovsky forestry (Parfenovskaya dacha), etc. The first stage (1880-1884) of planting Archedinsky forest belts acted as experimental plantings. The second stage (1885-1892) is characterized by an increased size of plantings and mandatory preliminary soil preparation, where the main tree species in the composition of the PFP were two-year-old seedlings of Common pine in the amount of about 14 thousand per 1 ha. The third stage (1894-1910) was characterized by the active use of agroforestry measures to create PFP from Scots pine. In the 80s-90s, a comprehensive target program "Forest" was developed and adopted in the Volgograd Region, and since 1992 – a comprehensive program to improve soil fertility in Russia. Currently, reforestation and afforestation work is carried out within the framework of the Federal Project "Forest Conservation" included in the National Project "Ecology". Thanks to the participation of the Volgograd Region in the federal project "Forest Conservation", the volume of reforestation is increasing. Analysis of the forest plans of the Volgograd Region for 2009-2018 and 2019-2028, as well as reviews of the sanitary and forest pathological condition of forests in the Volgograd Region for the study period showed an increase in the area of the forest fund. It is worth noting that the forest cover remains low.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., history of afforestation, scots pine, protective forest stands, arid zone, reforestation.

Citation. Kuzenko A. N., Koshelev A. V. The historical aspect of the formation of *Pinus sylvestris* protective forest plantations in the Volgograd region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 227-234 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-23.

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

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

УДК 630

**ИСТОРИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ
ИЗ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ****Кузенко А. Н.**, заместитель директора**Кошелев А. В.**, ведущий научный сотрудник, кандидат сельскохозяйственных наук*ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного
лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация***Исследования проведены в рамках выполнения проекта FNFE-2025-0003 «Формирование и
функционирование адаптивных агролесомелиоративных комплексов юга России в условиях
климатических изменений с использованием цифровых технологий»**

Актуальность. Для борьбы с деградацией на территории Волгоградской области применяются различные подходы агролесомелиорации и защитного разведения. Площадь защитных лесных насаждений (ЗЛН) на сельскохозяйственных землях Волгоградской области занимает более 130 тыс. га. Ведущая древесная порода, которая используется в ЗЛН, – это сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.). Сосна обыкновенная в Волгоградской области произрастает за пределами естественного ареала и широко используется для создания искусственных защитных насаждений, так как является засухоустойчивой. **Объект.** Площадь защитных лесных насаждений сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). **Материалы и методы.** Оценка состояния защитных лесных насаждений сосны обыкновенной проводили на основе лесного плана на период с 2008-2018 гг. утверждённый постановлением Главы Администрации Волгоградской области № 144 от 11 февраля 2009 года и с 2019-2028 гг. с утверждённым постановлением Губернатора Волгоградской области № 81 от 20 февраля 2019 года. Для оценки площади сосны обыкновенной в защитных лесных насаждениях были использованы обзоры санитарного и лесопатологического состояния лесов Волгоградской области с 1998 по 2023 гг. **Результаты и выводы.** В Волгоградской области защитное лесоразведение тоже имеет многовековую историю. Сосновые культуры, высаженные в XIX веке, сохранились в Арчединском лесничестве (Воропаевская сосна), на территории Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН, на территории Жирновского лесничества (Парфеновская дача) и др. Первый этап (1880-1884) посадки Арчединских лесополос выступал в роли экспериментальных насаждений. Второй этап (1885-1892) характеризуется увеличенным размером посадок и обязательной предварительной подготовкой почвы, где основной древесной породой в составе ЗЛН были двухлетние саженцы сосны обыкновенной в количестве около 14 тыс. на 1 га. Третий этап (1894-1910) характеризовался активному применению агролесомелиоративных мероприятий по созданию ЗЛН из сосны обыкновенной. В период 80-х 90-х годов на территории Волгоградской области была разработана и принята комплексная целевая программа «Лес», с 1992 года – комплексная программа повышения плодородия почв России. В настоящее время работы по лесовосстановлению и лесоразведению ведутся в рамках Федерального проекта «Сохранение лесов» входящего в Национальный проект «Экология». Благодаря участию Волгоградской области в федеральном проекте «Сохранение лесов» объёмы лесовосстановления увеличиваются. Анализ лесных планов Волгоградской области за 2009-2018 и 2019-2028 гг., а также обзоров санитарного и лесопатологического состояния лесов Волгоградской области за исследуемый период показал, увеличение площади лесного фонда. При этом стоит отметить, что лесистость остается на низком уровне.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., история лесоразведения, сосна обыкновенная, защитные лесные насаждения, засушливая зона, лесовосстановление.

Цитирование. Кузенко А. Н., Кошелев А. В. Исторический аспект формирования защитных лесных насаждений из сосны обыкновенной в Волгоградской области. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 227-234. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-23.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Защитное лесоразведение является одним из приоритетов сохранения окружающей среды на федеральном уровне [1]. Чем больше площади лесонасаждений, тем более положительное воздействие оказывается на систему рационального использования и преумножение природно-ресурсного потенциала страны, а это, в свою очередь, способствует решению проблем экологической и продовольственной безопасности.

Наиболее актуальна задача лесоразведения и агролесомелиорации в малолесных регионах, на территориях с засушливым климатом и выраженными деградационными процессами земель. На землях в степной зоне юга России защитное лесоразведение имеет важное значение [2, 3]. Остановить наступление песков возможно лишь создав защитные лесопосадки, и понимание важности лесоразведения позволило остановить многие негативные природные последствия.

Волгоградская область является одной из самых крупных по площади территорий на Юге России, для которой характерен субаридный и аридный климат. Природно-антропогенным ландшафтам наносится значительный урон различными негативными природными явлениями [4].

Для борьбы с деградацией на территории Волгоградской области применяются различные подходы агролесомелиорации и защитного разведения. Лесоразведение – один из важнейших способов создания защитных лесных насаждений с целью повышения потенциала хозяйственных территорий и обеспечения мелиорации земель, которые ранее не были задействованы в возрождении лесных массивов засушливого Юго-Востока, в том числе и в Волгоградской области. По имеющимся данным, площадь защитных лесных насаждений (ЗЛН) на сельскохозяйственных землях Волгоградской области занимает более 130 тыс. га [5].

Ведущая древесная порода, которая используется в ЗЛН, – это сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [6]. Сосна обыкновенная в Волгоградской области произрастает за пределами естественного ареала и широко используется для создания искусственных защитных насаждений, так как является засухоустойчивой [7]. При этом она подвержена воздействию биотического фактора, который включает в себя агрессивных вредителей, таких как разные виды пилильщиков. Несмотря на это, сосна обыкновенная успешно выполняет защитную функцию от неблагоприятных факторов, которые способствуют развитию эрозии почв и деградации ландшафта. На территории Волгоградской области возраст лесных насаждений из сосны обыкновенной значительно варьирует. Возраст старших посадок сосны обыкновенной в условиях зоны полупустынь и степной зоны довольно велик и достигает 100 лет. Также продуктивность сосняков в более лучших условиях местообитания превышает 300 м³ на 1 га [8, 9]. Учитывая дальнейшую перспективность применения данного вида в лесомелиоративной практике, интерес представляет история создания лесных насаждений в Волгоградской области, что и явилось целью данной работы.

Сосна обыкновенная используется в лесовосстановлении и формировании защитных насаждений. Площадь сосновых лесов России составляет 206,7 млн га [10]. Высокая пластичность данного вида позволяет ему произрастать в разнообразных экотопических условиях, формируя различные биотипы. Приспособительные реакции сосны обыкновенной позволяют выдерживать воздействие экологических факторов в широких диапазонах, так, например, данный вид произрастает при абсолютном минимуме температуры воздуха – 60 °С и абсолютном максимуме + 40 °С и выше. Сосна способна выживать при низком уровне влажности и использовать малые запасы воды и питательных веществ в почве. Она произрастает на болотах и сухих песках. Это позволяет ей получить обширное распространение на материке Евразии от 70° до 37° с.ш. и от 7° з.д. до 126° в.д. Современная территория произрастания сосны обыкновенной, по сравнению с ареалами обитания других видов сосен, которые также произрастают на материках Евразии и Северной Америке, является самой обширной [11-13]. Поэтому все ценные ранее перечисленные свойства сосны обыкновенной позволяют использовать ее в разнообразных целях, главным образом, в процессах рекультивации нарушенных земель [14-16].

Материалы и методы. Оценку состояния защитных лесных насаждений сосны обыкновенной проводили на основе лесного плана на период с 2008-2018 гг. утвержденного постановлением Главы Администрации Волгоградской области № 144 от 11 февраля 2009 года. И лесного плана с 2019-2028 гг. утвержденного постановлением Губернатора Волгоградской области № 81 от 20 февраля 2019 года. Для оценки площади сосны обыкновенной в защитных лесных насаждениях были использованы обзоры санитарного и лесопатологического состояния лесов Волгоградской области с 1998 по 2023 гг.

История создания защитных лесных насаждений Сосны обыкновенной в Волгоградской области.

История лесоразведения очень богата и насчитывает более 300 лет. Начало ее было положено в 1696 году по указу Петра I, когда под Таганрогом в урочище Большая Черепаша была создана роща, состоящая из дубов. В 1766 году известный лесовод, агроном и плодовод А. Т. Болотов обозначил идею использования лесополос в полезащитных целях. Также с 1882 года ученый К. Генко взял на себя руководство масштабными лесопосадками, которые были организованы на юго-востоке. Широкие лесные насаждения были созданы вдоль водоразделов рек, и их площадь составила около 18 тыс. га. Работы проводились в Ставропольском крае, Воронежской, Волгоградской, Саратовской, Самарской и Оренбургской областях.

История защитного лесоразведения непосредственно в Волгоградской области насчитывает более ста лет. Увеличение площади песчаных массивов поставило задачу облесения песков. В конце XIX века на территориях придонских песчаников Волгоградской области также было начато насаждение лесных массивов [17].

Таким образом, в Волгоградской области защитное лесоразведение тоже имеет многовековую историю. В отечественном лесоводстве первые организованные лесополосы приурочены к памятникам [18]. К примеру, сосновые культуры, высаженные в XIX веке, сохранились в Арчединском лесничестве (Воропаевская сосна), на территории Нижневолжской станции по селекции древесных пород – филиала ФНЦ агроэкологии РАН, на территории Жирновского лесничества (Парфеновская дача) и др.

Для борьбы с увеличением площадей песков на территории «Придонских песков» были развернуты масштабные лесопосадочные работы. Выпас скота, излишняя вырубка древесно-кустарниковых пород и интенсификация хозяйственной деятельности привели к развитию эрозионных процессов. Это привело к тому, что придонские песчаные степи стали превращаться в бросовые земли и источники сыпучих песков [19].

В 1879 году начались работы по созданию ЗЛН на территории Арчединского массива, целью которых стало закрепление разбитых песков, снижающих качество плодородных почв. Вся работа, условно, была разделена на три крупных этапа.

Первый этап (1880-1884) посадки Арчединских лесополос выступал в роли экспериментальных насаждений. Их производили на небольших территориях, а техника производства была довольно изощренной и имела опытный характер. Ключевой трудностью стала разработка методов, адаптированных к местным условиям. Первая ЗЛН была заложена в 1881 году, которая включала в себя шелюгу, белую акацию и однолетние сеянцы сосны. Второй этап (1885-1892) характеризуется увеличенным размером посадок и обязательной предварительной подготовкой почвы, где основой древесной породой в составе ЗЛН были двухлетние саженцы сосны обыкновенной в количестве около 14 тыс. штук на 1 га. На протяжении 5 лет уход за посадками заключался в прополках и рыхлениях два-три раза в год. В Волгоградской области в 1892 году около территории г. Камышина была произведена посадка сосны обыкновенной, которая затем перешла под контроль Всесоюзного научно-исследовательского агролесомелиоративного института (ВНИАЛМИ), сегодня ФНЦ агроэкологии РАН. Третий этап (1894-1910) характеризовался активным применением агролесомелиоративных мероприятий по созданию ЗЛН из сосны обыкновенной: во-первых, предварительная сплошная распашка площадей под посадку; во-вторых, систематические прополки и рыхления; в-третьих, своевременные дополнения культур новыми растениями, взамен погибших [20].

В период 80-х 90-х годов на территории Волгоградской области была разработана и принята комплексная целевая программа «Лес», с 1992 года – комплексная программа повышения плодородия почв России [21].

В последнее время работы по лесовосстановлению и лесоразведению ведутся в рамках Федерального проекта «Сохранение лесов» входящего в Национальный проект «Экология». **С 2025 года обновлённый федеральный проект «Сохранение лесов» вошёл в национальный проект «Экологическое благополучие».** Благодаря участию Волгоградской области в федеральных проектах объёмы лесовосстановления увеличиваются [22].

Современное состояние защитных лесных насаждений сосны обыкновенной в Волгоградской области.

Площадь земель лесного фонда на конец 2024 года составляет 680,0 тыс. га, в том числе 461,2 тыс. га покрытая лесом площади или 67,8%. Около 15,8% или 72,9 тыс. га покрытой лесом площади занимают хвойные насаждения искусственного происхождения, из них хвойные молодняки 1-2 классов возраста составляют 65,0 тыс. га или 89,2%, средневозрастные насаждения 7,8 тыс. га или 10,7%, приспевающие насаждения занимают 0,1 тыс. га или 0,14%. Спелые и перестойные сосновые насаждения отсутствуют.

По имеющимся данным площадь ЗЛН на сельскохозяйственных землях Волгоградской области занимает более 130 тыс. га [5]. Благодаря участию Волгоградской области в федеральном проекте «Сохранение лесов» объемы лесовосстановления увеличиваются [22]. В Волгоградской области основной древесной породой, применяемой для создания лесных культур, всегда являлась сосна обыкновенная, которая успешно произрастает в суровых климатических и почвенных условиях в степной зоне и зоне полупустынь [23].

Анализ лесных планов Волгоградской области за 2009-2018 и 2019-2028 гг., а также обзоров санитарного и лесопатологического состояния лесов Волгоградской области за исследуемый период показал, увеличение площади лесного фонда (рисунок 1А). При этом стоит отметить, что лесистость остается на низком уровне.

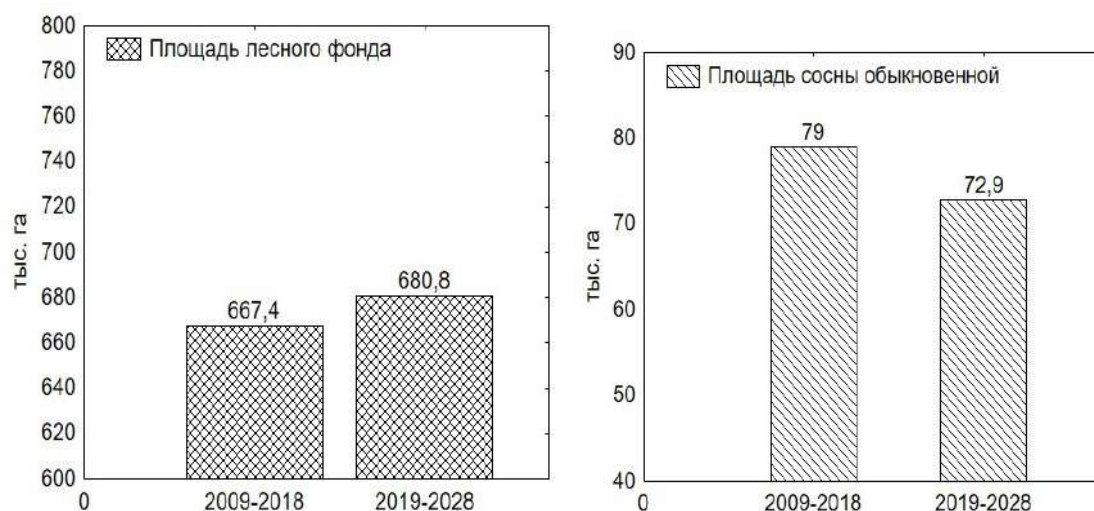


Рисунок 1А – Площадь лесного фонда, 1Б – площадь сосны обыкновенной в защитных лесных насаждениях

Figure 1A – The area of the forest fund, 1B – the area of the *Pinus sylvestris* in protective forest plantations

Согласно данным лесных планов 2009-2018 и 2019-2028 гг. площадь, занимаемая защитным лесонасаждениями из сосны обыкновенной, снизилась на 6 тыс. гектаров за 10 лет (рис 1Б). Это согласуется с динамикой соотношения различных древесных пород, используемых в лесовосстановлении. В лесном плане на начало 2019 года было зафиксировано, что по хвойным породам динамика показала увеличение площади молодняков хвойных пород на 1,9 тыс. гектаров и снижение на 0,8 тыс. гектаров средневозрастных пород, однако, несмотря на это, площадь сосняков значительно сократилась.

Анализ обзоров санитарного и лесопатологического состояния лесов Волгоградской области (рисунок 2) демонстрирует снижение площади занятых сосной обыкновенной в период с 1998 по 2008 гг., в первую очередь связанное с крупными лесными пожарами 1998, 2000, 2002 лет. При создании лесного плана 2009-2018 года, была поставлена цель, увеличить площадь сосновых защитных лесных насаждений за счет лесовосстановления на гарях. В результате проведенных мероприятий по лесовосстановлению были достигнуты планируемые показатели.



Рисунок 2 – Площадь сосны обыкновенной в защитных лесных насаждениях, согласно обзорам санитарного и лесопатологического состояния лесов Волгоградской области

Figure 2 – The area of *Pinus sylvestris* in protective forest stands, according to reviews of the sanitary and forest pathology status of forests in the Volgograd region

Начиная с 2019 года и по настоящее время площадь, занимаемая лесными насаждениями из сосны обыкновенной, незначительно снизилась. Сосна обыкновенная остается перспективной лесной породой, как показала практика за 2 века, для защитного лесоразведения. Созданные искусственные насаждения сосны обыкновенной имеют большой экологическое значение для средообразования на территории Волгоградской области.

Заключение. Волгоградская область является важным регионом Юга России и обладает большой площадью территорий, которая может использоваться для различных целей. Однако почвенно-климатические условия усложняют ее использование, в связи с этим на данных территориях необходимо, как показывает история, проводить агролесомелиоративные мероприятия по созданию защитных насаждений. Сосна обыкновенная широко и успешно используется в защитном лесоразведении Волгоградской области. На протяжении XX века и в настоящее время, сосна обыкновенная является надежной древесной породой для защитного лесоразведения. В связи с этим необходимо проводить работы, предусмотренные Лесным планом Волгоградской области, по сохранению и расширению площадей сосны обыкновенной в лесозащитных полосах.

Conclusions. The Volgograd Region is an important region of Southern Russia and has a large area of territories that can be used for various purposes. However, soil and climatic conditions complicate its use, and therefore, as history shows, it is necessary to carry out agroforestry measures to create protective plantings in these territories. The common pine is widely and successfully used in protective afforestation of the Volgograd region. Throughout the 20th century and at the present time, the common pine has been a reliable tree species for protective afforestation. In this regard, it is necessary to carry out the work provided for by the Forest Plan of the Volgograd region to preserve and expand the areas of Scots pine in forest protection strips.

Библиографический список

1. Кулик К. Н. и др. Стратегия развития защитного лесоразведения в Российской Федерации на период до 2025 года, переработанная и дополненная. Волгоград, 2018. 36 с.
2. Чешев А. С., Меленкин В. Л. Экологизация развития ландшафтной агролесомелиорации: исторические основы и инновационные подходы. Экономика и экология территориальных образований. 2021. № 1. С. 33-41.
3. Хомяков Д. М. Адаптивно-ландшафтные системы земледелия как основа устойчивого развития агропроизводства в степных регионах. Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума. 2024. С. 1420-1428.
4. 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.
5. Кулик К. Н., Манаенков А. С., Кузенко А. Н., Салугин А. Н. К вопросу о состоянии защитного лесоразведения в Волгоградской области. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 1 (57). С. 23-33.

6. Танюкевич В. В., Журавлева А. В. Рост *Pinus sylvestris* L. и ресурс древесины полезащитных насаждений Среднего Дона. Научная жизнь. 2016. № 5. С. 77-85.
7. Degtyareva A. P. Characteristics of *Pinus sylvestris* L. seeds under drought conditions in the steppe region of the central chernozem region. Journal of Agriculture and Environment. 2021. № 3 (19). Pp. 1-4.
8. Чупров А. В., Наквасина Е. Н., Прожерина Н. А. Оценка роста и продуктивности климатипов сосны обыкновенной в 39-летних географических культурах в архангельской области. Известия Санкт-Петербургской Лесотехнической Академии 2021. № 237. С. 151-167.
9. Aroca-Fernández M. J. Bravo-Fernández J. A., García-Viñas J. I., Serrada R. Soil compaction and productivity evolution in a harvested and grazed mediterranean Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) forest. Forests. 2024. V. 15. No 3. P. 451.
10. Галдина Т. Е., Хазова Е. П. Влияние климатогеографических факторов на адаптационную способность сосны обыкновенной. Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 3 (39). С. 35-42.
11. Zalesov S., Dancheva A. V., Ayan S., Suyundikov Z. O., Rachimzhanov A. N., Razhanov M. R., Opletaev A. S. Silvicultural efficiency of the thinning efficiency of *Pinus sylvestris* L. plantation in the dry subzone of Northern Kazakhstan Steppes. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty. 2020. V. 20. No. 3. Pp. 220- 228.
12. Jörgensen K. Granath G., Lindahl B. D., Strengbomet J. Forest management to increase carbon sequestration in boreal *Pinus sylvestris* forests. Plant and Soil. 2021. V. 466. No. 1. Pp. 165-178.
13. Herrero A., González-Gascuña R., González-Díaz P., Ruiz-Benito P., Andivia E. Reduced growth sensitivity to water availability as potential indicator of drought-induced tree mortality risk in a Mediterranean *Pinus sylvestris* L. forest. Frontiers in Forests and Global Change. 2023. V. 6. Pp. 1249246.
14. Vacek Z., Cukor J., Vacek S., Linda R., Prokúpková A., Podrázský V., Brichta J. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? European Journal of Forest Research. 2021. V. 140. Pp. 1243-1266.
15. Vacek Z., Linda R., Cukor J., Vacek S., Šimůnek V., Gallo J., Vančura K. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the suitable pioneer species for afforestation of reclamation sites? Forest Ecology and Management. 2021. V. 485. P. 118951.
16. Sungurova N. R., Popkova I. A. Productivity of Pine Plantations during Reclamation of Sand Quarries. Russian Forestry Journal. 2022. No. 2. Pp. 50-58.
17. Таран С. С., Матвиенко Е. Ю., Кружилин С. Н. Закономерности роста и формирования насаждений с участием *Pinus sylvestris* и *Pinus pallasiana* в условиях Нижнего Дона. Репутациология. 2017. № 1 (43). С. 19-26.
18. Дюпин М. В. История развития защитного лесоразведения в России. Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2013. № 4 (37). С. 12-13.
19. Манаенков А. С., Кулик А. К. Закрепление и облесение песков засушливой зоны. Волгоград: Всероссийский научно-исследовательский агролесомелиоративный институт, 2016. 55 с.
20. Рябинина Н. О. Докучаевский период развития степеведения и ландшафтоведения. Степи Северной Евразии: материалы X международного симпозиума. 2024. С. 1118-1124.
21. Иванов А. Л., Кулик К. Н. Агролесомелиорация. Волгоград, 2006. 746 с.
22. Ефремцев П. С., Шинкаренко В. В. Перспективные экологические проекты волгоградской области. Вестник науки. 2024. Т. 3. № 6 (75). С. 2009-2015.
23. Ноженов В. А., Бакрадзе Н. Ю. Экологические условия выращивания сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) на аридных территориях (на примере Арчединского лесничества Волгоградской области). Электронный научно-образовательный журнал ВГСПУ «Грани познания». 2024. № 3 (92). С. 15-21.

References

1. Kulik K. N. et al. Strategy for the development of protective afforestation in the Russian Federation for the period up to 2025, revised and supplemented. Volgograd, 2018. 36 p.
2. Cheshev A. S., Melenkin V. L. Greening the development of landscape agroforestry: historical foundations and innovative approaches. Economy and ecology of territorial entities. 2021. No. 1. Pp. 33-41.
3. Khomyakov D. M. Adaptive landscape farming systems as a basis for sustainable development of agricultural production in steppe regions. Steppes of Northern Eurasia: proceedings of the X International Symposium. 2024. Pp. 1420-1428.
4. Kulik K. N., Manaenkov A. S., Kuzenko A. N., Salugin A. N. On the issue of the state of protective afforestation in the Volgograd region. Proceedings of the Nizhnevolzhsky agrouniversity complex: science and higher professional education. 2020. № 1 (57). Pp. 23-33.
5. Kulik K. N. Current state of protective forest plantations in the Russian Federation and their role in mitigating the consequences of land droughts and desertification. Scientific and Agronomic Journal. 2022. № 3 (118). Pp. 08-13.
6. Tanyukevich V. V., Zhuravleva A. V. Growth of *Pinus sylvestris* L. and the resource of wood of protective stands of the Middle Don. Scientific life. 2016. No. 5. Pp. 77-85.
7. Degtyareva A. P. Characteristics of *Pinus sylvestris* L. seeds under drought conditions in the steppe region of the central chernozem region. Journal of Agriculture and Environment. 2021. № 3 (19). Pp. 1-4.
8. Chuprov A. V., Nakvasina E. N., Prozherina N. A. Assessment of the growth and productivity of scots pine climatotypes in 39 year-old geographical crops in the Arkhangelsk region. Proceedings of the Saint Petersburg Forest Engineering Academy. 2021. No. 237. Pp. 151-167.
9. Aroca-Fernández M. J. Bravo-Fernández J. A., García-Viñas J. I., Serrada R. Soil compaction and productivity evolution in a harvested and grazed mediterranean Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) forest. Forests. 2024. V. 15. No 3. P. 451.
10. Galdina T. E., Khazova E. P. Influence of climatic and geographical factors on the adaptive capacity of scots pine. Forest engineering magazine 2020. V. 10. № 3 (39). Pp. 35-42.
11. Zalesov S., Dancheva A. V., Ayan S., Suyundikov Z. O., Rachimzhanov A. N., Razhanov M. R., Opletaev A. S. Silvicultural efficiency of the thinning efficiency of *Pinus sylvestris* L. plantation in the dry subzone of Northern Kazakhstan Steppes. Kastamonu University Journal of Forestry Faculty. 2020. V. 20. No. 3. Pp. 220- 228.

12. Jörgensen K. Granath G., Lindahl B. D., Strengbomet J. Forest management to increase carbon sequestration in boreal *Pinus sylvestris* forests. *Plant and Soil*. 2021. V. 466. No. 1. Pp. 165-178.
13. Herrero A., González-Gascuña R., González-Díaz P., Ruiz-Benito P., Andivia E. Reduced growth sensitivity to water availability as potential indicator of drought-induced tree mortality risk in a Mediterranean *Pinus sylvestris* L. forest. *Frontiers in Forests and Global Change*. 2023. V. 6. Pp. 1249246.
14. Vacek Z., Cukor J., Vacek S., Linda R., Prokúpková A., Podrázský V., Brichta J. Production potential, biodiversity and soil properties of forest reclamations: Opportunities or risk of introduced coniferous tree species under climate change? *European Journal of Forest Research*. 2021. V. 140. Pp. 1243-1266.
15. Vacek Z., Linda R., Cukor J., Vacek S., Šimůnek V., Gallo J., Vančura K. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), the suitable pioneer species for afforestation of reclamation sites? *Forest Ecology and Management*. 2021. V. 485. P. 118951.
16. Sungurova N. R., Popkova I. A. Productivity of Pine Plantations during Reclamation of Sand Quarries. *Russian Forestry Journal*. 2022. No. 2. Pp. 50-58.
17. Taran S. S., Matvienko E. Y., Kruzhilin S. N. Patterns of growth and formation of stands with the participation of *Pinus sylvestris* and *Pinus pallasiana* in the conditions of the Lower Don. *Reputationology*. 2017. No 1 (43). Pp. 19-26.
18. Dupin M. V. History of the development of protective afforestation in Russia. *Bulletin of the Izhevsk State Agricultural Academy*. 2013. No 4 (37). Pp. 12-13.
19. Manaenkov A. S., Kulik A. K. Consolidation and afforestation of dry zone sands. Volgograd: All-Russian Scientific Research Agroforestry Institute, 2016. 55 p.
20. Ryabinina N. O. Dokuchaev period of development of steppe and landscape studies. *Steppes of Northern Eurasia: proceedings of the X International Symposium*. 2024. Pp. 1118-1124.
21. Ivanov A. L., Kulik K. N. Agroforestry. Volgograd, 2006. 746 p.
22. Efremtsev P. S., Shinkarenko V. V. Promising environmental projects of the Volgograd region. *Bulletin of Science*. 2024. V. 3. № 6 (75). Pp. 2009-2015.
23. Nozhenko V. A., Bakradze N. Yu. Ecological conditions for growing scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in arid territories (on the example of the Archedinsky forestry of the Volgograd region). *Electronic scientific and educational journal of VSPU "Facets of Cognition"*. 2024. No 3 (92). Pp. 15-21.

Информация об авторах

Кузенко Александр Николаевич, заместитель директора – руководитель Центра по борьбе с опустыниванием территорий ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), e-mail: kuzenko-a@vfanc.ru

Кошелев Александр Валентинович, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, с и.о. заведующего лабораторией агроэкологии и систем земледелия в агролесоландшафтах ФГБНУ «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук» (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), ORCID: 0000-0003-4048-7549 e-mail: alexkosh@mail.ru

Author's Information

Kuzenko Aleksander Nikolaevich, Deputy Director – Head of the Center for Combating Desertification of Territories, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: 0009-0000-4264-5251, e-mail: kuzenko-a@vfanc.ru

Koshelev Aleksander Valentinovich, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Acting Head of the Laboratory of Agricultural Technologies and Farming Systems in Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center of the Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), ORCID: 0000-0003-4048-7549, e-mail: alexkosh@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-24

SPATIAL STRUCTURE OF ANTHROPOGENIC OBJECTS IN THE ASTRAKHAN TRANS-VOLGA REGION

Melihova A. V.

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

Corresponding author E-mail: melihova-a@vfanc.ru

Received 05.07.2024

Submitted 15.02.2025

This work was carried out within the framework of the state task of research in the FSC of Agroecology RAS FNFE-2024-0009 "Desertification of territories of arid, subarid and dry subhumid regions, mapping the current state and dynamics of land desertification, modeling and forecasting desertification processes, for planning the restoration of degraded lands using geoinformation technologies and aerospace methods in conditions of increasing droughts, sand and dust storms"

Summary

The article presents the results of mapping anthropogenic objects on the territory of the Astrakhan Volga region using satellite imagery data and geo information methods.

Abstract

Introduction. The Astrakhan region, like many other regions of the southern European part of Russia, is facing various types of anthropogenic impact. Irregular grazing can lead to degradation of vegetation cover, soil compaction and erosion, as well as accelerate the development of desertification processes. Remote sensing data, including images with ultra-high spatial resolution, can be used to monitor and assess the degree of degradation of territories adjacent to the sheepfolds, identify problem areas and serve as a basis for the development and implementation of appropriate measures for the restoration of agricultural land, which requires the preliminary creation of a database of the spatial position of cattle breeding points. The aim of the study was to map anthropogenic objects as key factors in assessing desertification in the Astrakhan Volga region. **Object.** The study area is characterized by flat terrain and insufficient moisture, which creates prerequisites for the development of desertification and the formation of dust storms. The Krasnoyarsk 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, were selected for mapping. **Materials and methods.** Decryption of agricultural and industrial facilities was carried out using remote sensing data ("Google Earth"), the spatial resolution of which allows you to decrypt even small buildings and structures. "QGIS" and MS "Excel" were used for data processing. **Results and conclusions.** According to the results of expert visual decoding, 531 objects of anthropogenic origin were identified. It was found that the spatial distribution of objects is uneven – 289 objects (54.4% of the total number of points) are located on the territory of the Kharabalinsky district of the Astrakhan region, while 242 objects (45.5%) fall on the territory of the Krasnoyarsk district of the Astrakhan region. Of the 323 agricultural facilities, 286 (89%) are located on the territory of Kharabali district, which is directly related to the peculiarities of the climate and soil salinity.

Keywords: anthropogenic objects, irregular grazing, degradation of pastures, sensing of territories, remote sensing of lands.

Citation. Melihova A. V. Spatial structure of anthropogenic objects in the Astrakhan trans-Volga region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 234-241 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-24.

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 504.05

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА АНТРОПОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В АСТРАХАНСКОМ ЗАВОЛЖЬЕ

Мелихова А. В., лаборант-исследователь

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения Российской академии наук»
г. Волгоград, Российская Федерация

Работа выполнена в рамках государственного задания ФНЦ агроэкологии РАН FNFE-2024-0009 «Опустынивание территорий аридных, субаридных и сухих субгумидных регионов, картографирование современного состояния и динамики опустынивания земель, моделирование и прогнозирование процессов опустынивания, для планирования восстановления деградированных земель с применением геоинформационных технологий и аэрокосмических методов в условиях усиливающихся засух, песчаных и пыльных бурь»

Актуальность. Астраханская область, как и многие другие регионы юга европейской части России, сталкивается с различными видами антропогенного воздействия. Ненормированный выпас скота может привести к деградации растительного покрова, уплотнению почвы и ее эрозии, а также ускорить развитие процессов опустынивания. Данные дистанционного зондирования, включая снимки со сверхвысоким пространственным разрешением, могут быть использованы для мониторинга и оценки степени деградации территорий, прилегающих к кошарам, выявления проблемных областей и служить основой при разработке и осуществлении соответствующих мер по восстановлению сельскохозяйственных угодий, в связи с чем требуется предварительное создание базы данных пространственного положения скотоводческих точек. Целью исследования являлось картографирование антропогенных объектов как ключевых факторов оценки опустынивания в Астраханском Заволжье. **Объект.** Зона исследования характеризуется равнинным рельефом и недостаточным увлажнением, что создает предпосылки 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 объектов сельско-

хозяйственного и промышленного назначения проводилось при помощи данных ДЗЗ («Google Earth»), пространственное разрешение которых позволяет дешифровать даже небольшие постройки и сооружения. Для обработки данных использовались «QGIS» и MS «Excel». **Результаты и выводы.** По результатам экспертного визуального дешифрирования выявлен 531 объект антропогенного происхождения. Установлено, что пространственное распределение объектов неравномерно – 289 объектов (54,4% от общего количества точек) расположены на территории Харабалинского района Астраханской области, в то время как 242 объекта (45,5%) приходятся на территорию Красноярского района Астраханской области. Из 323 объектов сельскохозяйственного назначения 286 (89%) находятся на территории Харабалинского района, что напрямую связано с особенностями климата и засоленностью почв.

Ключевые слова: антропогенные объекты, ненормированный выпас скота, деградация пастбищ, зондирование территорий, дистанционное зондирование земель.

Цитирование. Мелихова А. В. Пространственная структура антропогенных объектов в Астраханском Заволжье. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 234-241. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-24.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Астраханское Заволжье является засушливым регионом, природные условия которого не подходят для растениеводства, в связи с чем более распространено животноводство, в частности овцеводство. Поголовье не содержится на одном месте, а регулярно переводится с пастбища на пастбище, в связи с чем в регионе располагается множество скотоводческих точек (кошар) и загонов. Животноводство является важным сектором экономики Астраханской области. Расположение кошар в Астраханской области, как и в любом другом регионе, зависит от различных факторов, включая богатство пастбищных угодий, водных ресурсов и инфраструктуры. Прогноз развития процессов опустынивания и планирование своевременных мероприятий по борьбе с ним, а также по защите пастбищ могут помочь сохранить многие кошары, которые в случае наступления песков или истощения пастбищных ресурсов будут заброшены.

В Астраханской области, как и в других аридных регионах России, пастушьи точки представляют собой небольшие комплексы жилых и хозяйственных построек, используемые скотоводами в качестве жилья и для содержания скота. Окрестности чабанских точек характеризуются максимальной выраженностью деградации естественного растительного и почвенного покрова, повышенная нагрузка приводит к формированию многочисленных участков развееваемых и слабозаросших песков [1].

Помимо пастбищной нагрузки, в зоне исследования представлена также антропогенная нагрузка, связанная с эксплуатацией промышленного объекта. Астраханский газоперерабатывающий завод – крупнейший промышленный объект, расположенный в Красноярском районе Астраханской области. Заводская территория охватывает значительную площадь, на которой располагается большое количество добывающих установок. Создание и обслуживание трубопроводов приводит к серьезной нагрузке на окружающую среду.

Концентрация кошар и мест добычи полезных ископаемых влияет на структуру дорожной сети, причем полевые дороги зачастую многоколейные и имеют большое количество дублирующих маршрутов, что является фактором, повышающим дефляционную опасность, так как полевые дороги в условиях ветровой нагрузки могут служить очагами дефляции [2, 3].

Геоинформационные системы (ГИС) и данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) являются мощными инструментами, используемыми в экологическом и антропогенном мониторинге [4]. ГИС позволяет оперативно собирать и обновлять данные о пространственном положении различных объектов сельскохозяйственного и промышленного назначения.

Материалы и методы. Исследование охватывает два муниципальных района на левобережье Астраханской области: Харабалинский и Красноярский районы. В работе были использованы источники данных ДЗЗ, находящиеся в свободном доступе («Google Earth»), пространственное разрешение которых позволяет дешифровать даже небольшие постройки и сооружения. Дешифрируемые объекты разделены на два класса: сель-

скохозыяйственного и промышленного назначения. Картографирование антропогенных объектов проводилось по прямым дешифровочным признакам: удлиненная прямоугольная форма (что характерно для хозяйственных построек, загонов для скота и т.д.), крыши построек отображаются различными оттенками – от серого до почти белого тона, а также могут иметь яркие неестественные цвета (синий, красный и т.д.) (рисунок 1) [3]. Характерной чертой для кошар, чабанских точек является их соединение между собой полевыми дорогами. Косвенные дешифровочные признаки промышленных построек: наличие большого количества открытых сооружений, соединенных между собой трубопроводами, автодорогами с твердым покрытием, наличием подъездных путей с цистернами. В связи с малым размером оба класса объектов не выражены в масштабе, поэтому отображены на схеме точечным способом. При полевых исследованиях проводилась оценка точности дешифрирования и фото-фиксация, а также определение видового состава растительности.



Рисунок 1 – Фрагмент космоснимка, демонстрирующий примеры антропогенных объектов
(1 – Астраханский газоперерабатывающий завод с транспортной инфраструктурой;

2 – чабанская точка (кошара) в окружении сильно сбитого участка пастбищ

Figure 1 – A fragment of a satellite image showing examples of anthropogenic objects
(1 – Astrakhan Gas Processing Plant with transport infrastructure; 2 – shepherd's point (sheepfold)
surrounded by a heavily knocked down pasture area)

Для дешифрирования материалов ДЗЗ и обработки векторных данных, а также создания итоговых картографических материалов использовалось программное обеспечение «QGIS 3.12».

Результаты и обсуждение. Всего по результатам дешифрирования выявлен 531 объект. Расположение животноводческих объектов на территории юга Астраханского Заволжья неравномерно: большая доля чабанских точек приходится на территорию Хара-

балинского района – 88,5% от общего числа (таблица 1), в то время как на территории Красноярского района расположено 11,5% от общего числа объектов, используемых скотоводами в период выпаса скота. По концентрации близко расположенных кошар и других сельскохозяйственных построек можно судить о поголовье скота в данном районе – чем выше концентрация, тем больше поголовье.

Таблица 1 – Пространственное распределение антропогенных объектов на территории юга Астраханского Заволжья

Table 1 – Spatial distribution of anthropogenic objects in the south of the Astrakhan Trans-Volga region

Муниципальный район / Municipal District	Всего объектов (шт) / Total Units (pcs)	Животноводческие объекты (шт) / Livestock facilities (pcs)	Промышленные объекты (шт) / Industrial facilities (pcs)
Харабалинский район / Kharabalinsky District	289 (54,4%)	286 (98,9%)	3 (1,1%)
Красноярский район / Krasnoyarsk District	242 (45,5%)	37 (15,3%)	205 (84,7%)

Расположение заводских объектов (3 шт.) на территории Харабалинского района приходится на северо-западную границу юга Астраханского Заволжья. В результате исследований получены данные по количеству промышленных объектов на территории Красноярского района Астраханской области – дешифрировано 205 объектов, большая часть которых является газодобывающими устройствами и располагается на территории Астраханского газоперерабатывающего завода (с. Джанай) (рисунок 2).

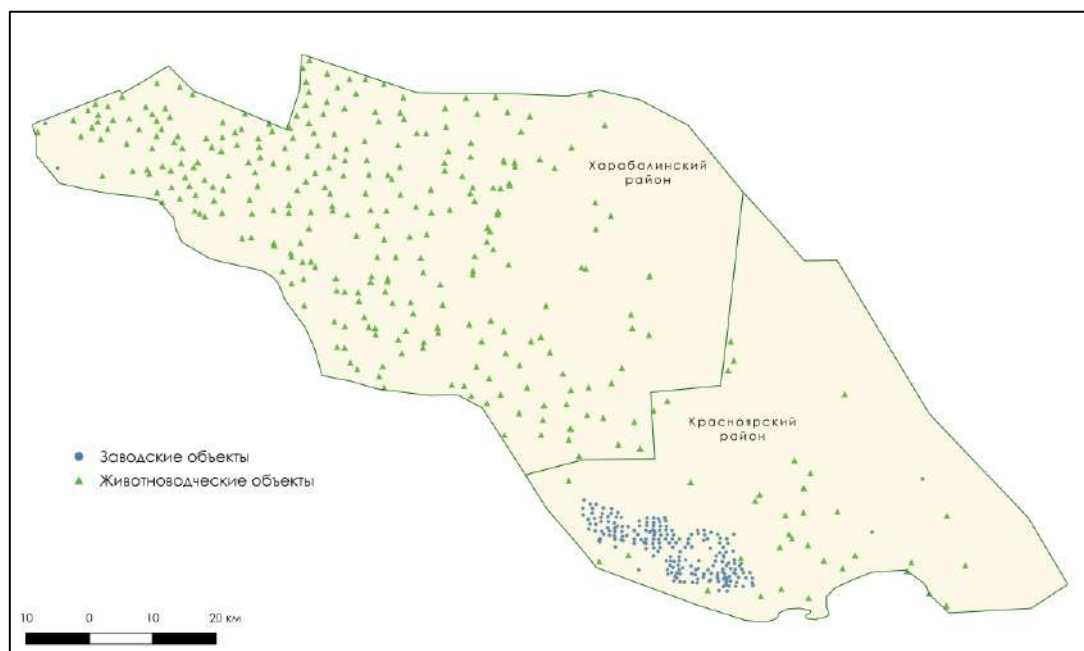


Рисунок 2 – Пространственное положение исследуемых объектов

Figure 2 – Spatial position of the objects under study

Концентрация сельскохозяйственных объектов возрастает с юга на север, что объясняется снижением аридизации климата (уменьшение годовых сумм осадков на фоне повышения среднегодовых температур) и засоленности территории, с которой связано сокращение видового разнообразия растительного покрова [2, 5]. Несмотря на то, что большая часть кошар не используется круглогодично, большую часть вегетационного периода пастбища вокруг них подвергаются значительной нагрузке [6]. В результате полевых исследований нами выявлено серьезное сокращение доли ценных кормовых видов в пастбищных фитоценозах в пользу плохопоедаемых, ядовитых или малоценных видов, что свидетельствует о деградации пастбищ и семенном опустынивании [7]. Поскольку Астраханское Заволжье является засушливым полупустынным регионом, естественное восста-

новление видового разнообразия затруднено, особенно в условиях возрастающей аридизации климата. Также большое влияние оказывает ветровая нагрузка – при критических скоростях ветра происходит иссечение вегетативных органов растений, а находящиеся в верхнем слое легких почв семена могут быть сдuty вместе с минеральными частицами [8-10]. Астраханский газоперерабатывающий завод не играет существенной роли в этом процессе, это подтверждается тем, что площадь очагов опустынивания юго-западной части Прикаспийской впадины (Прикаспийская НГП), в 60 км к северо-востоку от г. Астрахань менее динамична [2].

Однако стоит учитывать, что промышленная деятельность может оказывать косвенное воздействие на окружающую среду, что может способствовать усугублению существующих проблем опустынивания в регионе. Для функционирования промышленных объектов, включая газоперерабатывающие заводы, требуется значительное количество воды. Если источники воды истощены или не управляются рационально, это может привести к дефициту воды и повлиять на местные экосистемы, потенциально усугубляя опустынивание. Для газоконденсатного завода Астраханской области эта проблема может быть слабо выражена, в связи с близостью р. Волга.

В 2021-2023 гг. проводились полевые исследования на территории обоих районов, в ходе которых определялась степень антропогенной нагрузки на территорию вблизи объектов обоих классов, определен видовой состав растительности (рисунок 3).



Рисунок 3 – Материалы экспедиции. 1 – Песчаный массив на территории Хараблинского района Астраханской области (18.05.2022); 2 – Чабанская точка (кошара) на территории Красноярского района Астраханской области (12.09.2023)

Figure 3 – Expedition materials. 1 – Sand massif on the territory of the Kharablinsky district of the Astrakhan region (05/18/2022); 2 – shepherd's point (sheepfold) on the territory of the Krasnoyarsk district of the Astrakhan region (09/12/2023)

Выявлена существенная деградация пастбищ, выраженная в сокращении количества ценных в кормовом отношении видов растений. В ходе верификации данных дешифрирования материалов ДЗЗ определено, что достоверность распознавания антропогенных объектов при использовании экспертного метода превышает 95%.

Выводы. На основе экспертного визуального дешифрирования идентифицировано более 500 объектов, которые относятся как к заводским постройкам, так и к животноводческим точкам (кошарам). Распределение объектов на территории исследования неравномерно – 289 антропогенных объектов приходится на территорию Харабалинского района и 242 объекта расположено в Красноярском районе Астраханской области. Положение сельскохозяйственных объектов в пространстве связано с засолением и засушливостью климата; большая часть промышленных объектов приурочены к месторождению сырья.

В результате полевых исследований нами выявлено серьезное сокращение доли ценных кормовых видов в пастбищных фитоценозах в пользу плохоедаемых или ядовитых видов, что свидетельствует о выраженной деградации пастбищ. Использование ГИС-технологий и данных ДЗЗ при анализе пространственного распределения антропогенных объектов значительно сокращает трудозатраты и повышает оперативность работ.

Крайне важно внедрять методы устойчивого управления земельными ресурсами, экологические нормы и просветительские программы для снижения антропогенной нагрузки на территорию Астраханской области. Надлежащее сохранение почв, ответственные методы ведения сельского хозяйства, усилия по восстановлению пастбищ и меры по борьбе с опустыниванием необходимы для снижения риска ведения сельского хозяйства и поддержания экологического баланса региона.

Conclusions. On the basis of expert visual interpretation, more than 500 objects were identified, which belong to both factory buildings and livestock points (sheepfold). The distribution of objects in the study area is uneven: 289 anthropogenic objects are located in the Kharabalinsky District and 242 objects are located in the Krasnoyarsk District of the Astrakhan Region. The position of agricultural objects in space is associated with salinity and aridity of the climate; Most of the industrial facilities are confined to the raw material deposit.

As a result of field research, we have revealed a serious reduction in the share of valuable fodder species in pasture phytocenoses in favor of poorly eaten or poisonous species, which indicates a pronounced degradation of pastures. The use of GIS technologies and remote sensing data in the analysis of the spatial distribution of anthropogenic objects significantly reduces labor costs and increases the efficiency of work.

It is extremely important to introduce methods of sustainable land management, environmental standards and educational programs to reduce the anthropogenic load on the territory of the Astrakhan region. Proper soil conservation, responsible agricultural practices, pasture restoration efforts and measures to combat desertification are essential to reduce the risk of agriculture and maintain the ecological balance of the region.

Библиографический список

1. Тютюма Н. В., Булахтина Г. К., Тютюма Н. А. Антропогенный фактор опустынивания аридных территорий Астраханской области. Аридные экосистемы. 2023. Т. 29. № 1 (94). С. 53-58.
2. Дорошенко В. В., Мелихова А. В. Оценка проявлений опустынивания в Астраханском Заволжье по данным дистанционного зондирования Земли. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 239-246.
3. Васильченко А. А., Выприцкий А. А. Методика идентификации антропогенных изменений аридных ландшафтов. Грани познания. 2020. № 5 (70). С. 75-81.
4. Рулев А. С., Юферов В. Г., Юферов М. В. Методология геоинформационного моделирования. Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. 2011. № 5. С. 5-6.
5. Мелихова А. В. Картографирование процессов опустынивания в Астраханском Заволжье с применением ГИС-технологий. Научно-агрономический журнал. 2023. № 3 (122). С. 40-45.
6. Кулик К. Н. Агролесомелиоративное картографирование и фитоэкологическая оценка аридных ландшафтов. Волгоград: изд. ВНИАЛМИ, 2004. 248 с.
7. Радочинская Л. П., Кладиев А. К., Рыбашлыкова Л. П. Продукционный потенциал восстановленных пастбищ Северо-Западного Прикаспия. Аридные экосистемы. 2019. Т. 25. № 1 (78). С. 61-68.
8. Шинкаренко С. С. и др. Пыльные бури на юге европейской части России в сентябре-октябре 2020 г. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 291-296.
9. Дорошенко В. В. Пыльные бури на востоке Ставропольского края в 2017-2022 гг. Вопросы степеведения. 2023. № 3. С. 41-48.
10. Шинкаренко С. С. и др. Анализ влияния антропогенных нагрузок на процессы опустынивания в Северном Прикаспии по спутниковым данным. Исследование Земли из космоса. 2023. № 3. С. 44-57.

References

1. Tyutyuma N. V., Bulakhtina G. K., Tyutyuma N. A. Anthropogenic Factor of Desertification of Arid Territories of the Astrakhan Region. *Arid ecosystems*. 2023. V. 29. № 1 (94). Pp. 53-58.
2. Doroshenko V. V., Melikhova A. V. Assessment of desertification manifestations in the Astrakhan Trans-Volga region based on Earth remote sensing data. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. № 2 (70). Pp. 239-246.
3. Vasilchenko A. A., Vypritsky A. A. Methods of Identification of Anthropogenic Changes in Arid Landscapes. *Facets of cognition*. 2020. № 5 (70). Pp. 75-81.
4. Rulev A. S., Yuferev V. G., Yuferev M. V. Methodology of Geoinformation Modeling. *Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2011. № 5. Pp. 5-6.
5. Melikhova A. V. Mapping of desertification processes in the Astrakhan Trans-Volga region using GIS technologies. *Scientific and Agronomic Journal*. 2023. № 3 (122). Pp. 40-45.
6. Kulik K. N. *Agroforestry Mapping and Phytoecological Assessment of Arid Landscapes*. Volgograd: izd. VNIALMI, 2004. 248 p.
7. Radochinskaya L. P., Kladiev A. K., Rybashlykova L. P. Production potential of restored pastures of the North-Western Caspian region. *Arid ecosystems*. 2019. V. 25. № 1 (78). Pp. 61-68.
8. Shinkarenko S. S. et al. Dust Storms in the South of the European Part of Russia in September-October 2020. 2020. V. 17. No 5. Pp. 291-296.
9. Doroshenko V. V. Dust Storms in the East of the Stavropol Territory in 2017-2022. 2023. № 3. Pp. 41-48.
10. Shinkarenko S. S. et al. Analysis of the impact of anthropogenic loads on desertification processes in the Northern Caspian region based on satellite data. *Exploration of the Earth from space*. 2023. № 3. Pp. 44-57.

Информация об авторе

Мелихова Алина Владимировна, лаборант-исследователь, ФНЦ агроэкологии РАН (Российская Федерация, 400062, г. Волгоград, пр-т Университетский, 97), e-mail: melihova-a@vfanc.ru

Author's Information

Melikhova Alina Vladimirovna, Research Laboratory Assistant, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, 400062, Volgograd, Universitetsky Ave., 97), e-mail: melihova-a@vfanc.ru

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ /
ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE**

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-25

**THE EFFICIENCY OF USING NEW FEED ADDITIVES
IN THE PRODUCTION OF ANIMAL HUSBANDRY PRODUCTS (REVIEW)**^{1,2}Gorlov I. F., ^{1,2}Slozhenkina M. I., ¹Nikolaev D. V., ¹Giro M. V.,
^{1,3}Vorontsova E. S., ¹Surkova S. A., ¹Abramov S. V., ²Mosolova E. A.¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation³Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 16.12.2024

Submitted 02.02.2025

**The research was carried out within the framework of the implementation of the state assignment of
VRIMMP № 125020701763-0.****Abstract**

Introduction. The development and improvement of technologies for fattening and raising farm animals using new feed additives that help improve the quality of diets, improve the digestibility and nutritional value of feed, which ultimately increases the production of animal husbandry products with improved quality parameters, are actuality and in demand. **Object.** Lactating cows of Red Steppe breed, bulls of Kazakh White-Headed breed and their crosses from 8 to 16 months of age, bulls of the Black-and-White breed aged 3 to 18 months, piglets of Large White breed from 10 to 70 days of age, laying hens of Hisex Brown cross. **Materials and methods.** All studies presented in the article were conducted using generally accepted zootechnical methods. **Results and conclusions.** The use of new feed additives, which are created on the basis of natural local raw materials, in the diets of farm animals helps to improve the quality of feed, increase its digestibility and ultimately increase the production of animal husbandry products. These studies make a significant contribution to strengthening the industrial production of livestock products, and it also a priority in ensuring food security of the country.

Keywords: lactating cows, Red Steppe breed of cows, bulls of the Kazakh white-headed breed, bulls of the Black-and-White breed, piglets of the large white breed, laying hens, cross "Hisex Brown".

Citation. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., Giro M. V., Vorontsova E. S., Surkova S. A., Abramov S. V., Mosolova E. A. The efficiency of using new feed additives in the production of animal husbandry products (review). *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 242-250 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-25.

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 636.083/.084

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ КОРМОВЫХ ДОБАВОК
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА (ОБЗОР)**

^{1,2}Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН
^{1,2}Сложенкина М. И., доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН
¹Николаев Д. В., доктор сельскохозяйственных наук
¹Гиро М. В., кандидат биологических наук
^{1,3}Воронцова Е. С., кандидат биологических наук
¹Суркова С. А., старший научный сотрудник
¹Абрамов С. В., кандидат ветеринарных наук
²Мосолова Е. А., студент

¹Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции
г. Волгоград, Российская Федерация

²Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация

³ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

**Исследования проведены в рамках выполнения государственного задания
ГНУ НИИММП № 125020701763-0.**

Актуальность. Разработка и совершенствование технологий откорма и выращивания сельскохозяйственных животных с применением новых кормовых добавок, способствующих улучшению качественных показателей рационов, улучшению переваримости и питательности кормов, что в ко-

нечном итоге увеличивает производство животноводческой продукции с улучшенными параметрами качества, являются актуальными и востребованными. **Объект.** Лактирующие коровы красной степной породы, бычки казахской белоголовой породы и их помеси от 8- до 16-месячного возраста, бычки черно-пестрой породы в возрасте от 3 до 18 месяцев, поросята крупной белой породы от 10- до 70-дневного возраста, куры-несушки кросса «Хайсекс Браун». **Материалы и методы.** Все представленные в статье исследования проводились с использованием общепринятых зоотехнических методов. **Результаты и выводы.** Применение новых кормовых добавок, которые созданы на основе натурального местного сырья, в рационах сельскохозяйственных животных способствует улучшению качества кормов, повышению их усвояемости и в конечном итоге увеличению производства животноводческой продукции. Эти исследования вносят весомый вклад в укрепление промышленного производства животноводческой продукции, а также являются приоритетным направлением в обеспечении продовольственной безопасности страны.

Ключевые слова: лактирующие коровы, красная степная порода коров, бычки казахской белоголовой породы, бычки черно-пестрой породы, поросята крупной белой породы, куры-несушки, кросс «Хайсекс браун».

Цитирование. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В., Гиро М. В., Воронцова Е. С., Суркова С. А., Абрамов С. В., Мосолова Е. А. Эффективность использования новых кормовых добавок при производстве продукции животноводства (обзор). *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 242-250. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-25.

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. Одними из приоритетных направлений развития аграрно-промышленного комплекса России являются совершенствование и разработка новых технологий, направленных на производство высококачественной сельскохозяйственной продукции, и в первую очередь животного происхождения, создающих основу для формирования прочного фундамента продовольственной безопасности и независимости страны [14, 19, 30]. Ведущая роль в этом принадлежит аграрной науке. Общеизвестно, что ЮФО является аграрным регионом, где сосредоточено более 15% земель, относящихся к сельскохозяйственным угодьям РФ (33730 тыс. га). В 2023 году в ЮФО произведено животноводческой сельскохозяйственной продукции (%): говядины – 14; баранины и козлятины – 26; свинины – 5,5; мяса птицы – 9,8; молока – 11; яиц – 10,8 от общего объема в России [21, 24]. Несмотря на довольно высокие показатели ЮФО по производству сельскохозяйственной продукции, по нашему мнению, имеется возможность для повышения интенсификации промышленного производства за счет применения наиболее прогрессивных научных разработок в практическом животноводстве [15, 23]. Поэтому исследования, направленные на увеличение объема производства животноводческой продукции и повышение ее качества, внесут весомый вклад в обеспечение продовольственной независимости не только региона, но и страны в целом [17, 27].

Современные исследования направлены на улучшение рационов кормления животных, которое возможно за счет введения в них новых кормовых добавок, средств, премиксов и др., способствующих не только улучшению питательности и качественных показателей рационов, но и прижизненной коррекции их продуктивных особенностей [2, 5, 7, 9, 12, 22, 24, 29]. Вместе с этим изучается влияние разных генотипов животных, полученных в результате скрещивания, на увеличение производства животноводческой продукции [3, 6, 8, 10, 13, 16, 18, 25, 26, 28]. Всё это в купе можно представить в виде научной новизны рассматриваемых разработок. Научные изыскания основываются на разработке методических подходов к ресурсосберегающим экологически безопасным технологиям производства и переработки продукции животноводства, направленным на использование региональных генетических ресурсов сельскохозяйственных животных, с помощью введения в технологии производства новых кормовых добавок различной функциональной направленности с целью получения пищевой продукции, обладающей биологической полноценностью и имеющей социальную составляющую.

Цель исследований – изучить современные тенденции по выращиванию и откорму сельскохозяйственных животных, направленные на увеличение животноводческой продукции.

Материалы и методы. Научно-исследовательская работа проводилась в: ПЗК имени «Ленина», АО «Бердиевский элеватор», СП «Светлый» АО «Агрофирма «Восток», агропредприятия «Светлый» ООО «Фермерская компания Восток», ООО «Крестьянский двор» (р.п. Даниловка) Волгоградской области, НИЦ ООО «МегаМикс» (г. Москва), ООО «Птицефабрика «Ирбитская» (п.г.т. Пионерский, Свердловская обл.), ОАО «Ильиногорское» (р.п. Ильиногорск, Нижегородская область), ООО НПО «Уралбиовет» (г. Екатеринбург), РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству» (г. Жодино, Республика Беларусь).

Исследования на лабораторных животных проводились согласно «Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных» (приложение к приказу Министерства здравоохранения СССР от 12.08.1977 г. № 755). Постановка научно-исследовательских экспериментов выполнялась с использованием следующих методик: «Основы опытного дела» (Овсянников А. И., М.: Колос, 1976), «Методика организации зоотехнических опытов» (Викторов П. И., Менькин В. К., М.: «Агропромиздат», 1991), «Анализ статистических данных с использованием Microsoft Excel для Office XP» (Мидлтон М. Р., М.: Бином. Лаборатория изданий, 2005), «Математическое обеспечение эксперимента в животноводстве» (Куликов Л. В., Никишов А. А., М.: Изд-во РУДН, 2006), «Statistics Principles and Methods» (Johnson R. A. and Bhattacharyya G. K., USA: John Wiley and Sons, Inc., 2010), «Методические указания по организации и проведению НИР» (М., 2013).

При использовании в кормлении животных и птиц новых кормовых добавок проводили необходимые расчеты по составлению рационов кормления с использованием программы «КормОптимизатор». Корректировку кормления осуществляли согласно общепринятым нормам кормления сельскохозяйственных животных и птиц.

Результаты и обсуждение. На экспериментальном поголовье лактирующих коров красной степной породы проведены исследования по изучению влияния лактулозосодержащих кормовых добавок «Глималаск-Лакт» и «ЛактуВет-Я», при включении их в рацион из расчета по 0,5% к массе комбикорма, на молочную продуктивность животных, а также установлено их воздействие на качественные показатели производимого молока. Для проведения исследования было сформировано три группы коров методом пар-аналогов: контрольная, первая и вторая опытные. Каждая группа включала по 15 голов, подобранных с учетом возраста, живой массы, уровня продуктивности и стадии лактации.

Установлено, что за 300 дней лактации самые высокие показатели молочной продуктивности наблюдались у коров II опытной группы, где средний суточный удой составлял 18,29 кг, что на 1,1 кг или 6,01% больше, чем в контрольной группе. У коров I опытной группы продуктивность составила 18,13 кг, увеличившись на 0,94 кг или 5,46% относительно контроля. Эти результаты свидетельствуют о положительном влиянии добавок на молочную продуктивность коров в опытных группах. Включение кормовой добавки в рацион коров I опытной группы привело к увеличению уровня белка на 0,11%, а жира – на 0,12% по сравнению с показателями контрольной группы. Введение добавки «Глималаск-Лакт» в рацион II опытной группы способствовало получению молока с содержанием жира, превышающим контрольные значения на 0,14%, и белка – на 0,12%. На основании проведенного исследования установлено, что прибыль от реализации молока, полученного от коров, в рационы кормления которых были включены кормовые добавки «ЛактуВет-Я» (ТУ 10.91.10-277-10514645-2024) и «Глималаск-Лакт» (ТУ 10.91.10-278-10514645-2024), увеличилась на 36 и 40 руб. на каждую корову, а уровень рентабельности производства – соответственно на 4,0 и 5,4% [11, 18].

Экспериментальные исследования по изучению влияния частоты кормления на показатели белкового обмена в рубце и эффективность использования протеина в организме молодняка крупного рогатого скота были выполнены в физиологическом корпусе РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по животноводству». В эксперименте участвовали бычки черно-пестрой породы в возрасте 3-6, 6-9, 9-12 и 12-18 месяцев. В процессе проведения опытов определена усвояемость протеина концентрированных высокобелковых кормов через различные промежутки времени и установлена динамика его распада. Изучение расщепления высокобелковых кормов в рубце проводи-

лось при разной величине интервалов между кормлениями. В контрольной группе кормление проводилось с интервалом в 8 часов, а в опытной – 12 часов. В контрольной группе животные получали смесь концентратов в размолотом виде, а в опытной – смесь, подвергнутую экструдированию и размолоту. В ходе проведения опытов были отобраны образцы рубцовой жидкости и изучена расщепляемость протеина концентрированных кормов. Также определены гематологические показатели и энергия роста подопытных животных.

Проведенными исследованиями доказано положительное влияние трехразового кормления на физиологическое состояние животных, показатели их рубцового пищеварения и белковый обмен у бычков в возрасте 3-6 месяцев. В группе, которая получала корм три раза в день, обнаружено увеличение содержания общего азота в рубцовой жидкости на 7,8% и количества инфузорий – на 3,2%. В то же время концентрация аммиака, напротив, снижалась на 6,7%, что говорит о более эффективном использовании протеина в рубце и ускорении процессов микробного синтеза. Трехразовое кормление способствовало повышению эффективности продуктивного действия корма. Среднесуточный прирост живой массы увеличился на 4,9%. В итоге затраты кормов снизились на 2,3%, а затраты протеина – на 2,8%. Увеличение среднесуточного прироста живой массы способствовало повышению прибыли от реализации дополнительной продукции на 7,3% по сравнению с контрольной группой [20].

Определены оптимальные нормы добавления лактозы в заменители цельного молока и исследована эффективность их применения в кормлении молодняка крупного рогатого скота в возрасте от 30 до 65 дней. Для проведения исследований по принципу аналогов были сформированы 4 группы молодняка крупного рогатого скота (по 10 голов в каждой) в возрасте 30 дней. Особенности кормления молодняка крупного рогатого скота заключались в том, что телята 1-й (контрольной) группы в составе рациона получали цельное молоко, а во 2-й, 3-й и 4-й опытных – заменитель цельного молока с включением соответственно 30, 35 и 40% лактозы. Условия содержания опытных животных были одинаковыми, кормление – двукратное. Заменитель цельного молока изготавливался непосредственно перед каждым кормлением животных.

В результате проведенных исследований установлено, что использование заменителей цельного молока с содержанием молочного сахара 35 и 40% в рационе молодняка крупного рогатого скота оказывает положительное влияние на физиологическое состояние животных. Это позволяет увеличить среднесуточный прирост живой массы на 3,5 и 8,7% при одновременном снижении затрат кормов на 3,0 и 8,0%, а также уменьшить себестоимость прироста живой массы на 28 и 21,3% соответственно [4].

Выявлена зависимость плодовитости первотелок мясного направления продуктивности от их генотипа и живой массы. С этой целью решались следующие задачи: определить среднесуточный прирост живой массы животных, живую массу первого осеменения и отела, рассчитать продолжительность межотельного и сервис-периода, а также коэффициент воспроизводительной способности и индекс Дохи.

Опыт проводился в условиях ведущего сельхозпредприятия Волгоградской области АО «Бердиевский элеватор». Для оценки плодовитости телок были сформированы 4 группы: контрольная – чистопородные (калмыцкая), I опытная – ½ помеси (калмыцкая х симментальская), II опытная – ½ помеси (калмыцкая х герефордская) и III опытная – ½ помеси (калмыцкая х казахская белоголовая). Весь подопытный молодняк находился в одинаковых условиях содержания и кормления, был здоровым и проходил ежемесячное взвешивание до первого отёла и после него. Новорождённые тёлочки до шестимесячного возраста находились на подсосе вместе с матерями. Исследование репродуктивной способности телок проводилось в три этапа: половое созревание, эстральный цикл с осеменением, стельность, отел и послетельный период. Изучались такие показатели, как среднесуточный прирост, живая масса при первом осеменении и отёле, интервал между отёлами и сервис-период. Осеменение телок и первотелок всех групп проводилось искусственным осеменением высококачественной спермой быков соответствующих пород. Регистрировалась продолжительность беременности и сервис-период после отёла.

Коэффициент воспроизводительной способности коров (КВС) рассчитывали по формуле:

$$\text{КВС} = 365 / \text{средний межотельный период (дни)}.$$

Индекс Дохи (Т) определяли по формуле:

$$T = 100 - (K + 2i),$$

где К – возраст первого отёла коровы, мес.; i – средний межотельный период, мес.

Исследования показали, что животные с массой более 500 кг при первом отёле обладают лучшими репродуктивными качествами. У этих животных межотельный период соответствует норме для мясных пород, а показатели плодовитости за весь период использования выше, чем у чистокровных и помесных коров. Полученные экспериментальные данные убедительно доказывают, что генотип и живая масса существенно влияют на плодовитость животных мясного направления продуктивности. Можно предположить, что крупные животные лучше подготовлены к первому лактационному процессу, а скрещивание калмыцкого скота с герефордским позволяет выращивать тёлочек с более высокими репродуктивными способностями. Живая масса тёлочек в подопытных группах при первом осеменении варьировала от 359,3 до 387,7 килограммов. Наибольшей живой массой при первом осеменении отличались тёлочки из II опытной группы. Их преимущество перед животными из контрольной группы составило 28,4 килограмма или 7,90% ($P \leq 0,001$). Расчет экономической эффективности показал, что при использовании помесных животных, полученных в результате скрещивания калмыцкой породы с породой герефорд, дополнительной прибыли получается больше на 3692 руб. или 12,6%. Это отразилось и на повышении уровня рентабельности производства на 3,4% по сравнению с контрольной группой.

Изучение эффективности применения новой кормовой добавки «Лецитомакс» на основе лецитина в свиноводстве проводили на поросятах-сосунах (возраст 7 суток) и поросятах-отъёмышях (возраст 2 месяца) крупной белой породы. В ОАО «Ильиногорское» (р.п. Ильиногорск, Нижегородская область) на 414 головах свиней было экспериментально осуществлено 2 опыта, в которых участвовало 198 поросят-отъёмышей и 216 поросят-сосунов. Для оценки эффективности применения кормовой добавки в каждой половозрастной группе из подопытного поголовья свиней формировали 2 опытные и 1 контрольную группы. Количество животных в каждой из подопытных групп было одинаковым.

В опыте на поросятах-отъёмышях контрольная и опытные группы сформированы из 66 голов в каждой группе. Животные опытных групп кормовую добавку получали в течение 30 суток опыта.

В опыте на поросятах-сосунах контрольная и опытные группы сформированы из 72 голов в каждой группе. Животные опытных групп кормовую добавку получали в течение 23 суток опыта.

Наблюдение за подопытными животными проводили ежедневно с момента начала эксперимента (в течение 60 суток в опыте на поросятах-отъёмышях; в течение 30 суток в опыте на поросятах-сосунах). Контроль живой массы осуществляли взвешиванием 10 голов из каждой контрольной и опытной группы в опыте на поросятах-отъёмышях в первые сутки, далее на 30 и 60 сутки, в опыте на поросятах-сосунах – в первые сутки, далее на 7 и 30 сутки.

Применение при выращивании поросят новой кормовой добавки «Лецитомакс» в минимальной и максимальной рекомендованных дозах имеет благоприятное воздействие на их живую массу, гематологические показатели, переваримость и усвояемость питательных веществ корма. В результате исследований установлено, что по абсолютному приросту живой массы экспериментальные поросята-сосуны превосходили контрольных на 0,27 кг или 5,4% в первой опытной группе и на 0,42 кг или 8,4% во второй опытной группе, а поросята-отъёмышы – соответственно на 1,18 кг или 10,97% и 2,07 кг или 19,24%. При реализации дополнительной продукции прибыли было получено больше в опытных группах поросят-сосунов по сравнению с контрольной группой на 29,7 и 46,2 руб., поросят-отъёмышей – на 129,8 и 227,7 руб. соответственно.

Воздействие новой кормовой добавки «Остоферол-кальций» на клиническое состояние и сохранность поголовья, динамику живой массы, гематологические показатели и продуктивные качества изучали при включении её в рацион кур-несушек кросса Хайсекс

Браун в возрасте 36 недель в условиях ООО «Птицефабрика «Ирбитская» (п.г.т. Пионерский, Свердловская обл.). Объектом исследований помимо с.-х. птицы являлась новая минеральная добавка «Остоферол-кальций», разработанная ООО НПО «Уралбиовет» (г. Екатеринбург). По принципу аналогов были сформированы две группы кур-несушек (по 30 голов в каждой) с учетом возраста и уровня продуктивности. Содержание, кормление и поение кур и той, и другой группы было идентичным, однако в рацион опытной группы еще вводилась новая кормовая добавка. Птица контрольной группы получала воду без исследуемой добавки, опытной – минеральную добавку «Остоферол-кальций» в количестве 1 л на 1000 л воды для выпойки путем смешивания требуемого количества добавки с питьевой водой.

В результате проведенных исследований получены следующие данные: в группе несушек, получавших кормовую добавку «Остоферол-кальций» в форме раствора из расчета 1 л на 1000 л воды, в соответствии со схемой применения, на 60 сутки опыта показатели яйценоскости, живая масса кур-несушек, сохранность и показатели качества яйца были достоверно выше по сравнению с аналогами контроля. Улучшение показателей, по-видимому, объясняется лучшим состоянием костяка и качества скорлупы яиц при применении минеральной добавки, что стало результатом более полного обеспечения птицы элементами – кальцием и магнием, витамином D₃. За 60 суток яйцекладки показатели яичной продуктивности и интенсивности яйценоскости кур в опытной группе были достоверно выше, чем в контроле, на 5,90 ($P \leq 0,05$) и 4,81% ($P \leq 0,05$). Это позволило увеличить стоимость реализации дополнительной продукции в расчете на 100 яиц на 550,68 руб. [1].

Выводы. Применение новых кормовых добавок, которые созданы на основе натурального местного сырья, в рационах сельскохозяйственных животных способствует улучшению качества кормов, повышению их усвояемости и в конечном итоге увеличению производства животноводческой продукции.

Эти исследования вносят весомый вклад в укрепление промышленного производства животноводческой продукции, а также являются приоритетным направлением в обеспечении продовольственной безопасности страны.

Conclusions. The use of new feed additives, which are created on the basis of natural local raw materials, in the diets of farm animals helps to improve the quality of feed, increase its digestibility and ultimately increase the production of animal husbandry products.

These studies make a significant contribution to strengthening the industrial production of livestock products, and it also a priority in ensuring food security of the country.

Библиографический список

1. Абрамов С. В., Балышев А. В., Мосолов А. А., Сложенкина М. И., Калинина Н. В., Струк Е. А. Эффективность применения кормовой добавки «Остоферол-кальций» в рационах кур-несушек. Аграрно-пищевые инновации. 2024. Т. 25. № 1. С. 64-73.
2. Гиро М. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Воронцова Е. С., Мосолов А. А., Черников Е. В. Использование йодсодержащих кормовых добавок при производстве говядины. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 434-441.
3. Гиро М. В., Гаряев Ю. С. Исследование влияния новой кормовой добавки «Протойодиум» на биохимический состав говядины, обогащенной йодом. Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 3 (23). С. 75-82.
4. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Радчиков В. Ф., Кот А. Н., Цай В. П. Повышение эффективности выращивания телят в послемолочный период. Аграрно-пищевые инновации. 2021. № 2 (14). С. 29-42.
5. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В., Мосолова Н. И., Воронцова Е. С., Ткаченко Н. А., Пузанкова В. А., Мороз Н. Н. Эффективность использования новой кормовой добавки в поздний сухостойный период коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 322-332.
6. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Сложенкина М. И., Струк Е. А., Струк А. Н., Дробязко О. Ю. Влияние новых видов кормов из местных растительных ресурсов на иммунный статус, зоотехнические и гематологические показатели кур-несушек. Животноводство и кормопроизводство. 2023. № 1 (106). С. 203-214.
7. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Хорошевская Л. В., Струк Е. А., Дробязко О. Ю., Мосолова Д. А., Сложенкина А. А. Использование амарантового жмыха для повышения продуктивности и качества цыплят племенной яичной птицы. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 2. С. 56-60.
8. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В., Церенов И. В., Громова А. О., Гишралкаев А. Е., Юлдашбаев Ю. А., Магомадов Т. А. Влияние лактулозосодержащей кормовой добавки на мясную продуктивность баранчиков калмыцкой курдючной породы и качество копченых колбас. Овцы, козы, шерстяное дело. 2023. № 2. С. 46-51.
9. Горлов И. Ф., Хорошевская Л. В., Сложенкина М. И., Мосолов А. А., Мирошник А. С., Водяников В. И. Новые технологии производства свинины с включением кормового полисахаридного экстракта. Свиноводство. 2023. № 3. С. 55-60.
10. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолов А. А., Мирошник А. С., Миронова И. В., Шахбазова О. П., Раджабов Р. Г. Влияние новой пребиотической кормовой добавки на естественную резистентность и продуктивность свиней крупной белой породы. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2023. № 3 (67). С. 36-41.

11. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Сложенкина М. И., Ткаченко А. А., Гришин В. С., Обрушников Л. Ф., Мусаев Р. У. Влияние новых кормовых добавок на продуктивность коров красной степной породы. Аграрный вестник Урала. 2023. № 4 (233). С. 61-69.
12. Горлов И. Ф., Калинина Н. В., Рудковская А. В., Струк Е. А., Сложенкина М. И., Мосолов А. А. Влияние фосфатидов и бишофита на зоотехнические показатели, гематологический и иммунный статус кур-несушек кросса Хайсекс Браун. Птицеводство. 2023. № 6. С. 19-26.
13. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Анисимова Е. Ю., Мосолова Д. А., Шахбазова О. П., Раджабов Р. Г. Взаимосвязь минерального состава говядины и продуктивности бычков разных генотипов. Зоотехния. 2023. № 5. С. 15-19.
14. Зюкин Д. А., Фомин О. С., Скрипкина Е. В., Латышева З. И., Жилинкова Л. А., Лисицына Ю. В. Развитие сельскохозяйственного производства России в условиях социально-экономических диспропорций. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 6. С. 188-194.
15. Индикаторы цифровой экономики: 2024: статистический сборник. М.: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 276 с.
16. Карпенко Е. В., Мосолов А. А., Громова А. О. Восстановление пастбищ, обедненных растительным покровом, засушливых регионов Нижнего Поволжья. Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 1 (21). С. 32-41.
17. Кониная Е. А., Рыжкова О. И., Доронина С. А. Структурные изменения аграрного производства регионов Приволжского федерального округа. Экономика сельского хозяйства России. 2023. № 11. С. 81-87.
18. Обрушников Л. Ф., Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Николаев Д. В., Суркова С. А., Брехова С. А. Экстерьерные особенности, молочная продуктивность и качество молока коров красной степной породы при использовании в рационах новых пребиотических кормовых добавок. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 63-74.
19. Пахомова Е. В. Ценовая политика на продовольственном рынке Российской Федерации. Славянский форум. 2022. № 3 (37). С. 128-137.
20. Радчиков В. Ф., Кот А. Н., Васильюк О. Я., Карповский В. И., Трокоз В. А., Данчук В. В., Кладницкая Л. В., Криворучко Д. И., Пашенко А. Г. Зависимость показателей белкового обмена в рубце молодняка крупного рогатого скота от способов измельчения высокобелковых концентрированных кормов. Зоотехническая наука Беларуси. 2021. № 56 (1). С. 268-277.
21. Рыжкова О. И., Гоголев И. М., Доронина С. А. Производственно-экономическая оценка конкурентных позиций сельских товаропроизводителей на региональном агропродовольственном рынке. Менеджмент: теория и практика. 2023. № 1-2. С. 9-16.
22. 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 Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 379-385.
23. Сельское хозяйство в России. 2023: стат. сб. М.: Росстат, 2023. 103 с.
24. Семин А. Н., Гоголев И. М., Марковина Е. В., Доронина С. А. Региональные особенности структурных изменений развития животноводства. Агропродовольственная политика России. 2024. № 1. С. 15-20.
25. Сложенкина М. И., Горлов И. Ф., Сеидави А. Перспективные направления научных исследований в области производства и переработки животноводческой продукции. Аграрно-пищевые инновации. 2020. № 3 (11). С. 22-34.
26. Струк Е. А., Струк А. Н., Комарова З. Б., Калинина Н. В., Дробязко О. Ю. Использование нового вида кормового ресурса в рационах кур родительского стада кросса «Хайсекс коричневый». Аграрно-пищевые инновации. 2023. № 1 (21). С. 53-70.
27. Сутыгина А. И. Национальная продовольственная независимость в условиях кризиса. Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 6. С. 2-8.
28. Хорошевская Л. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Абраменко Е. Г. Внедрение технологии полной переработки побочных продуктов свеклосахарного и молочно-перерабатывающего производств. Эффективное животноводство. 2023. № 3 (185). С. 46-50.
29. Хорошевская Л. В., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолов А. А., Струк Е. А., Абраменко Е. Г. Внедрение новой технологии производства комбикорма с включением кормового полисахаридного экстракта. Ветеринария и кормление. 2023. № 4. С. 80-83.
30. Шайтура Н. С., Останкова Н. В., Родина Е. А., Белю Л. П., Зеленова Г. Я. Продовольственная безопасность России и экономические механизмы ее обеспечения. Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 7. С. 209-216.

References

1. Abramov S. V., Balyshev A. V., Mosolov A. A., Slozhenkina M. I., Kalinina N. V., Struk E. A. Efficiency of using the feed additive "Ostospherol-calcium" in the diets of laying hens. Agrarian-and-food innovations. 2024. № 1 (25). Pp. 64-73.
2. Giro M. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Vorontsova E. S., Mosolov A. A., Chernikov E. V. The use of iodine-containing feed additives in the production of beef. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023. № 1 (69). Pp. 434-441.
3. Giro M. V., Garyaev Y. S. Study of the effect of the new feed additive "Protojodium" on the biochemical composition of beef enriched with iodine. Agrarian-and-food innovations. 2023. № 3 (23). Pp. 75-82.
4. Gorlov I. F., Slozhenkina M. N., Radchikov V. F., Kot A. N., Tzai V. P. Increasing the efficiency of calves rearing in the post-daily period. Agrarian-and-food innovations. 2021. № 2 (14). Pp. 29-42.
5. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Khoroshevskaya L. V., Mosolova N. I., Vorontsova E. S., Tkachenkova N. A., Puzankova V. A., Moroz N. N. Effectiveness of a new feed additive in late drying period of cows. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2023. № 1 (69). Pp. 322-332.
6. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Slozhenkina M. I., Struk E. A., Struk A. N., Drobzyazko O. Y. The effect of new types of feed from local plant resources on the immune status, zootechnical and hematological parameters in laying hens. Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. № 1 (106). Pp. 203-214.

7. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Khoroshevskaya L. V., Struck E. A., Drobiazko O. Yu., Mosolova D. A., Slozhenkina A. A. Amaranth oil cake usage for increasing of productivity and quality of chickens of breeding egg poultry chickens. *Vestnik of the Russian agricultural science*. 2023. № 2. Pp. 56-60.
8. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., Tserenov I. V., Gromova A. O., Gishlarkaev A. E., Yuldashbayev Yu. A., Magomadov T. A. The effect of lactulose-containing feed additives on the meat productivity of the Kalmyk fat-tailed sheep and the quality of smoked sausages. *Sheep, goats, wool business*. 2023. № 2. Pp. 46-51.
9. Gorlov I. F., Khoroshevskaya L. V., Slozhenkina A. S., Mosolov A. A., Miroshnik A. S., Vodyannikov V. I. New pork production technologies involving the inclusion of feed polysaccharide extract in the diet. *Pigbreeding*. 2023. № 3. Pp. 55-60.
10. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., Miroshnik A. S., Mironova I. V., Shakhbazova O. P., Radjabov R. G. The effect of new prebiotic feed additive on Large White breed pigs natural resistance and productivity. *Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*. 2023. № 3 (67). Pp. 36-41.
11. Gorlov I. F., Mosolova N. I., Slozhenkina M. I., Tkachenkova N. A., Grishin V. S., Obrushnikova L. F., Musaev R. U. Influence of feed additives on the productivity of red steppe cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023. № 4 (233). Pp. 61-69.
12. Gorlov I. F., Kalinina N. V., Rudkovskaya A. V., Struk E. A., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A. The effects of dietary phosphatides and bischofite on productive performance, hematological and immune statuses in Hisex brown laying hens. *Poultry Farming*. 2023. № 6. Pp. 19-26.
13. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Anisimova E. Yu., Mosolova D. A., Shakhbazova O. P., Radzhabov R. G. Correlations between the mineral profile of beef and the productivity of steers with different genotypes. *Zootechniya*. 2023. № 5. Pp. 15-19.
14. Zyukin D. A., Fomin O. S., Skripkina E. V., Latysheva Z. I., Zhilinkova L. A., Lisitsyna Yu. V. Development of agricultural production in Russia in conditions of socio-economic disproportions. *Bulletin of the Kursk State Agrarian University*. 2022. № 6. Pp. 188-194.
15. Digital Economy Indicators: 2024: Statistical collection. Moscow: ISSEK HSE, 2024. 276 p.
16. Karpenko E. V., Mosolov A. A., Gromova A. O. Restoration of pastures deserved in vegetation cover in dry regions of the Lower Volga. *Agrarian-and-food innovations*. 2023. № 1 (21). Pp. 32-41.
17. Konina E. A., Ryzhkova O. I., Doronina S. A. Structural changes in agricultural production of the regions of the Volga federal district. The journal "Economics of Agriculture of Russia". 2023. № 11. Pp. 81-87.
18. Obrushnikova L. F., Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Nikolaev D. V., Surkova S. A., Brekhova S. A. Exterior peculiarities, milk productivity and quality of the Red steppe cows after feeding with new prebiotic feed additives. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023. № 2 (106). Pp. 63-74.
19. Pakhomova E. V. Pricing policy in the food market of the Russian Federation. *Slavic Forum*. 2022. № 3 (37). Pp. 128-137.
20. Radchikov V. F., Kot A. N., Vasilyuk O. Y., Karpovskiy V. I., Trokoz V. A., Tomchuk V. A., Danchuk V. V., Kladnitskaya L. V., Kryvoruchko D. I., Paschenko A. G. Dependence of protein metabolism indicators in rumen of young cattle on methods of grinding high protein concentrated feeds. *Zootechnical science of Belarus*. 2021. № 56 (1). Pp. 268-277.
21. Ryzhkova O. I., Gogolev I. M., Doronina S. A. Production and economic assessment of the competitive positions of rural producers in the regional agro-food market. *Management: Theory and Practice*. 2023. № 1-2. Pp. 9-16.
22. 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). Pp. 379-385.
23. Agriculture in Russia. 2023: stat. collection. Moscow: Rosstat, 2023. 103 p.
24. Semin A. N., Gogolev I. M., Markovina E. V., Doronina S. A. Regional features of structural changes in the development of livestock farming. *Agro-food policy in Russia*. 2024. № 1. Pp. 15-20.
25. Slozhenkina M. I., Gorlov I. F., Seidavi A. Prospective areas of research in the field of production and processing of livestock products. *Agrarian-and-food innovations*. 2020. № 3 (11). Pp. 22-34.
26. Struk E. A., Struk A. N., Komarova Z. B., Kalinina N. V., Drobyazko O. Y. The use of a new type of feed resource in the diets of hens of the parent flock of the Hisex Brown cross. *Agrarian-and-food innovations*. 2023. № 1 (21). Pp. 53-70.
27. Sutygina A. I. National food independence in crisis. *Economics of Agriculture of Russia*. 2020. № 6. Pp. 2-8.
28. Khoroshevskaya L. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Abramenko E. G. Introduction of technology for complete processing of by-products of beet sugar and dairy processing industries. *Effective animal husbandry*. 2023. № 3 (185). Pp. 46-50.
29. Khoroshevskaya L. V., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mosolov A. A., Struk E. A., Abramenko E. G. Introduction of a new technology for the production of compound feed with the inclusion of feed polysaccharide extract. *Veterinary Medicine and Feeding*. 2023. № 4. Pp. 80-83.
30. Shaytura N. S., Ostankova N. V., Rodina E. A., Belu L. P., Zelenova G. Ya. Food security of Russia and economic mechanisms for its provision. *Bulletin of the Kursk State Agrarian University*. 2022. № 7. Pp. 209-216.

Информация об авторах

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), заведующий кафедрой «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Сложеникина Марина Ивановна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), профессор кафедры «Технология пищевых производств» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID 0000-0001-9542-5893, e-mail: niimmp@mail.ru

Николаев Дмитрий Владимирович, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), ORCID 0000-0001-9283-5299, e-mail: dmitriynikolaev1978@yandex.ru

Гиро Мария Валерьевна, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: mar4bella@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), старший научный сотрудник ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Суркова Светлана Анатольевна, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), ORCID 0000-0001-6581-2702, e-mail: sv.a.surkova@yandex.ru

Абрамов Сергей Владиславович, кандидат ветеринарных наук, соискатель, ФГБНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400131, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), ORCID 0000-0002-9445-4577, e-mail: 120.net@mail.ru

Мосолова Елизавета Александровна, студентка, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, Волгоград, пр. им. В. И. Ленина, д. 28), ORCID 0009-0003-3898-4439, e-mail: elizavetamosolova37@gmail.com

Author's Information

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Head of the Department "Food Production Technology", Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Professor of the Department "Food Production Technology", Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID 0000-0001-9542-5893, e-mail: niimmp@mail.ru

Nikolaev Dmitry Vladimirovich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID 0000-0001-9283-5299, e-mail: dmitriynikolaev1978@yandex.ru

Giro Maria Valeryevna, Candidate of Biological Sciences, Junior Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), e-mail: mar4bella@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: 0000-0002-0730-853X, e-mail: esvoronts@mail.ru

Surkova Svetlana Anatolyevna, Senior Researcher, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID 0000-0001-6581-2702, e-mail: sv.a.surkova@yandex.ru

Abramov Sergei Vladislavovich, Candidate of Veterinary Sciences, Applicant, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production (Russian Federation, 400131, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), ORCID 0000-0002-9445-4577, e-mail: 120.net@mail.ru

Mosolova Elizaveta Alexandrovna, Student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), ORCID 0009-0003-3898-4439, e-mail: elizavetamosolova37@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-26

THE USE OF A GENERALIZED NUMERICAL QUALITY INDICATOR IN PEDIGREE HORSE BREEDING

Gadzhiev Z. K., Rachkov I. G., Kononova L. V., Katkov K. A., Smirnova L. M.

*North Caucasus Federal Agricultural Research Center
Mikhailovsk, Stavropol Region, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: odejnaya@rambler.ru

Received 29.11.2023

Submitted 24.01.2025

Abstract

Introduction. As is known, a wide variety of methods of genotype assessment are used in animal husbandry (assessment by origin, lateral relatives, phenotype, offspring, and combined assessment methods can also be used). Horse breeding, unlike other branches of animal husbandry, has always occupied a special place in the history of mankind and continues to be an important economic sector in many countries of the world. Its uniqueness is determined not only by the cultural and historical significance of the horse, but also by the specific biological features of this animal, which significantly affect the methods of its breeding and breeding. Therefore, one of the determining factors for accelerating breeding progress in horse breeding is the study of the quantitative and qualitative level of breeding stock. The aim of the work is to construct a generalized numerical indicator that combines the values of the main measured parameters during grading (height at the withers, chest girth, metacarpus girth) and to determine whether the fact of an animal's belonging to a particular farm or to a particular genealogical line affects the value of the resulting generalized quality indicator. **Materials and methods.** The research was conducted using data from primary zootechnical reports of horse breeding farms, statements of results of grading of breeding horses, animal passports, state stud books of thoroughbred horses. The integrated Matlab package and the MS Excel spreadsheet processor were used as a means of computer mathematics used in the work.

Results and conclusion. The objects of the study were stallions ($n=22$) and brood mares ($n=120$) of the thoroughbred riding breed, bred in four breeding farms of the Stavropol Territory (ООО «Stavropol Stud Farm №. 170», ООО «SKhP «Svobodny Trud», ООО «SKhP Novomarevskoye», FSUE «Rassvet-Stavropolye»). The conducted studies made it possible to determine the possibility of using a generalized quality indicator in the selection process of the thoroughbred riding breed in the Stavropol Territory. The authors established a high degree of agreement among the experts. The use of a two-factor analysis of variance showed that the condition for refuting the null hypothesis is not met either for the factor of belonging to the farm or for the factor of belonging to the line. In general, the data we obtained are an important tool for successful breeding and keeping of thoroughbred horses in breeding farms of Stavropol Krai. The use of this information in practice will further improve the efficiency of the industry.

Keywords: pedigree horse breeding, thoroughbred riding horse breed, stallions, mares, generalized numerical indicator.

Citation. Gadzhiev Z. K., Rachkov I. G., Kononova L. V., Katkov K. A., Smirnova L. M. The use of a generalized numerical quality indicator in pedigree horse breeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 250-265 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-26.

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

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

УДК 636.1.082

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБОБЩЕННОГО ЧИСЛОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ КАЧЕСТВА В ПЛЕМЕННОМ КОНЕВОДСТВЕ

Гаджиев З. К., доктор биологических наук

Рачков И. Г., доктор сельскохозяйственных наук

Кононова Л. В., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Катков К. А., кандидат технических наук, доцент

Смирнова Л. М., научный сотрудник

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр
г. Михайловск, Ставропольский край, Российская Федерация

Актуальность. Как известно, в животноводстве применяются самые различные методы оценки генотипа (оценка по происхождению, боковым родственникам, фенотипу, потомству, а также могут использоваться комбинированные методы оценки). Коневодство, в отличие от других отраслей животноводства всегда занимало особое место в истории человечества и продолжает оставаться значимым сектором экономики во многих странах мира. Его уникальность определяется не только культурно-историческим значением лошади, но и специфическими биологическими особенностями этого животного, которые существенно влияют на методы его разведения и селекции, поэтому одним из определяющих факторов ускорения селекционного прогресса в коневодстве является изучение количественного и качественного уровня племенного поголовья. Цель работы – построить обобщенный числовой показатель, объединяющий в себе значения основных измеряемых параметров при бонитировке (высота в холке, обхват груди, обхват пясти), и определить, влияет ли факт принадлежности животного к тому или иному хозяйству, а также к той или иной генеалогической линии на значение полученного обобщенного показателя качества. **Материалы и методы.** При проведении исследований использовались данные первичной зоотехнической отчетности коневодческих хозяйств, ведомости результатов бонитировки племенных лошадей, паспорта животных, государственные племенные книги лошадей чистокровной верховой породы. В качестве средства компьютерной математики, использовавшегося при проведении работы, применялся интегрированный пакет Matlab и табличный процессор MS Excel. **Результаты и заключение.** Объектом исследования были жеребцы-производители ($n=22$) и племенные кобылы ($n=120$) чистокровной верховой породы, разводимые в четырех племенных хозяйствах Ставропольского края (ООО «Ставропольский конный завод № 170», ООО «СХП «Свободный труд», ООО «СХП Новомарьевское», ФГУП «Рассвет-Ставрополь»). Проведенные исследования позволили определить возможность использования обобщенного показателя качества в селекционном процессе чистокровной верховой породы в Ставропольском крае. Авторами была установлена высокая степень согласованности экспертов. Использование двухфакторного дисперсионного анализа показало, что условие опровержения нулевой гипотезы не выполняется ни для фактора принадлежности к хозяйству, ни для фактора принадлежности к линии. В целом полученные нами данные являются важным инструментом для успешного разведения и содержания лошадей чистокровной верховой породы в племенных хозяйствах Ставропольского края. Использование этой информации на практике позволит в дальнейшем повысить эффективность ведения отрасли.

Ключевые слова: племенное коневодство, чистокровная верховая порода лошадей, жеребцы-производители, кобылы, обобщенный числовой показатель.

Цитирование. Гаджиев З. К., Рачков И. Г., Кононова Л. В., Катков К. А., Смирнова Л. М. Использование обобщенного числового показателя качества в племенном коневодстве. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 250-265. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-26.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Селекционно-племенная работа играет ключевую роль в повышении продуктивности животных. В настоящее время требуется существенный качественный прорыв, который поможет сократить диспропорцию между технологическими требованиями и селекционно-генетическим потенциалом существующих пород, типов и линий животных. Важно при этом учитывать все специфические особенности популяционных характеристик конкретной группы животных. В связи с этим необходимо глубокое теоретическое изучение всех сторон селекционного процесса, и отрасль коневодства не исключение.

Как известно, в животноводстве применяются самые различные методы оценки генотипа (оценка по происхождению, боковым родственникам, фенотипу, потомству, а также могут использоваться комбинированные методы оценки) [4-6, 8-11].

Для повышения продуктивности племенного отбора необходимо применять обоснованные научные методы для оценки генетического материала сельскохозяйственных животных. Это особенно актуально в контексте внедрения долгосрочных селекционных программ.

В настоящее время методы оценки генотипа животных и определения эффективности племенного отбора в практической селекции используются пока ограниченно.

Коневодство всегда занимало уникальное место среди различных направлений животноводства, что обуславливает необходимость его модернизации параллельно с другими отраслями, особенно в контексте оптимизации селекционных процессов [12, 15].

Селекция в племенном коневодстве является ключевым фактором для дальнейшего развития этой сферы, влияя на её экономическую и социальную значимость, а также на конкурентоспособность. В отличие от большинства сельскохозяйственных животных, лошади имеют наименьший биологический коэффициент воспроизводства и самую продолжительную смену поколений. Эти особенности существенно ограничивают потенциал эффективного отбора племенных особей и замедляют темпы селекции внутри пород, поэтому одним из определяющих факторов ускорения селекционного прогресса в коневодстве является изучение количественного и качественного уровня племенного поголовья.

Исторически сложилось так, что на территории Ставропольского края разводят в основном лошадей верховых пород. Анализ показателей за 2020 год показывает, что в структуре поголовья племенных лошадей произошли изменения, так 70,7% приходится на арабскую и чистокровную верховую породы (соответственно 31,6 и 39,1% от общего поголовья племенных лошадей). В период с 2015 по 2020 годы количество чистокровных верховых лошадей увеличилось в 2,4 раза и составило 401 голову, карачаевской – в 1,6 раза (201 голова). Количество ахалтекинских лошадей осталось примерно на таком же уровне, как и в 2015 году. Таким образом, количество лошадей в племенных хозяйствах Ставропольского края на начало 2020 года составило 1025 голов, в том числе 350 племенных кобыл.

В зоотехнии особое внимание уделяется мужским линиям. Любая порода имеет свою линейную структуру, то есть весь массив ее современных представителей можно подразделить на потомков относительно небольшого числа выдающихся производителей, которых называют родоначальниками линий. Поднимаясь выше по генеалогической цепочке, можно проследить, как менялась структура породы с течением времени. По количественному соотношению линии сильно различаются, одна или несколько всегда доминируют, но баланс кровности с течением времени может меняться.

Как известно, линии постоянно эволюционируют при постоянном взаимодействии друг с другом, а структура поголовья все время меняется. Грамотное отслеживание этих процессов необходимо для эффективной селекционной работы. Таким образом, новизна и

актуальность данной тематики налицо, а проведенные исследования позволят определить возможность использования обобщенного показателя качества в селекционном процессе чистокровной верховой породы в Ставропольском крае.

Цель работы: построить обобщенный числовой показатель, объединяющий в себе значения основных измеряемых параметров при бонитировке (высота в холке, обхват груди, обхват пясти) и определить, влияет ли факт принадлежности животного к тому или иному хозяйству, а также к той или иной генеалогической линии на значение полученного обобщенного показателя качества.

Материал и методы. При проведении исследований использовались данные первичной зоотехнической отчетности коневодческих хозяйств, ведомости результатов бонитировки племенных лошадей за 2020 год, паспорта животных, государственные племенные книги лошадей чистокровной верховой породы.

Объектом исследования были жеребцы-производители ($n=22$) и племенные кобылы ($n=120$) чистокровной верховой породы, разводимые в четырех племенных хозяйствах Ставропольского края (ООО «Ставропольский конный завод № 170», ООО «СХП «Свободный труд», ООО «СХП Новомарьевское», ФГУП «Рассвет-Ставрополье»).

Анализируемое поголовье племенных лошадей относится к разным генеалогическим линиям и находятся в четырех различных хозяйствах. Фенотипические измерения, которые были использованы – это основные промеры, которые получены при проведении бонитировки животных.

Обобщенный показатель качества использует функцию желательности Харрингтона, устанавливающую зависимость между уровнями желательности (d) и безразмерной величиной, называемой частным показателем ($\hat{Y}$). Эта зависимость определяется выражением:

$$\hat{Y} = \ln \left(\ln \left(\frac{1}{d} \right)^{-1} \right). \quad (1)$$

Подробно алгоритм построения обобщенного показателя качества показан в работах Каткова К. А. и др. [1-3, 13].

Для каждого значения уровня желательности d необходимо указать значение используемых исходных параметров.

На следующем этапе необходимо провести опрос экспертов, которые определили бы ранг и вес каждого параметра, используемого при построении обобщенного показателя качества. Затем следует проверить согласованность мнений экспертов.

Для проверки степени согласованности мнений экспертов необходимо определить коэффициент χ^2 по формуле

$$\chi^2 = \frac{S}{\frac{1}{12} m \cdot n (n+1) - \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (2)$$

где S – сумма квадратов отклонений средней суммы рангов от суммы рангов каждого признака; m – число опрошенных экспертов.

Входящий в (2) параметр T зависит от количества связанных рангов и определяется, как

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{t_j} (t_j^3 - t_j), \quad (3)$$

где t_j – количество одинаковых рангов, выставленных j -м экспертом.

Если полученное в (2) значение χ^2 оказывается больше табличного, то можно говорить о согласованности мнений экспертов.

Таблица 1 – Распределение конематок и жеребцов-производителей племенного ядра с учетом линейной принадлежности и хозяйства
Table 1 – Distribution of female horses and breeding stallions of the breeding core, taking into account the linear affiliation and economy

Линия / Line	Племенные хозяйства / Breeding farms				Всего / Total
	ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	ФГУП «Рассвет Ставрополье» / FSUE «Rassvet-Stavropolye»	ООО «СХП «Свободный труд»» / LLC «SHP «Svobodny Trud»»	
	племенные конематки / breeding mares				
	количество голов – процент от общего числа голов скота / number of cattle – a percentage of the total number of cattle				
Норсерн Дансера / Northern Dancer	5 – 16,7	18 – 58,1	8 – 28,6	13 – 42,0	44
Назруллы / Nazrullah	20 – 66,7	6 – 19,4	3 – 10,7	6 – 19,4	35
Нэйттив Дансера / Native Dancer	1 – 3,3	3 – 9,7	11 – 39,3	8 – 25,8	23
Мэн О Уора / Man O War	-	-	5 – 17,8	-	5
Терн-Ту / Tern-Tu	2 – 6,7	-	-	1 – 3,2	3
Блэндфорда / Blandford	-	2 – 6,4	-	-	2
Прэнс Роза / Prince Rose	1 – 3,3	-	-	1 – 3,2	2
Дарк Рональда / Dark Ronald	-	1 – 3,2	-	1 – 3,2	2
Турбильона / Tourbillon	-	1 – 3,2	-	-	1
Гейнсборо / Gainsborough	-	-	1 – 3,6	-	1
Рибо / Ribot	-	-	-	1 – 3,2	1
Тагора / Tagore	1 – 3,3	-	-	-	1
Всего / Total	30 – 100	31 – 100	28 – 100	31 – 100	120
жеребцы-производители / stud stallions					
Норсерн Дансера / Northern Dancer	2 – 66,7	2 – 33,3	2 – 40,0	3 – 37,5	9
Нэйттив Дансера / Native Dancer	-	2 – 33,3	2 – 40,0	2 – 25,0	6
Назруллы / Nazrullah	-	1 – 16,7	-	2 – 25,0	3
Блэндфорда / Blandford	-	1 – 16,7	-	1 – 12,5	2
Мэн О Уора / Man O War	-	-	1 – 20,0	-	1
Тагора / Tagore	1 – 33,3	-	-	-	1
Всего / Total	3 – 100	6 – 100	5 – 100	8 – 100	22

Обобщенный показатель качества (D) рассчитывается на основании желательности исходных параметров, входящих в оценку животных. Выражение для расчета величины D для каждого j -го животного имеет вид:

$$D = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i^{k_i}}, \quad (4)$$

где n – количество параметров, участвующих в оценке животных; d_i – значение желательности для каждого i -го признака; k_i – весомость i -го признака.

При доказанной согласованности мнений экспертов значение весомостей исходных параметров (k_i) определяется как среднее арифметическое значение определенной экспертами весомости каждого параметра.

Для решения второй задачи предлагается использовать процедуру дисперсионного анализа. Она позволит определить существенность влияния такого фактора, как принадлежность животного тому или иному хозяйству на значение результирующего признака, каковым будет являться построенный ранее обобщенный показатель качества.

В качестве средства компьютерной математики, использовавшегося при проведении работы, применялся интегрированный пакет Matlab и табличный процессор MS Excel [7, 14].

Результаты и обсуждение. Согласно предложенной методике оценивалась группа племенных кобыл, состоящая из 120 голов и племенных жеребцов-производителей – 22 головы. Все животные принадлежат к 12 различным линиям и находятся в четырех хозяйствах. Линейная принадлежность лошадей племенного ядра в ведущих племенных хозяйствах Ставропольского края представлена в таблицах 2 и 3.

Анализ таблицы 1 показывает, что племенные кобылы в ведущих племенных хозяйствах Ставрополья имеют практически одинаковую численность (от 28 до 31) и представлены 12 линиями. Изучив распределение конематок по их линейной принадлежности, установили, что наибольшее распространение имеют линии Норсерн Дансера (36,7%), Назруллы (29,2%) и Нэйтив Дансера (19,2%).

Количество генеалогических линий в ООО «Ставропольский конный завод № 170» и ООО «СХП Новомарьевское» одинаковое – по 6 линий. В ФГУП «Рассвет-Ставрополье» – 5 линий, ООО «СХП «Свободный труд» – 7 линий.

Можно отметить следующую закономерность: во всех четырех хозяйствах имеются племенные конематки линий Норсерн Дансера, Назруллы, Нэйтив Дансера в разном количественном и процентном соотношении. Особенностью племенного ядра ООО «СХП Новомарьевское» является наличие кобыл линий: Блэндфорда и Турбильона; в ООО «Ставропольский конный завод № 170» – линии Тагора; ООО «СХП «Свободный труд» – линии Рибо, ФГУП «Рассвет-Ставрополье» – линии Гейнсборо.

Жеребцы-производители, используемые в племенных хозяйствах Ставропольского края представлены 6 линиями: Норсерн Дансера, Нэйтив Дансера, Назруллы, Блэндфорда, Мэн О Уора и Тагора. При этом жеребцы линий Норсерн Дансера, Нэйтив Дансера и Назруллы по генеалогической линии принадлежат единому родоначальнику – Фэлариусу, что в целом составило 81,8%. Следует отметить, что такая тенденция наблюдается в структуре чистокровной верховой породы во всём мире [16].

В разрезе племенных хозяйств наблюдается аналогичное превосходство линий Норсерн Дансера, Нэйтив Дансера и Назруллы. В ООО «СХП «Свободный труд» и ООО «СХП Новомарьевское» имеется по одному производителю линии Блэндфорда.

На первый взгляд, проводя анализ таблиц 2 и 3, мы можем отметить, что по такому селекционному показателю, как высота в холке наблюдается превосходство животных, как у жеребцов, так и у кобыл ООО «Ставропольский конный завод № 170» над лошадьми из других племенных хозяйств (168,67 см у жеребцов-производителей и 163,53 – у кобыл). По промеру обхват груди лидируют лошади ООО «СХП Новомарьевское» – 198,5 у жеребцов и 193,94 см соответственно у племенных конематок. Обхват пясти был наивысшим у животных ФГУП «Рассвет-Ставрополье» (21,90 – у жеребцов-производителей, 20,91 – у кобыл).

Анализ цифровых данных по племенным лошадям Ставропольского края, проведенный с учетом линейной принадлежности животных, выявил некоторые вариации. Полученные результаты на первый взгляд демонстрируют не только различия между хозяйствами, но и некоторую внутривидовую изменчивость, обусловленную влиянием различных линий производителей.

Таблица 2 – Среднее значение основных промеров жеребцов-производителей
Table 2 – Average value of the main measurements of stud stallions

Племенные хозяйства / Breeding farms	Промеры, см / Measurements, cm		
	высота в холке / height at withers	обхват груди / chest circumference	обхват пясти / metacarpus girth
ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	168,67±1,76	189,00±2,08	20,33±0,17
ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	159,17±2,12	198,50±1,77	21,33±0,33
ФГУП «Рассвет-Ставрополье» / FSUE «Rassvet-Stavropolye»	162,70±3,22	197,60±4,13	21,90±0,24
ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	166,13±0,88	198,25±2,12	21,19±0,19
Среднее / Mean	164,1675	195,8375	21,1875
Стандартная ошибка / Standard Error	2,066649	2,287045	0,324458
Медиана / Median	164,415	197,925	21,26
Стандартное отклонение / Standard Deviation	4,133299	4,574089	0,648916
Дисперсия выборки / Sample Variance	17,08416	20,92229	0,421092
Эксцесс / Excess	-1,46037	3,857782	1,516367
Асимметричность / Symmetry	-0,27509	-1,95939	-0,64879
Интервал / Interval	9,5	9,5	1,57
Минимум / Minimum	159,17	189	20,33
Максимум / Maximum	168,67	198,5	21,9
Уровень надежности (95%) / Reliability Level (95%)	6,577001	7,278397	1,03257

Таблица 3 – Среднее значение основных промеров племенных кобыл
Table 3 – Average value of the main measurements of breeding mares

Племенные хозяйства / Breeding farms	Промеры, см / Measurements, cm		
	высота в холке / height at withers	обхват груди / chest circumference	высота в холке / height at withers
ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	163,53±0,59	191,63±1,29	20,32±0,14
ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	161,27±0,52	193,94±1,17	20,79±0,16
ФГУП «Рассвет-Ставрополье» / FSUE «Rassvet-Stavropolye»	161,00±0,89	188,86±1,13	20,91±0,15
ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	163,16±0,51	186,84±0,78	20,60±0,12
Среднее / Mean	164,1675	195,8375	21,1875
Стандартная ошибка / Standard Error	2,066649	2,287045	0,324458
Медиана / Median	164,415	197,925	21,26
Стандартное отклонение / Standard Deviation	4,133299	4,574089	0,648916
Дисперсия выборки / Sample Variance	17,08416	20,92229	0,421092
Эксцесс / Excess	-1,46037	3,857782	1,516367
Асимметричность / Symmetry	-0,27509	-1,95939	-0,64879
Интервал / Interval	9,5	9,5	1,57
Минимум / Minimum	159,17	189	20,33
Максимум / Maximum	168,67	198,5	21,9
Уровень надежности (95%) / Reliability Level (95%)	6,577001	7,278397	1,03257

Наибольшая высота в холке (165,67 см) была зафиксирована у кобыл линии Назруллы, принадлежащих ФГУП «Рассвет-Ставрополье». В то же время кобылы линии Мен О Уора, также содержащиеся в этом хозяйстве, характеризовались значительно меньшей высотой в холке – 156, 7 см. Такая разница, на первый взгляд, подчеркивает важность учета линий принадлежности при оценке племенных лошадей.

Максимальный обхват груди (195,8 см) был отмечен у кобыл линии Норсерн Дансера ООО «Ставропольский конный завод № 170», в то время как минимальный показатель (184,67 см) зафиксирован у кобыл ООО «СХП «Свободный труд» линии Назруллы. Теоретически разница в обхвате груди может указывать на развитие мускулатуры и телосложения животных в зависимости от условий содержания и селекционной работы.

Что касается обхвата пясти, то минимальные значения (20,0 см) были отмечены у кобыл линии Терн-ту в ООО «Ставропольский конный завод № 170» и у кобыл линии Нейтив Дансера в ООО «СХП Новомарьевское». Наибольший обхват пясти (21,17 см) – у кобыл линии Назруллы в ФГУП «Рассвет-Ставрополье».

В целом можно констатировать, что как кобылы, так и жеребцы-производители, разводимые в племенных хозяйствах Ставропольского края, соответствуют стандарту породы.

Средние значения указанных параметров для различных уровней желательности (d) показаны в таблице 4.

Рассчитанное на основании этих данных, значение $\chi^2 = 9,333$. Это значение больше табличного значения ($\chi^2_{таб} = 9,2$) при уровне значимости $\alpha = 0,01$, что позволяет говорить о высокой согласованности мнений экспертов. В соответствии с алгоритмом был получен обобщенный показатель качества D. Эти значения совместно с исходными данными представлены в таблице 6.

Таблица 4 – Средние значения измеряемых параметров для различных уровней желательности
Table 4 – Average values of measured parameters for different levels of desirability

Параметры / Parameters	Диапазон уровня желательности (d) / Desirability Level Range (d)									
	Очень плохо / Very bad		Плохо / Badly		Удовлет- ворительно / Satisfactorily		Хорошо / Good		Очень хорошо / Very good	
	от	до	от	до	от	до	от	до	от	до
	0,01	0,2	0,21	0,36	0,37	0,62	0,63	0,79	0,8	0,95
Высота в холке, см / Height at withers, cm	153	155	156	157	158	159	160	165	166	173
Обхват груди, см / Chest circumference, cm	170	172	173	174	175	179	180	185	186	200
Обхват пясти, см / Metacarpal girth, cm	17	17,5	18	18,4	18,5	19,5	20	21	21,5	22

Результаты экспертной оценки по используемым измеряемым параметрам представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты экспертной оценки
Table 5 – Results of expert assessment

Эксперт / Expert	Измеряемые параметры / Measured parameters					
	Высота в холке / Height at withers		Обхват груди / Chest circumference		Обхват пясти / Metacarpus girth	
	ранг / rank	вес / heft	ранг / rank	вес / heft	ранг / rank	вес / heft
1	2	0,333	2	0,334	2	0,333
2	2	0,33	1	0,5	3	0,17
3	2	0,333	2	0,334	2	0,333
4	1,5	0,42	1,5	0,42	3	0,16
5	2	0,33	1	0,5	3	0,17
6	1,5	0,42	1,5	0,42	3	0,16
7	2	0,33	1	0,5	3	0,17

Более наглядно полученные значения обобщенного показателя качества иллюстрируют графики на рисунке 1, где по горизонтальной оси отложены номера оцениваемых животных.

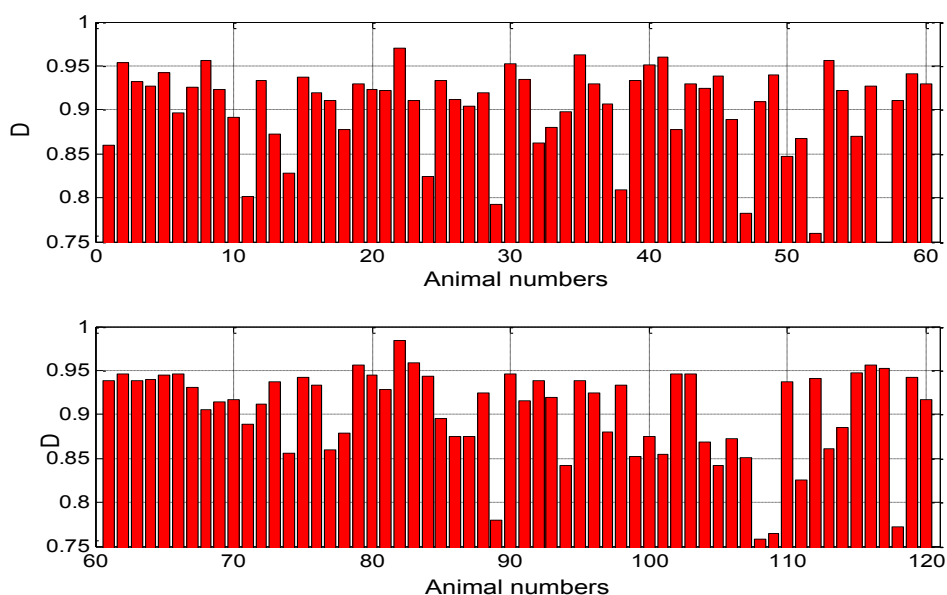


Рисунок 1 – Значения обобщенного показателя качества D

Figure 1 – Values of the generalized quality indicator D

Таблица 6 – Исходные данные и рассчитанные значения обобщенного показателя качества D
Table 6 – Initial data and calculated values of the generalized quality indicator D

№ п/п	Хозяйство / Farm	Линия / Line	Измеряемые параметры / Measured parameters			Обобщенный показатель качества D / Generalized quality indicator D
			Высота в холке, см / Height at withers, cm	Обхват груди, см / Chest circumfer- ence, cm	Обхват пясти, см / Metacarpus girth, cm	
1	2	3	4	5	6	7
1	ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	Норсерн Дансера / Northern Dancer	158	196	20	0,859931
2		Норсерн Дансера / Northern Dancer	166	196	21	0,953171
3		Норсерн Дансера / Northern Dancer	161	202	21,5	0,93251
4		Норсерн Дансера / Northern Dancer	163	192	20,5	0,927423
5		Норсерн Дансера / Northern Dancer	166	193	20,5	0,942343
6	ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	Норсерн Дансера / Northern Dancer	159	202	21	0,897127
7		Норсерн Дансера / Northern Dancer	161	205	21	0,925468
8		Норсерн Дансера / Northern Dancer	163	205	22	0,955618
9		Норсерн Дансера / Northern Dancer	161	197	21	0,923029
10		Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	192	20	0,891758
11		Норсерн Дансера / Northern Dancer	156	190	20,5	0,801592

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
12		Норсерн Дансера / Northern Dancer	162	200	21	0,933793
13		Норсерн Дансера / Northern Dancer	158	194	21	0,873023
14		Норсерн Дансера / Northern Dancer	157	190	20	0,828404
15		Норсерн Дансера / Northern Dancer	161	200	22	0,937428
16		Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	200	21,5	0,919692
17		Норсерн Дансера / Northern Dancer	162	190	20	0,91008
18		Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	182	21	0,877326
19		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	186	21	0,929165
20		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	190	20	0,922909
21		Норсерн Дансера / Northern Dancer	162	184	22	0,921591
22		Норсерн Дансера / Northern Dancer	165	205	23	0,970269
23		Норсерн Дансера / Northern Dancer	165	184	20	0,910626
24	ФГУП «Рассвет-Ставрополье» / FSUE «Rassvet-Stavropolye»	Норсерн Дансера / Northern Dancer	157	185	20,5	0,823649
25		Норсерн Дансера / Northern Dancer	161	194	22	0,933941
26		Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	190	21,5	0,911473
27		Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	190	21	0,904074
28		Норсерн Дансера / Northern Dancer	161	188	21,5	0,91975
29		Норсерн Дансера / Northern Dancer	163	175	19,5	0,792872
30		Норсерн Дансера / Northern Dancer	166	195	21	0,95245
31		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	188	21	0,934586
32	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	182	20	0,862756
33		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	180	20	0,880277
34		Норсерн Дансера / Northern Dancer	162	185	20	0,897661
35		Норсерн Дансера / Northern Dancer	169	191	21,5	0,963062
36		Норсерн Дансера / Northern Dancer	163	194	20,5	0,929485
37		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	186	19,5	0,90714
38		Норсерн Дансера / Northern Dancer	158	180	19,5	0,8087
39		Норсерн Дансера / Northern Dancer	165	186	21	0,933653
40		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	190	22	0,951763

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
41		Норсерн Дансера / Northern Dancer	169	196	21	0,960276
42		Норсерн Дансера / Northern Dancer	160	185	20	0,876928
43		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	186	21	0,929165
44		Норсерн Дансера / Northern Dancer	164	187	20,5	0,923969
45	ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	Нэйтив Дансера / Native Dancer	164	200	20,5	0,938695
46	ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	Нэйтив Дансера / Native Dancer	160	190	20	0,88906
47		Нэйтив Дансера / Native Dancer	156	190	19	0,78299
48		Нэйтив Дансера / Native Dancer	160	195	21	0,909634
49	ФГУП «Рассвет- Ставрополье» / FSUE «Rassvet- Stavropolye»	Нэйтив Дансера / Native Dancer	163	197	21	0,939812
50		Нэйтив Дансера / Native Dancer	157	194	21	0,846827
51		Нэйтив Дансера / Native Dancer	158	189	21	0,866788
52		Нэйтив Дансера / Native Dancer	155	187	21	0,75992
53		Нэйтив Дансера / Native Dancer	165	194	21,5	0,95575
54		Нэйтив Дансера / Native Dancer	160	195	22	0,922495
55		Нэйтив Дансера / Native Dancer	160	181	21	0,870511
56		Нэйтив Дансера / Native Dancer	161	192	21,5	0,926398
57		Нэйтив Дансера / Native Dancer	165	172	19,5	0,705542
58		Нэйтив Дансера / Native Dancer	162	190	20	0,91008
59		Нэйтив Дансера / Native Dancer	167	190	20,5	0,941222
60	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Нэйтив Дансера / Native Dancer	164	186	21	0,929165
61		Нэйтив Дансера / Native Dancer	164	190	21	0,938494
62		Нэйтив Дансера / Native Dancer	166	190	21	0,946628
63		Нэйтив Дансера / Native Dancer	164	190	21	0,938494
64		Нэйтив Дансера / Native Dancer	165	188	21	0,939101
65		Нэйтив Дансера / Native Dancer	164	189	21,5	0,944363
66		Нэйтив Дансера / Native Dancer	166	190	21	0,946628
67		Нэйтив Дансера / Native Dancer	164	190	20,5	0,930307

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
68	ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	Назруллы / Nazrullah	165	183	20	0,905755
69		Назруллы / Nazrullah	164	186	20	0,913735
70		Назруллы / Nazrullah	161	202	20,5	0,916871
71		Назруллы / Nazrullah	163	183	19,5	0,889423
72		Назруллы / Nazrullah	163	185	20,5	0,912
73		Назруллы / Nazrullah	166	196	20	0,937342
74		Назруллы / Nazrullah	159	185	19,5	0,85565
75		Назруллы / Nazrullah	165	197	20,5	0,941873
76		Назруллы / Nazrullah	167	190	20	0,933737
77		Назруллы / Nazrullah	160	184	19	0,859588
78		Назруллы / Nazrullah	160	188	19,5	0,878968
79		Назруллы / Nazrullah	168	194	21	0,956827
80		Назруллы / Nazrullah	168	191	20,5	0,945056
81		Назруллы / Nazrullah	163	193	20,5	0,928532
82		Назруллы / Nazrullah	172	204	22,5	0,983837
83		Назруллы / Nazrullah	167	203	21	0,958896
84		Назруллы / Nazrullah	165	190	21	0,943027
85		Назруллы / Nazrullah	160	196	20	0,895205
86		Назруллы / Nazrullah	162	180	20,5	0,874999
87		Назруллы / Nazrullah	161	185	19	0,874928
88	ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	Назруллы / Nazrullah	163	190	20,5	0,924617
89		Назруллы / Nazrullah	156	188	19	0,77973
90		Назруллы / Nazrullah	162,5	193	22	0,946454
91		Назруллы / Nazrullah	162	195	20	0,915676
92		Назруллы / Nazrullah	163	195	21	0,938491
93		Назруллы / Nazrullah	163	192	20	0,920048
94	ФГУП «Рассвет- Ставрополье» / FSUE «Rassvet- Stavropolye»	Назруллы / Nazrullah	157	190	21	0,842393
95		Назруллы / Nazrullah	162	190	22	0,938533
96		Назруллы / Nazrullah	178	182	20,5	0,924145

Окончание таблицы 6

1	2	3	4	5	6	7
97	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Назруллы / Nazrullah	160	184	20,5	0,88001
98		Назруллы / Nazrullah	163	190	21	0,932755
99		Назруллы / Nazrullah	159	184	19,5	0,851829
100		Назруллы / Nazrullah	162	180	20,5	0,874999
101		Назруллы / Nazrullah	160	180	20,5	0,85479
102		Назруллы / Nazrullah	166	190	21	0,946628
103	ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	Блэндфорда / Blandford	164	198	21	0,946121
104		Блэндфорда / Blandford	158	190	21	0,868451
105	ФГУП «Рассвет- Ставрополье» / FSUE «Rassvet- Stavropolye»	Мэн О Уора / Man O War	157	190	21	0,842393
106		Мэн О Уора / Man O War	158	194	21	0,873023
107		Мэн О Уора / Man O War	157,5	187	21	0,850434
108		Мэн О Уора / Man O War	155	196	20	0,757626
109		Мэн О Уора / Man O War	156	183	19	0,764743
110	ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	Тагора / Tagor	166	189	20,5	0,936573
111		Тёрн-Ту / Tern-Tu	160	179	19	0,825377
112		Тёрн-Ту / Tern-Tu	163	199	21	0,940784
113	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Тёрн-Ту / Tern-Tu	163	180	19	0,861441
114	ООО «Ставропольский конный завод № 170» / LLC «Stavropol Stud Farm № 170»	Пренс Роза / Prince Rose	160	188	20	0,885359
115	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Пренс Роза / Prince Rose	164	191	21,5	0,947722
116	ООО «СХП Новомарьевское» / LLC «SHP Novomarevskoe»	Турбильона / Tourbillon	166	205	21	0,95631
117		Дарк Рональда / Dark Ronald	166	195	21	0,95245
118	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Дарк Рональда / Dark Ronald	156	182	20	0,77169
119	ФГУП «Рассвет- Ставрополье» / FSUE «Rassvet- Stavropolye»	Гейнсборо / Gainsborough	162,5	190	22	0,942464
120	ООО «СХП «Свободный труд» / LLC «SHP «Svobodny Trud»	Рибо / Ribot	162	190	20,5	0,917375

Таким образом, с использованием функции желательности Харрингтона был получен обобщенный показатель качества, включающий в себя оценку животных одновременно по трем различным параметрам.

Теперь требуется определить, оказывает ли влияние такой фактор, как принадлежность животных к тому или иному хозяйству на значение полученного обобщенного показателя качества D . Для этой цели воспользовались процедурой однофакторного дисперсионного анализа. Выдвигаемая нулевая гипотеза звучит так: «Фактор принадлежности животных к тому или иному хозяйству не оказывает существенного влияния на значение обобщенного показателя качества». Дисперсионный анализ должен подтвердить или опровергнуть выдвигаемую нулевую гипотезу.

В результате выполнения однофакторного дисперсионного анализа были получены значения F -статистики ($F = 0,8916$) и P -value ($p = 0,4478$). Для того чтобы опровергнуть нулевую гипотезу, необходимо выполнение условий:

$$\begin{cases} F > F_{кр} \\ p < 0,05 \end{cases} \quad (5)$$

В рассматриваемом примере значение $F_{кр} = 2,6828$. Очевидно, что условие (5) не выполняется. Следовательно, дисперсионный анализ не смог опровергнуть выдвинутую нулевую гипотезу.

Для оценки совместного влияния таких факторов, как принадлежность к хозяйству и к линии, на значение обобщенного показателя качества предлагается использовать процедуру двухфакторного дисперсионного анализа. Для этой цели были выбраны только три линии: Норсерн Дансера, Нэйтив Дансера и Назруллы. Животные только этих линий представлены во всех четырех хозяйствах. Кроме этого, выборки этих животных являются достаточными для проведения подобного анализа. Выдвигаемая нулевая гипотеза звучит так: «Факторы принадлежности животных к хозяйству и к линии не оказывают влияние на числовое значение обобщенного показателя качества».

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты двухфакторного дисперсионного анализа
Table 7 – Results of two-way analysis of variance

Источник вариации / Source of variation	SS	df	MS	F	p-value-	$F_{кр}$
Хозяйство / Farm	0,00125	3	0,000417	0,85637	0,51252	4,75706
Линия / Line	0,00019	2	9,39328 E-05	0,19272	0,82963	5,14325

Как видно из анализа данных, условие опровержения нулевой гипотезы (5) не выполняется ни для фактора принадлежности к хозяйству, ни для фактора принадлежности к линии. Таким образом, установлено, что полученное для анализируемой выборки конематок значение обобщенного показателя качества в данном случае не зависит от принадлежности к той или иной генеалогической линии и к конкретному племенному хозяйству.

Закключение. Важно отметить, что эти данные лишь часть большой картины. Целесообразно расширить исследуемые параметры, включив в анализ и другие показатели экстерьера, такие как длина туловища, косая длина туловища, глубина груди и другие. Кроме того, нужно помнить, что на генетическую предрасположенность и фенотипическую изменчивость оказывают влияние различные факторы окружающей среды. Необходимо учитывать возраст животных, условия кормления, содержания, так как они играют ключевую роль в формировании линейных параметров животных и проявлении их генетического потенциала.

В целом полученные нами данные являются важным инструментом для успешного разведения и содержания лошадей чистокровной верховой породы в племенных хозяйствах Ставропольского края. Использование этой информации на практике позволит в дальнейшем повысить эффективность ведения отрасли.

Conclusions. It is important to note that this data is only part of the bigger picture. It is advisable to expand the parameters studied to include other external indicators in the analysis, such as body length, oblique body length, chest depth, and others. In addition, it must be remembered that genetic predisposi-

tion and phenotypic variability are influenced by various environmental factors. It is necessary to take into account the age of the animals, the conditions of feeding, keeping, as they play a key role in the formation of linear parameters of animals and the manifestation of their genetic potential.

In general, the data we have obtained are an important tool for the successful breeding and maintenance of thoroughbred horses in the breeding farms of the Stavropol Territory. Using this information in practice will further improve the efficiency of the industry.

Библиографический список

1. Катков К. А. и др. Алгоритм проверки статистической значимости различий хозяйственно полезных признаков между различными генеалогическими группами животных. Вестник АПК Ставрополя. 2018. № 2 (30). С. 86-90.
2. Катков К. А. и др. Алгоритм формирования матриц оцениваемых эффектов при племенной оценке мелкого рогатого скота с использованием смешанной биометрической модели. Главный зоотехник. 2020. № 4 (201). С. 21-28.
3. Катков К. А., Скорых Л. Н. и др. Использование селекционных индексов при подборе родительских пар в овцеводстве. Главный зоотехник. 2019. № 7. С. 30-37.
4. Каратунов Г. А. Методы оценки генотипа животных в практической селекции: Практическое руководство для зоотехников-селекционеров племенных хозяйств. пос. Персиановский: Донской ГАУ, 2000. 51 с.
5. Катков К. А. К вопросу формирования комбинированных селекционных индексов в овцеводстве. Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 1 (13). С. 41-48.
6. Катков К. А. Обзор методов оценки и ранжирования животных по нескольким признакам с помощью комплексного показателя. Сельскохозяйственный журнал. 2020. № 3 (13). С. 51-58.
7. Катков К. А. Применение табличного процессора MS Excel для построения обобщенного показателя качественных характеристик животного. Сельскохозяйственный журнал. 2021. № 2 (14). С. 66-76.
8. Катков К. А. Формирование комбинированного селекционного индекса в овцеводстве. Вестник аграрной науки. 2019. № 5 (80). С. 75-83.
9. Катков К. А., Криворучко А. Ю., Каниболоцкая А. А. Использование комплексного показателя для оценки параметров продуктивности у овец породы российский мясной меринос. Вестник аграрной науки. 2021. № 4 (91). С. 62-72.
10. Катков К. А., Омаров А. А. Использование метода обобщенного показателя качества при оценке мелкого рогатого скота. Вестник аграрной науки. 2020. № 4 (85). С. 56-65.
11. Катков К. А., Скорых Л. Н., Ефимова Н. И., Копылов И. А. Использование комплексного показателя продуктивности для оценки генетического потенциала овец разных генотипов. Вестник аграрной науки. 2021. № 5 (92). С. 49-58.
12. Кононова Л. В. Генеалогическая характеристика племенного ядра лошадей чистокровной верховой породы, разводимых в Ставропольском крае. Аграрный вестник Урала. 2020. № 2 (193). С. 44-53.
13. Кулинцев В. В., Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А., Катков К. А. Механизм расчета комплексного показателя продуктивности животных. Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36. № 5. С. 67-74.
14. Плохинский Н. А. Биометрия. М.: издательство МГУ, 1970. 367 с.
15. Сычева О. В., Мамышев С. А., Муртазалиев А. А., Кононова Л. В. Племенное коневодство Ставропольского края и его структура. Коневодство и конный спорт. 2015. № 4. С. 8-10.
16. Kononova L. V., Vasilev E. A., Rachkov I. G., Plotnikov S. N. Genealogical lines of breeding mares as biological resources of a thoroughbred horse breed bred in the Stavropol region. International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. 2021. P. 012101.

References

1. Katkov K. A., et al. Algorithm for Checking the Statistical Significance of Differences in Economically Useful Traits between Different Genealogical Groups of Animals. Vestnik APK Stavropol'ya. 2018. № 2 (30). Pp. 86-90.
2. Katkov K. A., et al. Algorithm for the formation of matrices of estimated effects in the breeding evaluation of small ruminants using a mixed biometric model. Chief zootechnician. 2020. № 4 (201). Pp. 21-28.
3. Katkov K. A., Skorykh L. N., et al. The use of breeding indices in the selection of parental pairs in sheep breeding. Chief zootechnician. 2019. № 7. Pp. 30-37.
4. Karatunov G. A. Methods for Assessing the Genotype of Animals in Practical Breeding: A Practical Guide for Zootechnicians-Breeders of Breeding Farms. pos. Persianovsky: Donskoy GAU, 2000. 51 p.
5. Katkov K. A. On the issue of formation of combined selection indices in sheep breeding. Agricultural Journal. 2020. № 1 (13). Pp. 41-48.
6. Katkov K. A. Review of methods for evaluating and ranking animals by several characteristics using a complex indicator. Agricultural Journal. 2020. № 3 (13). Pp. 51-58.
7. Katkov K. A. The use of the MS Excel spreadsheet processor to construct a generalized indicator of the qualitative characteristics of an animal. Agricultural Journal. 2021. № 2 (14). Pp. 66-76.
8. Katkov K. A. Formation of Combined Selection Index in Sheep Breeding. Bulletin of Agrarian Science. 2019. № 5 (80). Pp. 75-83.
9. Katkov K. A., Kryvoruchko A. Yu., Kanibolotska A. A. The use of a complex indicator to assess the parameters of productivity in Russian Merino sheep. Bulletin of Agrarian Science. 2021. № 4 (91). Pp. 62-72.
10. Katkov K. A., Omarov A. A. Use of the Generalized Quality Indicator Method in the Assessment of Small Ruminants. Bulletin of Agrarian Science. 2020. № 4 (85). Pp. 56-65.
11. Katkov K. A., Skorykh L. N., Efimova N. I., Kopylov I. A. The use of a complex productivity indicator to assess the genetic potential of sheep of different genotypes. Bulletin of Agrarian Science. 2021. № 5 (92). Pp. 49-58.

12. Kononova L. V. Genealogical characteristics of the pedigree nucleus of thoroughbred riding horses bred in the Stavropol Territory. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020. № 2 (193). Pp. 44-53.
13. Kulintsev V. V., Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A., Katkov K. A. Mechanism for calculating the complex indicator of animal productivity. *Achievements of science and technology of the agro-industrial complex*. 2022. V. 36. № 5. Pp. 67-74.
14. Plokhinsky N. A. *Biometrics*. Moscow State University Publ., 1970. 367 p.
15. Sycheva O. V., Mamyshev S. A., Murtazaliev A. A., Kononova L. V. Pedigree horse breeding of the Stavropol region and its structure. *Horse breeding and equestrian sports*. 2015. № 4. Pp. 8-10.
16. Kononova L. V., Vasilev E. A., Rachkov I. G., Plotnikov S. N. Genealogical lines of breeding mares as biological resources of a thoroughbred horse breed bred in the Stavropol region. *International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production*. 2021. P. 012101.

Информация об авторах

Гаджиев Закир Камилович, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0003-1966-7000, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru

Рачков Игорь Геннадьевич, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник, «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0002-3123-1333, e-mail: svin26@mail.ru

Кононова Лидия Валентиновна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ведущий научный сотрудник, «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0003-3812-9099, e-mail: kononova-lidij@mail.ru

Катков Константин Александрович, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0003-4734-8656, e-mail: kkatkoff@mail.ru

Смирнова Лидия Максимовна, научный сотрудник, «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр» (Российская Федерация, Ставропольский край, г. Михайловск, ул. Никонова, 49), ORCID: 0000-0002-1854-2735, e-mail: lms-2008@mail.ru

Author's Information

Gadzhiev Zakir Kamilovich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, «North Caucasus Federal Agricultural Research Center» (Russian Federation, Stavropol Region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0003-1966-7000, e-mail: gadzhiev70@yandex.ru

Rachkov Igor Gennadievich, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher, «North Caucasus Federal Agricultural Research Center» (Russian Federation, Stavropol Region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0002-3123-1333, e-mail: svin26@mail.ru

Kononova Lidiya Valentinovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, «North Caucasus Federal Agricultural Research Center» (Russian Federation, Stavropol Region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0003-3812-9099, e-mail: kononova-lidij@mail.ru

Katkov Konstantin Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, «North Caucasus Federal Agricultural Research Center» (Russian Federation, Stavropol Region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0003-4734-8656, e-mail: kkatkoff@mail.ru

Smirnova Lidiya Maksimovna, Researcher, «North Caucasus Federal Agricultural Research Center» (Russian Federation, Stavropol Region, Mikhailovsk, Nikonov str., 49), ORCID: 0000-0002-1854-2735, e-mail: lms-2008@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-27

THE INFLUENCE OF ORGANIC TRACE ELEMENTS ON THE EXTERIOR PROFILE, BODY INDEXES AND MILK PRODUCTIVITY OF ZAAEN GOATS IN THE RIGHT BANK OF THE SARATOV REGION

¹Zabelina M. V., ¹Goroshko D. D., ²Ryadnov A. A., ³Svetlov V. V.

¹Vavilov University

Saratov, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University

Volgograd, Russian Federation

³Russian Research and Design Institute of Sorghum and Maize

Saratov, Russian Federation

Corresponding author E-mail: mvzabelina@mail.ru

Received 29.11.2024

Submitted 09.01.2025

Abstract

Introduction. In recent years, dairy goat breeding has become a fairly attractive sub-sector of agricultural production, as it is a supplier of valuable dairy raw materials for the food industry [1]. Among the dairy goat breeds in the Russian Federation, the Zaanenskaya has become the most common, which has a wide range of habitats, and therefore is bred on many continents. This breed has high adaptive abilities, as well as good adaptive qualities. It can be widely used both in industrial enterprises and in farms [2]. As productivity increases, metabolic processes begin to take place more actively in the body of goats, which are significantly influenced by trace elements. Their main source is feed. It should be noted that their mineral com-

position is very variable and depends on a number of factors. The concept of the content of trace elements in feeds and diets is an important criterion for the organization of proper nutrition. The bioavailability of trace elements is becoming a vector of scientific research. At the same time, studies by domestic and foreign scientists confirm the use of the effectiveness of trace elements in organic form [3, 4]. The use of organic compounds increases the absorption of trace elements and helps maintain the productive qualities of animals, increase the fat and protein content in milk, and reduce the content of somatic cells. The external characteristics of goats play an important role in increasing their milk productivity, since animals with correct stature and harmoniously built in most cases have high productivity, good health, good body resistance to diseases, and are able to consume more feed [5]. The study of the external parameters of the Zaanen goats makes it possible to adjust not only the changes in their physique, but also to show its relationship with dairy productivity. Therefore, the research results are relevant and can be used to create a breeding base for dairy goat breeding in the Saratov region. **Object.** The object of research is female goats of the Zaanen breed. **Material and methods.** The exterior and milk productivity were studied in forty Zaanen goats in the IP Head of the farm Aleksashina E. A. Yekaterinovskiy district, Saratov region. When organizing the experiment, 4 groups of goats of the Zaanen breed with 10 heads each were formed according to the principle of pairs of analogues. During the research period, goats of the 3rd lactation were used. In the course of the research, exterior indicators were studied and body indexes were calculated according to generally accepted methods. **Results and conclusions.** Female goats of experimental groups I, II and III slightly outnumbered female goats from the control group by 0.4%, 0.6% and 1.0% in live weight. Also, goats from experimental groups I, II and III were characterized by some differences in measurements in relation to the control group. According to such parameters as height at withers, height at sacrum, chest width, width at hips, width at ischial tuberosity's, chest girth behind shoulder blades, chest depth, oblique body length and pastern girth the goats of experimental groups I, II and III were superior to the animals of the control group by 0.77%, 1.07%, 1.37%; 0.45%, 0.89%, 1.19%; 1.12%, 1.67%, 2.75%; 1.30%, 2.56%, 3.80%; 3.17%, 4.69%, 5.43%; 0.24%, 0.47%, 0.70%; 0.96%, 1.59%, 2.22%; 0.12%, 0.62%, 0.74%; 2.56%, 5.00%, 6.17%, respectively. When calculating the physique indices of the Zaanen goats of all the studied groups, it was found that the animals had a regular build and development for the dairy sector of productivity. During the experiment, the goat mothers of the experimental groups, whose diet included the OMEK-7M organic trace element complex, received high milk yields compared to animals from the control group by 12.79%; 8.55% and 3.91%.

Keywords: organic trace elements, goats, Saanen goat breed, live weight of goats, exterior indicators of goats, body indices of goats, milk productivity of goats.

Citation. Zabelina M. V., Goroshko D. D., Ryadnov A. A., Svetlov V. V. The influence of organic trace elements on the exterior profile, body indexes and milk productivity of Zaanen goats in the Right Bank of the Saratov region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 265-274 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-27.

Author's contribution. The team of authors was 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 interests. The authors declare no conflict of interest.

УДК 636.39.034:636.084

ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ НА ЭКСТЕРЬЕРНЫЙ ПРОФИЛЬ, ИНДЕКСЫ ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ И МОЛОЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ КОЗ ЗААНЕНСКОЙ ПОРОДЫ В ПРАВОБЕРЕЖЬЕ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Забелина М. В., доктор биологических наук, профессор

¹Горошко Д. Д., аспирант

²Ряднов А. А., доктор биологических наук, профессор

³Светлов В. В., кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО Вавиловский университет

г. Саратов, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

³ФГБНУ РосНИИСК «Россорго»

г. Саратов, Российская Федерация

Актуальность. В последние годы молочное козоводство становится достаточно привлекательной подотраслью сельскохозяйственного производства, так как является поставщиком ценного молочного сырья для пищевой промышленности [1]. Среди молочных пород коз в Российской Федерации самой распространенной стала зааненская, которая имеет широкий ареал обитания, в связи с

чем разводится на многих континентах. Эта порода обладает высокими адаптационными способностями, а также хорошими приспособительными качествами. Ее широко можно использовать как на промышленных предприятиях, так и в фермерских хозяйствах [2]. С повышением продуктивности в организме коз начинают более активно протекать обменные процессы, на которые существенное влияние оказывают микроэлементы. Главным их источником являются корма. При этом нужно заметить, что их минеральный состав очень изменчив и зависит от ряда факторов. Понятие о содержании микроэлементов в кормах и рационах является важным критерием для организации правильного питания. Вектором научного поиска становится биодоступность микроэлементов. При этом исследованиями отечественных и зарубежных ученых подтверждается использование эффективности микроэлементов в органической форме [3, 4]. Использование органических соединений повышает усвоение микроэлементов и способствует поддержанию продуктивных качеств животных, повышению содержания жира и белка в молоке, снижению содержания соматических клеток. Экстерьерная характеристика коз играет важную роль в повышении их молочной продуктивности, так как животные с правильными статями и гармонично сложенные в большинстве случаев обладают высокой продуктивностью, крепким здоровьем, хорошей сопротивляемостью организма к заболеваниям, способны потреблять большее количество кормов [5]. Изучение экстерьерных показателей коз зааненской породы позволяет дать корректировку не только изменениям в их телосложении, но и показать его взаимосвязь с молочной продуктивностью. Поэтому результаты исследований являются актуальными и могут быть использованы при создании племенной базы молочного козоводства Саратовской области. **Объект.** Объектом исследований являются козоматки зааненской породы. **Материал и методы.** Экстерьер и молочную продуктивность изучали у сорока коз зааненской породы в ИП Глава КФХ Алексашина Е. А. Екатериновского района, Саратовской области. При организации опыта было сформировано по принципу пар-аналогов 4 группы козоматок зааненской породы по 10 голов в каждой. На период исследований использовали коз 3-ей лактации. В процессе исследований были изучены экстерьерные показатели и рассчитаны индексы телосложения по общепринятым методикам. **Результаты и выводы.** Козоматки I, II и III опытных групп по живой массе незначительно превосходили козоматок из контрольной группы на 0,4%, 0,6% и 1,0%. Также козы I, II и III опытных групп по отношению к контрольной группе характеризовались некоторыми отличиями в промерах. По таким показателям, как высота в холке, высота в крестце, ширина груди, ширина в маклоках, ширина в седалищных буграх, обхват груди за лопатками, глубина груди, косая длина туловища и обхват пясти козы I, II и III опытных групп имели превосходство над животными из контрольной группы на 0,77%, 1,07%, 1,37%; 0,45%, 0,89%, 1,19%; 1,12%, 1,67%, 2,75%; 1,30%, 2,56%, 3,80%; 3,17%, 4,69%, 5,43 %; 0,24%, 0,47%, 0,70%; 0,96%, 1,59%, 2,22%; 0,12%, 0,62%, 0,74%; 2,56%, 5,00%, 6,17% соответственно. При расчете индексов телосложения зааненских коз всех исследуемых групп установлено, что животные имели закономерное сложение и развитие для молочного направления продуктивности. От козоматок подопытных групп, в рацион которых был включен органический микроэлементный комплекс «ОМЭК-7М» на протяжении опыта получали высокие удои по сравнению с животными из контрольной группы на 12,79%; 8,55% и 3,91%.

Ключевые слова: органические микроэлементы, козоматки, зааненская порода коз, живая масса коз, экстерьерные показатели коз, индексы телосложения коз, молочная продуктивность коз.

Цитирование. Забелина М. В., Горошко Д. Д., Ряднов А. А., Светлов В. В. Влияние органических микроэлементов на экстерьерный профиль, индексы телосложения и молочную продуктивность коз зааненской породы в Правобережье Саратовской области. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 265-274. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-27.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На настоящий момент молочное козоводство становится одной из привлекательных подотраслей животноводческого производства. Статистика, которую приводят Байлина Г. Ж. и Омарова К. М. [6] поголовье коз всех категорий в Российской Федерации оценивается в 2,1 млн. голов, из которых 783 000 – молочные козы. Ряд авторов Лукин И. И. и др. [7]; Ibragimov L., Isakov Kh., [8] отмечают, что состав козьего молока имеет повышенную биологическую ценность. Его аминокислоты и липиды ближе к женскому молоку, чем к коровьему, что делает его незаменимой частью искусственного молочного питания. К тому же молоко козье более легко усваивается и помогает репарации организма при многих болезнях. Многие авторы Исламова С. Г. [9]; Чамурлиев Н. Г., Шперов А. С., Шенгелия И. С. и др. [10]; Гашева М. А. [11]; Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Щетинина Е. М. [12]; Сердюкова Я. П. [13]; Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мосолова А. А.

[и др.] [14]; Ледяев Т. Б., Горошко Д. Д., Кадушина В. С. и др. [15] отмечают, что среди молочных пород самыми востребованными из-за высокой продуктивности являются зааненские, альпийские и тоггенбургские породы коз. Исследования козьего молока и разработка новых технологий позволят не только расширить ассортимент продукции, но и создать новые молочные продукты с лечебно-профилактическими свойствами с учетом интересов потребителей.

Оценка по экстерьеру имеет большое значение при определении конституционального типа животного в пределах породы. Исследования наружных форм животного позволяет сделать вывод о большей или меньшей ценности животного. Так, по развитию вымени, кожи и других наружных статей судят о козах молочного направления продуктивности. Наиболее желательными животными являются животные, имеющие крепкий тип конституции. Они характеризуются правильным сочетанием всех статей с высокой продуктивностью. Козы этого типа очень компактные животные. Костяк у них не массивный, голова по отношению к туловищу средней величины, кости ног средней толщины, кожа плотная на ощупь.

Цель исследований состояла в изучении влияния органического микроэлементного комплекса «ОМЭК-7М» на особенности экстерьера коз зааненской породы и их молочную продуктивность.

Материалы и методы. Исследования проводились в период с 2022 по 2025 года на козах зааненской породы в условиях ИП Глава КФХ Алексашина Е. А. Екатериновского района Саратовской области. Материалом исследований послужили козы зааненской породы. Были сформированы 4 группы: контрольная, I, II и III опытные группы по 10 голов в каждой. Животные из контрольной группы употребляли основной рацион (ОР) плюс премикс, содержащий микроэлементы в форме неорганических солей, а животным из I опытной группы дополнительно к основному рациону (ОР) добавлялся премикс, содержащий микроэлементы в количестве 5% от контроля в форме «ОМЭК-7», животным из II опытной группы дополнительно к основному рациону (ОР) добавлялся премикс, содержащий микроэлементы в количестве 10% от контроля в форме «ОМЭК-7М», животным же из III опытной группы дополнительно к основному рациону (ОР) добавлялся премикс, содержащий микроэлементы в количестве 20% от контроля в форме «ОМЭК-7М». Время эксперимента составило 210 дней. В течение всего опыта подопытные животные находились в одном хозяйстве и в одинаковых условиях кормления и содержания. При разработке рационов животным учитывали нормы кормления РАСХН (Калашников А. П. и др., [16]), продуктивность, возраст и живую массу коз.

Взвешивание коз для определения живой массы выполняли с точностью до 0,1 кг, а экстерьер был исследован путем изучения отдельных промеров и индексов телосложения с помощью мерных инструментов. Оценка телосложения подопытных коз проводилась путем расчета индексов на основании усредненных значений промеров.

Молочную продуктивность козوماتок изучали ежемесячно на базе контрольных доек индивидуально от каждой козы. Определение содержания массовой доли жира – по ГОСТу 5867-90 «Молоко и молочные продукты. Методы определения жира». Определение общего белка и казеина в молоке – по ГОСТу 25179-2014 «Методы определения общего белка». Согласно ГОСТ Р52054-2003 базисная общероссийская норма массовой доли жира молока составляет 3,4%, базисная норма массовой доли белка – 3,0%.

Результаты. В кормлении жвачным животным требуются для нормальной эксплуатации определенные питательные вещества, поступающие с кормами. Среди нормируемых питательных веществ различают органические и минеральные. Микроэлементный комплекс не содержит генно-инженерно-модифицированных продуктов. Содержание вредных примесей не превышает предельно допустимых норм. «ОМЭК-7М» совместим со всеми ингредиентами корма. Различие в составах премикса заключалось только в различных дозах замены неорганических солей микроэлементов на органические формы «ОМЭК-7М», содержание витаминов, и серы было на аналогичном уровне. Рационы были идентичными для всех групп животных, различие только в рецептурах премиксов. Состав применяемого рациона представлен в таблице 1.

В среднем за период опыта суточный рацион козوماتок всех групп включал 4,5 кг травы злаково-разнотравного луга; 0,4 кг зерносмеси; 7 г поваренной соли и 20 г премикса (таблица 1).

В рационе содержалось 1,75 энергетических кормовых единиц; 175,00 обменной энергии; 2,103 кг сухого вещества; 273,24 г сырого протеина; 172,48 г переваримого протеина; 63,50 г сырого жира; 489,1 г сырой клетчатки; 60,00 г сахара; 10,8 г кальция; 3,6 г фосфора; 3,75 г магния; 3,85 г серы; 212,50 мг железа; 21,50 мг меди; 130,10 мг цинка; 171,00 мг марганца; 3,49 мг кобальта; 3,49 мг йода; 0,6 мг селена; 175,00 мг каротина.

Рационы для подопытных групп козوماتок по питательности не отличаются, однако хелатные соединения микроэлементов имеют лучшую биодоступность.

Таблица 1 – Среднесуточный рацион подопытных козوماتок (на 1 голову)

Table 1 – Average daily ration of experimental goats (per 1 unit of cattle)

Состав / Composition	Содержится в рационе / Found in the diet
Трава злаково-разнотравного луга, кг / Grass of grass-forb meadow, kg	4,500
Зерносмесь (ячмень, овес, пшеница, кукуруза, семена подсолнечника) / Grain mixture (barley, oats, wheat, corn, sunflower seeds)	0,4
соль поваренная, г / table salt, g	7
премикс, г / premix, g	20
В рационе содержится / The diet contains:	
энергетических кормовых единиц / energy feed units	1,75
обменной энергии, МДж / Exchangeable energy, MJ	175,00
сухого вещества, кг / dry matter, kg	2,103
сырого протеина, г / crude protein, g	273,24
переваримого протеина, г / of digestible protein, g	172,48
сырого жира, г / crude fat, g	63,50
сырой клетчатки, г / crude fibre, g	489,1
сахара, г / sugar, g	60,00
кальция, г / calcium, g	10,8
фосфора, г / phosphorus, g	3,6
магния, г / magnesium, g	3,75
серы, г / sulfur, g	3,85
железа, мг / Iron, mg	212,50
меди, мг / copper, mg	21,50
цинка, мг / zinc, mg	130,10
марганца, мг / manganese, mg	171,00
кобальта, мг / cobalt, mg	3,49
йода, мг / iodine, mg	3,49
селена, мг / Selenium, mg	0,6
каротина, мг / carotene, mg	175,00

Экстерьер и конституция представляют важнейшие показатели продуктивных и племенных качеств мелкого рогатого скота. Исследование внешнего вида, наружных форм сложения животного очень значимо, так как оценка по развитию и соотношению отдельных статей тела способствует в определенной степени делать соответствующие выводы о типе и направлении продуктивности.

Козы зааненской породы характеризуются своеобразным экстерьером, а именно: относительно крупными размерами, сухостью, ярко выраженными молочными формами. Животные имеют окрас белого цвета, преимущественно комолые. Для животных ИП Глава КФХ Алексашина Е. А. все вышеуказанные признаки были характерны. Живая масса является одним из самых главных критериев оценки полноценного развития животных. Данные по живой массе, которые были нами получены в опыте (таблица 2) показывают, что козы исследуемых групп характеризуются аналогичными результатами, так как разница в живой массе между группами находится в пределах от 200 до 500 граммов, при этом разница будет недостоверной. Промерные показатели находятся в соответствии с данными, которые свойственны козам молочного направления продуктивности и говорят о гармоничности развития этих животных.

Анализируя таблицу 2, можно сказать, что козوماتки I, II и III опытных групп по живой массе незначительно превосходили козوماتок из контрольной группы на 0,4%, 0,6% и 1,0%. Также козы I, II и III опытных групп по отношению к контрольной группе характеризовались некоторыми отличиями в промерах. По таким показателям, как высота в холке, высота в крестце, ширина груди, ширина в маклоках, ширина в седалищных буграх, обхват груди за лопатками, глубина груди, косая длина туловища и обхват пясти козы I, II и III опытных групп имели превосходство над животными из контрольной группы на 0,77%, 1,07%, 1,37%; 0,45%, 0,89%, 1,19%; 1,12%, 1,67%, 2,75%; 1,30%, 2,56%, 3,80%; 3,17%, 4,69%, 5,43%; 0,24%, 0,47%, 0,70%; 0,96%, 1,59%, 2,22%; 0,12%, 0,62%, 0,74%; 2,56%, 5,00%, 6,17% соответственно. По некоторым показателям промеров статей тела козوماتок между группами были выявлены достоверные различия, которые показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Живая масса и промеры коз зааненской породы (n=5, $\Sigma=20$)
Table 2 – Live weight and measurements of Saanen goats (n=5, $\Sigma=20$)

Показатель / Index	Стандарт породы / Breed Standard	Группа / Group			
		контрольная / Control	I опытная / I tested	II опытная / II tested	III опытная / III tested
Живая масса, кг / Live weight, kg	50-60	50,0±0,39	50,2±0,43	50,3±0,49	50,5±0,45
Высота в холке, см / Height at withers, cm	75	64,7±0,25	65,2±0,32	65,4±0,30	65,6±0,29*
Высота в крестце, см / Height in the sacrum, cm	76	66,5±0,45	66,8±0,39	67,1±0,42	67,3±0,44
Ширина груди, см / Chest width, cm	18	17,7±0,20	17,9±0,23	18,0±0,25	18,2±0,21
Ширина в маклоках, см / Width in crowns, cm	17	15,2±0,14	15,4±0,16	15,6±0,18	15,8±0,15*
Ширина в седалищных буграх, см / Width in the ischial tuberosity, cm	-	12,2±0,08	12,6±0,09*	12,8±0,08***	12,9±0,09***
Обхват груди за лопатками, см / Chest circumference behind shoulder blades, cm	88	84,9±0,42	85,1±0,37	85,3±0,40	85,5±0,39
Глубина груди, см / Chest depth, cm	35	30,9±0,30	31,2±0,26	31,4±0,32	31,6±0,31
Косая длина туловища, см / Oblique length of the body, cm	81	80,4±0,33	80,5±0,24	80,9±0,28	81,0±0,29
Обхват пясти, см / Pastern circumference, cm	-	7,6±0,09	7,8±0,08	8,0±0,09*	8,1±0,08**

Примечание. Здесь и далее условными знаками дана достоверность разницы показателей по сравнению с контрольной группой: «*» - $p \leq 0,05$; «**» - $p \leq 0,01$; «***» - $p \leq 0,001$.

Note. Hereinafter, conventional signs give the reliability of the difference in indicators compared to the control group: "*" - $p \leq 0.05$; "**" - $p \leq 0.01$; "***" - $p \leq 0.001$.

Индексы телосложения более наглядно указывают на особенности экстерьера коз и правильность развития пропорций их тела (таблица 3).

Таблица 3 – Индексы телосложения коз зааненской породы, %
Table 3 – Body indices of goats of the Saanen breed, %

Показатель / Index	Группа / Group			
	Контрольная / Control	I опытная / tested	II опытная / tested	III опытная / tested
Грудной / Thoracic	57,28	57,37	57,32	57,59
Сбитости / Body density	105,60	105,71	105,44	105,56
Растянутости / Stretches	124,27	123,47	123,70	123,48
Шилозадости / The form of the ass	124,59	122,22	121,88	122,48
Длинноногости / Leg length	57,28	57,37	57,32	57,59
Костистости / Body bone index	11,75	11,96	12,23	12,35
Перерослости / Overgrowth rate	102,78	102,45	102,60	102,59

При расчете индексов телосложения зааненских коз всех исследуемых групп установлено, что животные имели закономерное сложение и развитие свойственное для коз молочного направления продуктивности.

Изучение уровня молочной продуктивности подопытных коз при использовании рационов, в состав которых входил органический микроэлементный комплекс «ОМЭК-7М» показало явное превосходство животных опытных групп над животными контрольной группы (таблица 4).

Таблица 4 – Молочная продуктивность козوماتок за 210 дней опыта (n=10, $\Sigma=40$)
Table 4 – Milk productivity of goats for 210 days of experiment (n=10, $\Sigma=40$)

Показатель / Index	Группа / Group			
	контрольная / control	I опытная / tested	II опытная / tested	III опытная / tested
Удой, кг / Milk yield, kg	431,33±17,30	471,68±16,10	494,60±17,80*	448,87±18,20
Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %	4,31	4,51	4,61	4,39
Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %	3,46	3,53	3,62	3,49
Пересчет молока на базисную жирность (3,4 %), кг / Conversion of milk to basic fat content (3.4%), kg	546,77	625,67	670,62	579,57
Пересчет молока на базисный белок (3,0 %), кг / Milk conversion to base protein (3.0%), kg	497,47	555,01	596,82	522,19
Количество молочного жира, кг / Amount of milk fat, kg	18,59	21,27	22,80	19,71
Количество молочного белка, кг / Amount of milk protein, kg	14,92	16,65	17,90	15,67

Примечание. Здесь и далее условными знаками дана достоверность разницы показателей по сравнению с контрольной группой: «*» - $p \leq 0,05$.

Note. Hereinafter, conventional signs give the reliability of the difference in indicators compared to the control group: "*" - $p \leq 0.05$.

Анализируя данные таблицы 4, отмечаем, что по молочной продуктивности козы II, I и III опытных групп превосходили коз из контрольной группы на 12,79%; 8,55% и 3,91%. При перерасчете надоев на базисную жирность данные по молочной продуктивности также были выше у коз II, I и III опытных групп относительно контрольной группы на 123,85 кг или 18,47%; 78,90 кг или 12,61% и 32,80 кг или 5,66%, а по базисной доле белка на 99,35 кг или 16,65%; 57,54 кг или 10,37% и 24,72 кг или 4,73% соответственно. Количество молочного жира в молоке подопытных коз II, I и III групп за 210 дней лактации преобладало над количеством молочного жира в молоке коз контрольной группы соответственно на 18,46%; 12,60% и 5,68%, а по количеству молочного белка на 16,65%; 10,23% и 4,79% соответственно.

Обсуждение. Результаты, полученные при исследовании по использованию в рационах опытных групп лактирующих коз хелатных форм микроэлементного комплекса (аспарагинатных солей микроэлементов), показали их преимущество. Козам из опытных групп дополнительно к основному рациону добавляли премикс с содержанием микроэлементов в количестве 5%; 10% и 20% от контроля в форме «ОМЭК-7М». Лучший результат был получен от варианта при введении в премикс 10% органического микроэлементного комплекса «ОМЭК-7М», что подтвердили показатели высокой молочной продуктивности. При введении 5% данного комплекса показатели молочной продуктивности были несколько снижены, а при введении 20% этого комплекса они были низкими. Экстерьер козوماتок в целом соответствует типу породы, но в нем отмечается некоторая специфичность, такая как удлиненность туловища. Выявлены достоверные различия по отдельным промерам статей тела в сравниваемых группах. По индексам телосложения зааненские козы отвечают показателям породы. Проведенные исследования показали, что применение в рационе лактирующих коз органического микроэлементного комплекса «ОМЭК-7М» оказало положительное влияние на объем полученного молока.

Заключение. Исходя из выше изложенного нужно сделать акцент на том, что органический микроэлементный комплекс «ОМЭК-7М» в составе компонента премикса в рационе для молочных коз имеет целый ряд преимуществ: он обладает низкой токсичностью, хорошо растворяется в воде, стоек в широком диапазоне значений pH, имеет высокую биодоступность. Оказывает определенное влияние на экстерьерно-конституциональные особенности зааненских козوماتок.

Помимо этого, микроэлементный комплекс оказывает положительное действие на молочную продуктивность коз, что говорит о целесообразности его применения в молочном козоводстве.

Conclusions. Based on the above, it should be emphasized that the organic trace element complex "OMEK-7M" as part of the premix component in the diet for dairy goats has a number of advantages: it has low toxicity, is well soluble in water, is persistent in a wide range of pH values, and has high bioavailability. It has a certain influence on the exterior and constitutional features of Zaanen goats.

In addition, the trace element complex has a positive effect on the milk productivity of goats, which indicates the expediency of its use in dairy goat breeding.

Библиографический список

1. Кульмакова И. И. и др. Сравнительная характеристика молока коз разных пород. Овцы, козы, шерстяное дело. 2024. № 1. С. 36-40.
2. Айбазов М. М., Селионова М. И., Мамонтова Т. В. Экстерьерные и некоторые биологические показатели карачаевских коз. Зоотехния. 2019. № 12. С. 5-9.
3. Коробов А. П., Быкова Е. В. Органический микроэлементный комплекс в кормлении коров при производстве йодированного молока. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 6 (191). С. 24-38.
4. Владимиров Н. И., Гришин М. А. Рост козочек разных пород при использовании в кормлении минерально-витаминной смеси (Минвит 4-1.22). Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: сборник материалов I Международной научно-практической конференции. Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2023. С. 37-41.
5. Зыкова А. А., Чамурлиев Н. Г. Продуктивность и качество молока коз зааненской и англо-нубийской пород в условиях Нижнего Поволжья. Главный зоотехник. 2024. № 1 (246). С. 3-16.
6. Байлина Г. Ж., Омарова К. М. Экстерьерные и молочные показатели зааненских коз в условиях Акмолинской области. Приоритеты агропромышленного комплекса: научная дискуссия: материалы международной научно-практической конференции. Петропавловск: "Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева", 2022. С. 41-45.
7. Лукин И. И., Юлдашбаев Ю. А., Фейзуллаев Ф. Р. Экстерьерные показатели молочных коз местной популяции и чешской породы. Зоотехния. 2020. № 6. С. 30-32.
8. Ibragimov L., Isakov Kh. Positive and negative sides of cow, goat and sheep milk. Universum: technical sciences. 2022. V. 11-8 (104). Pp. 19-22.
9. Исламова С. Г. Молочное козоводство в Республике Башкортостан. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2020. № 1 (53). С. 78-82.
10. Чамурлиев Н. Г. и др. Молочная продуктивность и качество молока коз зааненской породы в зависимости от экстерьерных признаков. Овцы, козы, шерстяное дело. 2020. № 3. С. 16-19.
11. Гашева М. А. Подбор сырья и основных компонентов для производства кисломолочного напитка из козьего молока. Новые технологии. 2020. Т. 16. № 6. С. 13-19.
12. Гаврилова Н. Б., Чернопольская Н. Л., Щетинина Е. М. Инновационная технология функционального продукта специального (спортивного) питания. Переработка молока. 2021. № 3 (257). С. 20-23.

13. Сердюкова Я. П. Разработка технологии творожного продукта на основе козьего молока. Инновационные подходы к развитию устойчивых аграрно-пищевых систем: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: ООО "СФЕРА", 2022. С. 282-285.

14. Горлов И. Ф. и др. Технологические аспекты создания нового вида козьего сыра. Овцы, козы, шерстяное дело. 2024. № 1. С. 23-29.

15. Ледяев Т. Б., Забелина М. В., Горошко Д. Д., Кадушина В. С. Перспективы развития регионального рынка функциональных продуктов питания на основе козьего молока. Проблемы и перспективы развития сельского хозяйства и сельских территорий: сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н. И. Вавилова, 2024. С. 140-145.

16. Калашников А. П. и др. Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. М., 2003. 456 с.

References

1. Kulmakova I. I. et al. Comparative characteristics of goat milk of different breeds. Sheep, goats, woollen making. 2024. № 1. Pp. 36-40.

2. Aybazon M. M., Selionova M. I., Mamontova T. V. Exterior and Some Biological Indicators of Karachai Goats. Animal Science. 2019. № 12. Pp. 5-9.

3. Korobov A. P., Bykova E. V. Organic Microelement Complex in Cow Feeding in the Production of Iodized Milk. Feeding of farm animals and fodder production. 2021. № 6 (191). Pp. 24-38.

4. Vladimirov N. I., Grishin M. A. Growth of goats of different breeds when using a mineral-vitamin mixture in feeding (Minvit 4-1.22). Modern Aspects of Production and Processing of Agricultural Products: Collection of Materials of the I International Scientific and Practical Conference. Barnaul: Altai State Agrarian University, 2023. Pp. 37-41.

5. Zykova A. A., Chamurliov N. G. Productivity and Quality of Milk of Saanen and Anglo-Nubian Goats in the Lower Volga Region. Chief zootechnician. 2024. № 1 (246). Pp. 3-16.

6. Bailina G. Zh., Omarova K. M. Exterior and dairy indicators of Saanen goats in the conditions of the Akmola region. Priorities of the agro-industrial complex: scientific discussion: materials of the international scientific and practical conference. Petropavlovsk: "North Kazakhstan University named after M. Kozybayev", 2022. Pp. 41-45.

7. Lukin I. I., Yuldashbaev Y. A., Feyzullaev F. R. Exterior Indicators of Dairy Goats of the Local Population and the Czech Breed. Animal Science. 2020. № 6. Pp. 30-32.

8. Ibragimov L., Isakov Kh. Positive and negative sides of cow, goat and sheep milk. Universum: technical sciences. 2022. V. 11-8 (104). Pp. 19-22.

9. Islamova S. G. Dairy goat breeding in the Republic of Bashkortostan. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2020. № 1 (53). Pp. 78-82.

10. Chamurliov N. G., et al. Milk productivity and milk quality of goats of the Saanen breed depending on exterior characteristics. Sheep, goats, woollen making. 2020. № 3. Pp. 16-19.

11. Gasheva M. A. Selection of raw materials and main components for the production of fermented milk drink from goat's milk. New technologies. 2020. V. 16. № 6. Pp. 13-19.

12. Gavrilova N. B., Chernopolskaya N. L., Shchetinina E. M. Innovative technology of the functional product of special (sports) nutrition. Milk processing. 2021. № 3 (257). Pp. 20-23.

13. P. Development of the technology of a cottage cheese product based on goat's milk. Innovative Approaches to the Development of Sustainable Agrarian and Food Systems: Materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: ООО "СФЕРА", 2022. Pp. 282-285.

14. Gorlov I. F. et al. Technological Aspects of Creating a New Type of Goat Cheese. Sheep, goats, woollen making. 2024. № 1. Pp. 23-29.

15. Ledyayev T. B., Zabelina M. V., Goroshko D. D., Kadushina V. S. Prospects for the Development of the Regional Market of Functional Food Products Based on Goat's Milk. Problems and Prospects for the Development of Agriculture and Rural Areas: Collection of Articles of the XII International Scientific and Practical Conference. Saratov: Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov, 2024. Pp. 140-145.

16. Kalashnikov A. P. et al. Norms and rations for feeding farm animals. Moscow, 2003. 456 p.

Информация об авторах

Забелина Маргарита Васильевна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7818-8109>, e-mail: mvzabelina@mail.ru

Горошко Даниил Дмитриевич, аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова. (Российская Федерация, 410012, Россия, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина зд. 4, стр. 3), e-mail: goroshko.danya@yandex.ru

Ряднов Алексей Анатольевич, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6826-8009>; e-mail: radnov@mail.ru

Светлов Владислав Владимирович, кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник, ФГБНУ Российский научно-исследовательский и проектно-технологический институт сорго и кукурузы (Российская Федерация, 410050, Россия, г. Саратов, 1-й Институтский проезд 4), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0270-1970>, e-mail: svsvetlov1992@mail.ru

Author's Information

Zabelina Margarita Vasilyevna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Pyotr Stolypin Avenue, 4/3), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7818-8109>, e-mail: mvzabelina@mail.ru

Goroshko Daniil Dmitrievich, graduate student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Pyotr Stolypin Avenue, 4/3), e-mail: goroshko.danya@yandex.ru

Ryadnov Aleksey Anatolievich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6826-8009>; e-mail: radnov@mail.ru
Svetlov Vladislav Vladimirovich, Candidate of Agricultural Sciences, Junior Researcher, Russian Research and Design Institute of Sorghum and Maize (Russian Federation, 410050, Russia, Saratov, 1st Institutskiy proezd, 4), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0270-1970>, e-mail: svsvetlov1992@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-28

THE INFLUENCE OF THE TARGETED PREMIX FORMULATIONS ON THE GROWTH INTENSITY OF BULLS RAISED FOR MEAT

¹Karapetyan A. K., ¹Nikolaev S. I., ¹Mosienko L. I., ¹Chehranova S. V., ¹Vorontsova E. S.,
¹Danilenko I. Yu., ¹Shkalenko V. V., ²Sukhanova S. F.

¹Volgograd State Agrarian University
 Volgograd, Russian Federation

²St. Petersburg State Agrarian University
 St. Petersburg, Russian Federation

Corresponding author E-mail: schekhranova@mail.ru

Received 26.11.2024

Submitted 31.01.2025

The study was conducted within the framework of the agreement dated 14.05.2018 no. D/A-2429-18 on the topic: "The effect of using a granular mineral and vitamin complex in cattle diets"

Abstract

Introduction. Due to the great demand for livestock products, meat producers are constantly looking for new technologies and solutions to increase the volume and quality of products received. This became possible thanks to improved quality of feeding, as well as living conditions for animals. The profitability of the meat production area directly depends on the quantity and quality of the products obtained with the lowest production costs. The purpose of the study was to determine the effect of targeted premix recipes on the growth rate of Aberdeen Angus bulls fed for meat. **Object of study.** The object of the research was bulls of the Aberdeen-Angus breed. **Materials and methods.** In the conditions of the Stavropol Beef LLC enterprise in the Predgorny district of the Stavropol Territory, a scientific and economic experiment was carried out on bulls of the Aberdeen-Angus breed. Young animals aged 6 months were divided into two groups (control and experimental) using the method of analogue pairs. Identical housing and feeding conditions were created for animals in the control and experimental groups, which fully complied with zoohygienic requirements. There were characteristic differences only in the feeding rations of the bulls. Thus, young animals from the control group received a basic diet with a premix, developed without taking into account feeding characteristics, and from the experimental group - taking into account specific feeding conditions and the actual nutritional value of the feed. **Results and conclusions.** The live weight of an animal serves as an important indicator of its state of health and general well-being. At the end of the experiment, the live weight of bulls in the control group was 587.44 kg, and in the experimental group 617.79 kg, which was higher than in the control group by 30.35 kg or 5.17%. During the period of the experiment, the total increase in experimental animals in the control group was 396.54 kg, and in the experimental group – 428.45 kg, which is 31.91 kg and 8.05% more than in the control group. The average daily increase in Aberdeen Angus bulls over the entire experiment in the control group was 1086.41 g, and in the experimental 1173.84 g, which is 87.42 g and 8.05% more than in the control group. During the experiment, the relative increase in animals varied, so at the beginning of the experiment in the control group it was 13.7%, and in the experimental group it was 15.07%, and at the end of the experiment (when the animals reached 18 months) it decreased in the control group to 5.94%, and in the experimental group to 6.23%. This pattern occurred due to the fact that at a young age, as a rule, animals have a high relative gain, and with age, body weight growth gradually decreases. The introduction of a premix into the diet, developed taking into account the specific feeding conditions and the actual nutritional value of the feed, had a positive effect on the growth rate of the Aberdeen Angus bull calves.

Keywords: meat productivity of bulls, feeding of bulls, premixes, premix formulations, nutritional value of feed.

Citation. Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Mosienko L. I., Chekhranova S. V., Vorontsova E. S., Danilenko I. Yu., Shkalenko V. V., Sukhanova S. F. The influence of the targeted premix formulations on the growth intensity of bulls raised for meat. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 274-282 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-28.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article has been approved by all authors.

Conflict of interest. The authors did not declare any conflicting interests.

УДК 636.084.52

**ВЛИЯНИЕ АДРЕСНЫХ РЕЦЕПТУР ПРЕМИКСОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ РОСТА
БЫЧКОВ, ВЫРАЩИВАЕМЫХ НА МЯСО**¹Карапетян А. К., доктор сельскохозяйственных наук, доцент¹Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹Мосиенко Л. И., аспирант¹Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук¹Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук¹Шкаленко В. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент²Суханова С. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный аграрный университет

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Исследование проведено в рамках договора от 14.05.2018. № Д/А-2429-18 по теме:**"Влияние использования гранулированного минерально-витаминного комплекса в рационах крупного рогатого скота"**

Актуальность. Из-за большого спроса на продукцию животноводства, производители мясной продукции находятся в постоянных поисках новых технологий и решений повышения объемов и качества получаемой продукции. Это стало возможно благодаря повышению качества кормления, а также условий содержания животных. Рентабельность мясного направления продуктивности напрямую зависит от количества и качества получаемой продукции с наименьшими затратами на производство. Целью исследования было определить влияние адресных рецептур премиксов на интенсивность роста бычков абердин-ангусской породы откармливаемых на мясо. **Объект исследования.** Объектом исследований явились бычки абердин-ангусской породы. **Материалы и методы.** В условия предприятия ООО «Ставропольская говядина» Предгорного района Ставропольского края был проведен научно-хозяйственный опыт на бычках абердин-ангусской породы. Молодые животные в возрасте 6 месяцев были разделены на две группы (контрольная и опытная) методом пар-аналогов. Для животных контрольной и опытной групп были созданы идентичные условия содержания и кормления, которые полностью соответствовали зоогигиеническим требованиям. Характерные различия имелись только в рационах кормления бычков. Так, молодые животные из контрольной группы получали основной рацион с премиксом, разработанный без учета особенностей кормления, а из опытной группы – с учетом конкретных условий кормления и фактической питательности кормов. **Результаты и выводы.** Живая масса животного служит важным индикатором его состояния здоровья и общего благополучия. В конце опыта живая масса бычков в контрольной группе составила 587,44 кг, а в опытной 617,79 кг, что было выше, чем в контрольной, на 30,35 кг или на 5,17%. За период проведения опыта общий прирост у подопытных животных в контрольной группе составил 396,54 кг, а в опытной – 428,45 кг, что на 31,91 кг и 8,05% больше, чем в контрольной группе. Среднесуточный прирост у бычков абердин-ангусской породы за весь опыт в контрольной группе составил 1086,41 г, а в опытной 1173,84 г, что на 87,42 г и 8,05% больше чем в контрольной группе. В течение опыта относительный прирост у животных варьировался, так в начале опыта в контрольной группе составлял 13,7%, а в опытной 15,07%, а в конце опыта (при достижении животными 18-ти месяцев) снизился в контрольной группе до 5,94%, а в опытной группе до 6,23%. Данная закономерность происходила в связи с тем, что в молодом возрасте животные, как правило, имеют высокий относительный прирост, а с возрастом рост массы тела постепенно снижается. Введение в рацион премикса, разработанного с учетом конкретных условий кормления и фактической питательности кормов, оказало положительное влияние на интенсивность роста бычков абердин-ангусской породы.

Ключевые слова: мясная продуктивность бычков, кормление бычков, премиксы, рецептуры премиксов, питательность кормов.

Цитирование. Карапетян А. К., Николаев С. И., Мосиенко Л. И., Чехранова С. В., Воронцова Е. С., Даниленко И. Ю., Шкаленко В. В., Суханова С. Ф. Влияние адресных рецептур премиксов на интенсивность роста бычков, выращиваемых на мясо. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 274-282. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-28.

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. Из-за большого спроса на продукцию животноводства производители мясной и молочной продукции находятся в постоянных поисках новых технологий и решений повышения объемов и качества получаемой продукции [13, 14]. Это стало возможно благодаря улучшению качества кормления, а также условий содержания животных [7, 8].

Рентабельность мясного направления продуктивности напрямую зависит от количества и качества получаемой продукции с наименьшими затратами на производство [12].

Некорректно составленные рационы для животных влекут за собой проблемы, связанные с нарушением обменных процессов, уменьшением естественной резистентности, и как следствие, снижением продуктивности и качества получаемой продукции [1, 2, 11].

Премиксы содержат витамины, минералы, аминокислоты и другие биологически активные вещества, которые необходимы для полноценного питания животных. Это особенно важно, так как основные корма не могут обеспечивать всех потребностей скота во всех контролируемых элементах питания [3].

Введение премиксов содействует получению сбалансированного рациона по необходимым минеральным и биологически активным веществам. Введение в комбикорма в малых дозах ферментов, микроэлементов, витаминов напрямую нарушает точность дозирования, при этом не учитывается биологическая доступность и физико-химические свойства препаратов [4, 9].

Количество фирм и производителей, поставляющих премиксы, с каждым годом растет. На сегодня ни одно производство не обходится без премикса. С каждым годом на рынке кормов появляются новые БАД, что ведет к постоянному совершенствованию составов премиксов [5].

Применение премиксов способствует повышению продуктивности животных. Исследования показывают, что сбалансированные рационы с добавлением премиксов могут привести к увеличению среднесуточных приростов и улучшению качества продукции [6, 10].

Регулярный мониторинг прироста живой массы позволяет оценить эффективность применяемых премиксов и при необходимости корректировать их состав.

Корректировка премиксов по питательности является динамичным процессом, который требует постоянного анализа потребностей животных, состава компонентов и условий кормления. Это позволяет обеспечить высокую продуктивность и здоровье крупного рогатого скота.

При составлении премиксов основной целью является использование биологически активных веществ, способных стимулировать обмен веществ у животных в нужном направлении, для получения максимальной продуктивности при минимальных затратах кормов.

В связи с этим считаем актуальным проведение исследований по включению в рацион бычков на откорме адресных рецептур премиксов.

Целью исследования было определить влияние адресных рецептур премиксов на интенсивность роста бычков абердин-ангусской породы откармливаемых на мясо.

Объект исследования. Объектом исследований явились бычки абердин-ангусской породы.

Материал и методы. В условиях предприятия ООО «Ставропольская говядина» Предгорного района Ставропольского края был проведен научно-хозяйственный опыт на бычках абердин-ангусской породы. Молодые животные в возрасте 6 месяцев были разделены на две группы (контрольная и опытная) методом пар-аналогов (таблица 1).

Для животных контрольной и опытной групп были созданы идентичные условия содержания и кормления, которые полностью соответствовали зоогигиеническим требованиям. Характерные различия имелись только в рационах кормления бычков. Так, молодые животные из контрольной группы получали основной рацион с премиксом, разработанным без учета особенностей кормления, а из опытной группы – с учетом конкретных условий кормления и фактической питательности кормов.

Таблица 1 – Схема проведения опыта на животных
Table 1 – The scheme of the experiment on animals

Группа / Group	Условия кормления / Feeding conditions	Продолжительность учетного периода / Duration of the accounting period	Количество голов скота / Number of cattle
Контрольная / Control	Основной рацион (ОР) с премиксом, разработанным без учета особенностей кормления / Basic diet (BD) with a premix developed without taking into account feeding characteristics	12 месяцев / 12 months	10
Опытная / Experimental	ОР с премиксом, разработанным с учетом особенностей кормления / BD with a premix developed taking into account feeding characteristics		10

Результаты и обсуждение. Живая масса животного действительно служит важным индикатором его состояния здоровья и общего благополучия. Важно отметить, что оптимальный вес животного зависит от множества факторов, включая возраст, пол, условия содержания и кормление. Регулярное отслеживание живой массы позволяет выявить возможные проблемы на ранней стадии, а также скорректировать режим питания животных.

Учет живой массы вели путем индивидуального взвешивания каждого животного один раз в месяц. Результаты взвешиваний представлены в таблице 2.

Начиная с 7-ми месячного возраста наблюдалась положительная динамика по набору живой массы у бычков опытной группы по сравнению со сверстниками из контрольной на 1,21 кг или 0,55%. На протяжении всего периода опыта также наблюдалось некоторое отличие по изучаемому показателю в пользу животных опытной группы по сопоставлению с контролем, так в 8-ми месячной возрасте разница составила 2,8 кг или 1,12%, в 9-ти месячном возрасте – 4,15 кг и 1,49%.

К 10-месячному возрасту отмечалось достоверное повышение живой массы бычков опытной группы по сравнению с контрольной на 5,85 кг и 1,89% ($P > 0,95$), в 11-ти месячном – 8,73 кг и 2,55% ($** P > 0,99$), в 12-ти месячном – 12,84 кг и 3,43% ($***P > 0,999$), в 13-ти месячном – 16,04 кг и 3,93% ($***P > 0,999$), в 14-ти месячном – 18,99 кг и 4,29% ($***P > 0,999$), в 15-ти месячном – 21,44 кг и 4,48% ($***P > 0,999$), в 16-ти месячном – 23,96 кг и 4,64% ($***P > 0,999$), в 17-ти месячном – 26,91 кг и 4,86% ($***P > 0,999$).

Таблица 2 – Динамика живой массы бычков, кг ($M \pm m$) (n=10)
Table 2 – Dynamics of live weight of bull calves, kg ($M \pm m$) (n=10)

Возраст, месяц / Age, month	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
6	190,90 $\pm$ 1,22	189,34 $\pm$ 1,24
7	218,99 $\pm$ 1,25	220,20 $\pm$ 1,21
8	247,86 $\pm$ 1,29	250,66 $\pm$ 1,27
9	278,54 $\pm$ 1,38	282,69 $\pm$ 1,35
10	309,56 $\pm$ 1,44	315,41 $\pm$ 1,40*
11	341,91 $\pm$ 1,51	350,64 $\pm$ 1,46**
12	374,87 $\pm$ 1,57	387,71 $\pm$ 1,55***
13	407,97 $\pm$ 1,63	424,01 $\pm$ 1,57***
14	443,04 $\pm$ 1,66	462,03 $\pm$ 1,62***
15	478,90 $\pm$ 1,73	500,34 $\pm$ 1,69***
16	516,14 $\pm$ 1,81	540,10 $\pm$ 1,79***
17	553,53 $\pm$ 1,93	580,44 $\pm$ 1,86***
18	587,44 $\pm$ 1,98	617,79 $\pm$ 1,93***

Здесь и далее * $P > 0,95$, ** $P > 0,99$, *** $P > 0,999$.

Here and hereafter * $P > 0,95$, ** $P > 0,99$, *** $P > 0,999$.

Живая масса бычков контрольной и опытной групп в конце откорма представлена на рисунке 1.

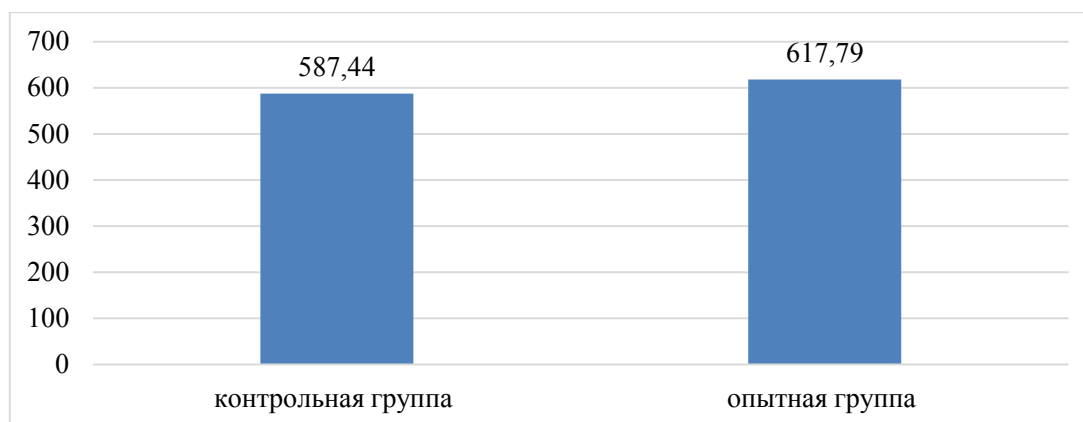


Рисунок 1 – Живая масса подопытных животных в конце опыта, кг
Figure 1 – Live weight of experimental animals at the end of the experiment, kg

В конце опыта живая масса в контрольной группе составила 587,44 кг, а в опытной 617,79 кг, что было выше, чем в контрольной на 30,35 кг или на 5,17%.

Далее нами были проанализированы такие важные показатели, как общий и среднесуточный прирост живой массы животных.

Высокий уровень кормления при выращивании обеспечивает интенсивный рост и способствует ускоренному созреванию животного. Если животному не созданы условия для роста, то его способность обеспечивать высокий выход и высокое качество мяса в раннем возрасте не реализуется. Задержка роста проходит в тех частях тела, с которых получают лучшие сорта мяса. Все ценные свойства, которые мы могли бы получить от животного, остаются неиспользованными.

Среди существующих объективных методов оценки изменения живой массы подопытных животных дает оценка общего прироста животного. Динамика общего прироста бычков представлена в таблице 3.

На протяжении всего периода исследований наблюдалось достоверное увеличение общего прироста живой массы у бычков опытной группы в соотношении со сверстниками из контроля.

Таблица 3 – Общий прирост живой массы подопытных животных, кг ($M \pm m$) (n=10)

Table 3 – Total increase in live weight of experimental animals, kg ($M \pm m$) (n=10)

Возраст, месяц / Age, month	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
6-7	28,09±0,27	30,86±0,21***
7-8	28,87±0,31	30,46±0,17**
8-9	30,68±0,26	32,03±0,14***
9-10	31,02±0,23	32,72±0,17***
10-11	32,35±0,37	35,23±0,21***
11-12	32,96±0,38	37,07±0,27***
12-13	33,10±0,34	36,3±0,23***
13-14	35,07±0,42	38,02±0,19***
14-15	35,86±0,21	38,31±0,28***
15-16	37,24±0,37	39,76±0,18***
16-17	37,39±0,46	40,34±0,23***
17-18	33,91±0,43	37,35±0,45***

Разница по общему приросту между контрольной и опытной группой бычков составила в возрасте 6-7 месяцев 2,77 кг или 9,86% (**P > 0,999), в возрасте от 7-8 месяцев 1,59 кг или 5,50% (** P > 0,99), в возрасте от 8-9 месяцев 1,35 кг или 4,40% (**P > 0,999), в возрасте от 9-10 месяцев 1,70 кг или 5,54% (**P > 0,999), в возрасте от 10 -11 месяцев

2,88 кг и 8,9% ($***P > 0,999$), в возрасте от 11-12 месяцев 4,11 кг или 12,47% ($***P > 0,999$), в возрасте от 12-13 месяцев 3,2 кг или 9,67% ($***P > 0,999$), в возрасте от 13-14 месяцев 2,95 кг или 8,41% ($***P > 0,999$), в возрасте от 14-15 месяцев 2,45 кг или 6,83% ($***P > 0,999$), в возрасте от 15-16 месяцев 2,52 кг или 6,77% ($***P > 0,999$), в возрасте от 16-17 месяцев 2,95 кг или 7,89% ($***P > 0,999$), в возрасте от 17-18 месяцев 3,44 кг или 10,14% ($***P > 0,999$).

Общий прирост подопытных животных за период проведения опыта приведен на рисунке 2.

За период проведения опыта общий прирост в контрольной группе составил 396,54 кг, а в опытной – 428,45 кг, что на 31,91 кг и 8,05% больше чем в контрольной группе.

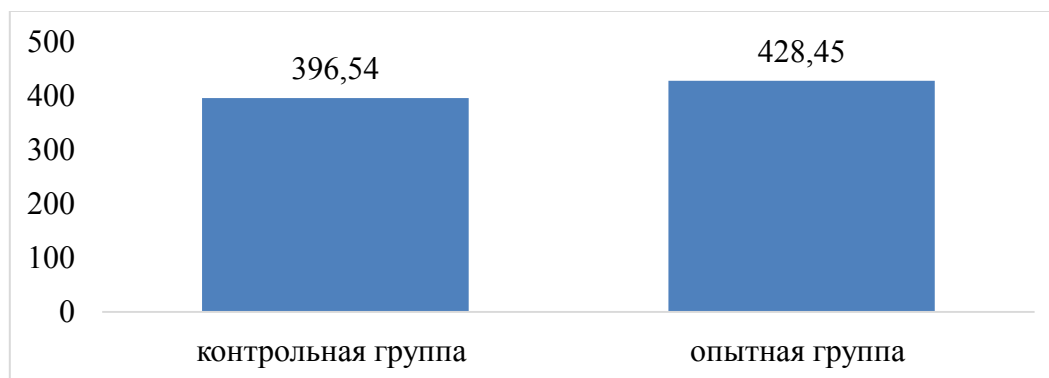


Рисунок 2 – Общий прирост бычков контрольной и опытной групп за период проведения опыта, кг
Figure 2 – Total growth of bulls of the control and experimental groups during the period of the experiment, kg

Животные, которые имеют высокий среднесуточный привес обладают способностью эффективно использовать корма. Различия в среднесуточном привесе животных мы наблюдали на протяжении всего опыта. Данные по измерению среднесуточного привеса представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Среднесуточный прирост живой массы бычков, г ($M \pm m$) (n=10)

Table 4 – Average daily increase in live weight of bulls, g ($M \pm m$) (n=10)

Возраст, месяц / Age, month	Группа / Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
6-7	906,13±8,86	995,48±6,69***
7-8	962,33±10,08	1015,33±5,55***
8-9	989,68±8,39	1033,23±4,56**
9-10	1034,00±7,59	1090,67±5,71***
10-11	1043,55±12,07	1136,45±6,74***
11-12	1063,23±12,11	1195,81±8,86***
12-13	1103,33±11,19	1210,00±7,61***
13-14	1131,29±13,43	1226,45±5,99***
14-15	1195,33±6,96	1277,00±9,30***
15-16	1201,29±11,82	1282,58±5,86***
16-17	1206,13±14,75	1301,29±7,46***
17-18	1211,07±15,48	1333,93±16,11***

Из таблицы видно, что по среднесуточному приросту живой массы отмечалось закономерное достоверное отличие бычков опытной группы от контрольной при $***P > 0,999$. Так, с 6-ти месячного возраста и заканчивая 7-ми месячным возрастом данный показатель был больше в опытной группе животных по сравнению контрольной группой на 89,35 г или 9,86%, с 7-8 месяцев на 53,00 г или 5,50%, с 8-9 месяцев 43,55 г или 4,40%, от 9-10 месяцев 56,67 г или 5,48%, от 10-11 месяцев 92,9 г или 8,90%, от 11-12 месяцев 132,58 г или 12,47%, от 12-13 месяцев 106,67 г или 9,67%, от 13-14 месяцев 95,46 г или 8,41%, от 14-15 месяцев 81,67 г или 6,83%, от 15-16 месяцев 81,29 г или 6,77%, от 16-17 месяцев 95,16 г или 7,89%, от 17-18 месяцев 122,86 г или 10,14%.

Среднесуточный прирост за весь опыт в контрольной группе составил 1086,41 г, а в опытной 1173,84 г, что на 87,42 г и 8,05% больше, чем в контрольной группе. Среднесуточный прирост подопытных бычков представлен на рисунке 3.

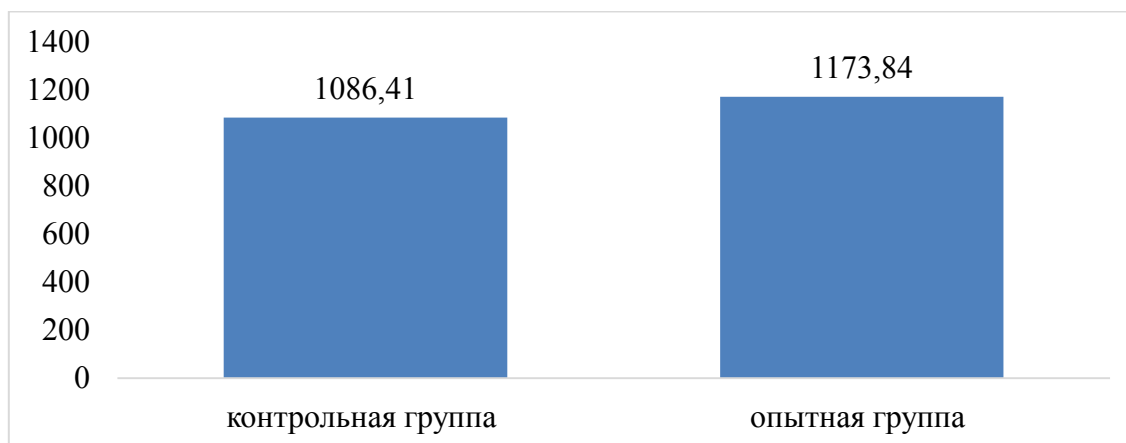


Рисунок 3 – Среднесуточный прирост бычков контрольной и опытной групп за период проведения опыта, г

Figure 3 – Average daily gain of bulls of the control and experimental groups during the period of the experiment, g

Относительный прирост является важным показателем, так как он позволяет нам оценить эффективность откорма, сравнить рост разных животных, указать на возможные проблемы у животного со здоровьем, а также откорректировать рацион для достижения лучших результатов при откорме.

Данные по относительному приросту бычков рассчитаны в таблице 5.

Таблица 5 – Относительный прирост живой массы животных, % ($M \pm m$) ($n=10$)

Table 5 – Relative increase in live weight of animals, % ($M \pm m$) ($n=10$)

Возраст, месяц / Age, month	Группа/Group	
	Контрольная / Control	Опытная / Experimental
6-7	13,71±0,18	15,07±0,16***
7-8	12,37±0,10	12,94±0,08**
8-9	11,66±0,11	12,01±0,05*
9-10	10,55±0,7	10,94±0,06
10-11	9,93±0,15	10,58±0,07**
11-12	9,20±0,08	10,04±0,07***
12-13	8,46±0,7	8,94±0,05
13-14	8,24±0,11	8,58±0,06*
14-15	7,78±0,05	7,96±0,06*
15-16	7,49±0,06	7,64±0,03*
16-17	6,99±0,09	7,20±0,04
17-18	5,94±0,06	6,23±0,09*

За весь период опыта по результатам, приведенным в таблице, установлено, что относительная скорость роста была больше в опытной группе бычков по сравнению с контролем.

В период выращивания с 6 по 7 месяц относительный прирост живой массы бычков опытной группы по сравнению с бычками контрольной был выше на 1,36% (*** $P > 0,999$), 7-8 месяц – на 0,57% (** $P > 0,99$), 8-9 месяц – на 0,35% (* $P > 0,95$), 9-10 месяц – на 0,39%, 10-11 месяц – на 0,65% (** $P > 0,99$), 11-12 месяц – на 0,84% (*** $P > 0,999$), 12-13 месяц – на 0,48%, 13-14 месяц – на 0,34% (* $P > 0,95$), 14-15 месяц – на 0,18% (* $P > 0,95$), 15-16 месяц – на 0,15% (* $P > 0,95$), 16-17 месяц – на 0,21%, 17-18 месяц – на 0,29% (* $P > 0,95$).

Закключение. Введение в рацион премикса, разработанного с учетом конкретных условий кормления и фактической питательности кормов, оказало положительное влияние на интенсивность роста бычков абердин-ангусской породы. Так, в конце опыта живая масса живот-

ных в опытной группе по сравнению с контролем была выше на 30,35 кг. За весь период проведения опыта разница в общем приросте бычков опытной группы по сравнению со сверстниками из контроля составила 31,91 кг, а в среднесуточном приросте – на 87,42 г. Относительный прирост у животных в течение опыта варьировался. В начале опыта в контрольной группе составлял 13,7%, а в опытной 15,07%, а в конце опыта и достижением животными 18-ти месяцев снизился в контрольной группе до 5,94%, а в опытной группе до 6,23%. Данные уменьшения происходили в связи с тем, что в молодом возрасте, как правило, животные имеют высокий относительный прирост, а с возрастом рост массы тела постепенно снижается.

Conclusions. The introduction of a premix into the diet, developed taking into account the specific feeding conditions and the actual nutritional value of the feed, had a positive effect on the growth rate of the Aberdeen Angus bull calves. So, at the end of the experiment, the live weight of animals in the experimental group was higher by 30.35 kg compared to the control. Over the entire period of the experiment, the difference in the total growth of the bulls of the experimental group compared to their peers from the control was 31.91 kg, and in the average daily increase – by 87.42 g. The relative increase in animals varied over the course of the experiment. At the beginning of the experiment, it was 13.7% in the control group, and 15.07% in the experimental group, and at the end of the experiment and after the animals reached 18 months, it decreased in the control group to 5.94%, and in the experimental group to 6.23%. These decreases occurred due to the fact that at a young age, as a rule, animals have a high relative gain, and with age, body weight growth gradually decreases.

Библиографический список

1. Дарьин А. И., Кердяшов Н. Н. Природный премикс и сорбент в кормлении животных и птицы. Нива Поволжья. 2017. № 3 (44). С. 21-27.
2. Дуборезов В., Цис Е., Ваулин Е. Пребиотическая добавка на основе микроскопических водорослей в рационе первотелок. Комбикорма. 2023. № 6. С. 46-48.
3. Козырь В. С. Уровень микроэлементов в крови коров при использовании различных премиксов. Вестник АПК Ставрополя. 2015. № 2 (18). С. 135-139.
4. Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., Тагиров М. Ш. Влияние витаминно минеральных премиксов и монопропиленгликоля на метаболические процессы у коров. Молочное и мясное скотоводство. 2018. № 6. С. 19-21.
5. Крупин Е. О., Шакиров Ш. К., Кашаева А. Р. Влияние премиксов и болюсов на продуктивность и качество молока коров. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020. Т. 15. № 3 (59). С. 21-25.
6. Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Иевлев М. Ю., Иванов А. В. Молочная продуктивность коров при использовании в составе кормосмеси премикса «Румимикс-3». Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 127-130.
7. Медведев И. К., Бураков Н. П., Менберг И. В., Жевнеров А. В. Оценка эффективности влияния ферментированного рапсового шрота на молочную продуктивность коров. Кормопроизводство. 2023. № 1. С. 43-47.
8. Трухачев В. И., Бураков Н. П., Махнырева О. Е., Буракова М. А. Переваримость питательных веществ рационов при использовании мультиэнзимной ферментной добавки. Молочное и мясное скотоводство. 2023. № 4. С. 49-52.
9. Подобед Л. И. Выбираем премикс правильно. Эффективное животноводство. 2020. № 1 (158). С. 58-61.
10. Николаев С. И., Чехранова С. В., Агапова О. Ю., Кучерова И. А. Премиксы в кормлении крупного рогатого скота. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 4 (32). С. 125-130.
11. Валитов Х. З., Фролкин А. И., Забелина М. В., Корнилова В. А. Применение в рационе молочного скота кормовой добавки на основе гуминовых кислот. Аграрный научный журнал. 2021. № 7. С. 58-61.
12. Cantalapiedra-Hijar G., et al. Methionine-balanced diets improve cattle performance in fattening young bulls fed high-forage diets through changes in nitrogen metabolism. British Journal of Nutrition. 2020. V. 124. № 3. Pp. 273-285.
13. Mwangi F. W., et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality characteristics. Foods. 2019. V. 8. № 12. 648 p.
14. Raes K., et al. Effect of diets rich in N-3 polyunsaturated fatty acids on muscle lipids and fatty acids in Belgian Blue double-muscling young bulls. Reproduction Nutrition Development. 2003. V. 43. № 4. Pp. 331-345.

References

1. Daryin A. I., Kerdyashov N. N. Natural Premix and Sorbent in Animal and Poultry Feeding. Niva of the Volga region. 2017. № 3 (44). Pp. 21-27.
2. Duborezov V., Cis E., Vaulin E. Prebiotic additive based on microscopic algae in the diet of first-calf heifers. Feed. 2023. № 6. Pp. 46-48.
3. Kozyr V. S. Level of trace elements in the blood of cows when using various premixes. Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 2 (18). Pp. 135-139.
4. Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Tagirov M. Sh. Effect of vitamin mineral premixes and monopropylene glycol on metabolic processes in cows. Dairy and beef cattle breeding. 2018. № 6. Pp. 19-21.
5. Krupin E. O., Shakirov Sh. K., Kashaeva A. R. Effect of Premixes and Boluses on Productivity and Quality of Cow's Milk. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2020. V. 15. № 3 (59). Pp. 21-25.
6. Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Ievlev M. Yu., Ivanov A. V. Milk productivity of cows when using Rumimix-3 premix in the feed mixture. Actual issues of agricultural biology. 2023. № 2 (28). Pp. 127-130.

7. Medvedev I. K., Buryakov N. P., Menberg I. V., Zhevnerov A. V. Estimation of the effectiveness of fermented rapeseed meal on milk productivity of cows. Fodder production. 2023. № 1. Pp. 43-47.
8. Trukhachev V. I., Buryakov N. P., Makhnyreva O. E., Buryakova M. A. Digestibility of Nutrients in Diets When Using a Multienzyme Enzyme Additive. Dairy and beef cattle breeding. 2023. № 4. Pp. 49-52.
9. Podobed L. I. Choosing the right premix. Efficient animal husbandry. 2020. № 1 (158). Pp. 58-61.
10. Nikolaev S. I., Chekhranova S. V., Agapova O. Yu., Kucheroval I. A. Premixes in cattle feeding. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2013. № 4 (32). Pp. 125-130.
11. Valitov Kh. Z., Frolkin A. I., Zabelina M. V., Kornilova V. A. Use of a Feed Additive Based on Humic Acids in the Diet of Dairy Cattle. Agrarian Scientific Journal. 2021. № 7. Pp. 58-61.
12. Cantalapiedra-Hijar G., et al. Methionine-balanced diets improve cattle performance in fattening young bulls fed high-forage diets through changes in nitrogen metabolism. British Journal of Nutrition. 2020. V. 124. № 3. Pp. 273-285.
13. Mwangi F. W., et al. Diet and genetics influence beef cattle performance and meat quality characteristics. Foods. 2019. V. 8. № 12. 648 p.
14. Raes K., et al. Effect of diets rich in N-3 polyunsaturated fatty acids on muscle lipids and fatty acids in Belgian Blue double-musled young bulls. Reproduction Nutrition Development. 2003. V. 43. № 4. Pp. 331-345.

Информация об авторах

Карапетын Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru
Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru
Мосиенко Людмила Ивановна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: mosienko.bieber@mail.ru
Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru
Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru
Даниленко Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: taranova_15@mail.ru
Шкаленко Вера Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru
Суханова Светлана Фаилевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО СПбГАУ (Российская Федерация, 196601, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 2), e-mail: nauka007@mail.ru

Author's Information

Karapetyan Angela Keropovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru
Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru
Mosienko Lyudmila Ivanovna, postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: mosienko.bieber@mail.ru
Chekhranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru
Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru
Danilenko Irina Yurievna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: taranova_15@mail.ru
Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru
Sukhanova Svetlana Failevna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department, SPb State Agrarian University (Russian Federation, 196601, St. Petersburg, Pushkin, Peterburgskoe shosse, 2), e-mail: nauka007@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-29

VENTILATION WITH AIR SUPPLY OR VACUUM IN LIVESTOCK BUILDINGS¹Korniienko S. V., ²Kizerov A. A., ²Gorlov I. F.¹*Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation*²*Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: skorn73@mail.ru

Received 09.01.2025

Submitted 10.02.2025

Abstract

Introduction. The need to keep farm animals in well-ventilated and insulated rooms is due to climatic conditions. The purpose of the work is to summarize many years of experience in using the ventilation system as one of the main ways to improve the microclimate in rooms for animals with a wet regime and protect the

building components from over wetting. **Object.** The object of the research is low pressure ventilation in livestock premises. **Materials and methods.** To eliminate the causes of non-compliance of the microclimate with technological standards during the research period, 58 livestock buildings were checked and analyzed under various climatic conditions. **Results and conclusions.** More than 37,000 measurements of microclimate indicators, temperature and humidity conditions of enclosing structures, indicators of productivity and morbidity of animals were carried out. The low-pressure ventilation system with the removal of polluted air from the lower zone of the premises is widely used in projects and operated livestock buildings for different age groups of cattle in the Volgograd, Voronezh, Lipetsk regions, in industrial pig farms of the country. The use of low-pressure ventilation improves the microclimate, reduces morbidity and increases productivity of animals, prevents air contaminated with moisture and ammonia from entering the room onto the surface of building components and coating insulation. Taking into account climatic and other features, the efficiency of the low-pressure ventilation system can be supplemented by fans and air cooling.

Keywords: livestock buildings, ventilation, microclimate, enclosing structures, temperature and humidity conditions, cattle keeping, industrial pig breeding.

Citation. Korniyenko S. V., Kizerov A. A., Gorlov I. F. Ventilation with air supply or vacuum in livestock buildings. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 282-293 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-29.

Author's contribution. All authors of this study were directly involved in the design, execution, and analysis of this study. All authors of this article have reviewed and approved the final version submitted.

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

УДК 614.94

ВЕНТИЛЯЦИЯ С НАГНЕТЕНИЕМ ИЛИ РАЗРЯЖЕНИЕМ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИЯХ ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

¹Корниенко С. В., доктор технических наук, доцент, советник РААСН

²Кизеров А. А., кандидат ветеринарных наук

²Горлов И. Ф., доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН

¹ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

г. Волгоград, Российская Федерация

²ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции»

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Необходимость содержания сельскохозяйственных животных в хорошо вентилируемых и утепленных помещениях обусловлена климатическими условиями. Целью работы является обобщение многолетнего опыта по применению системы вентиляции в качестве одного из основных способов улучшения микроклимата в помещениях для животных с влажным режимом и защиты ограждающих конструкций зданий от переувлажнения. **Объектом исследования** является вентиляция низкого давления в животноводческих помещениях. **Материалы и методы.** Для устранения причин несоответствия микроклимата технологическим нормам в период исследований проводилась проверка и анализ состояния 58 животноводческих зданий при различных климатических условиях. **Результаты и выводы.** Проведено более 37000 измерений показателей микроклимата, температурно-влажностного режима ограждающих конструкций, показателей продуктивности и заболеваемости животных. Система вентиляции низкого давления с удалением загрязненного воздуха из нижней зоны помещения нашла широкое применение в проектах и эксплуатируемых животноводческих зданиях для разных возрастных групп крупного рогатого скота Волгоградской, Воронежской, Липецкой, областей, в промышленных свиноподкомплексах страны. Применение вентиляции низкого давления способствует улучшению микроклимата, сокращению заболеваемости и повышению продуктивности животных, препятствует попаданию загрязненного влагой и аммиаком воздуха из помещения на поверхность ограждающих конструкций и утеплителя покрытий. С учетом климатических и других особенностей эффективность системы вентиляции низкого давления может быть дополнена вентиляторами и охлаждением воздуха.

Ключевые слова: животноводческие помещения, вентиляция, микроклимат, ограждающие конструкции, температурно-влажностный режим, содержание крупного рогатого скота, промышленное свиноводство.

Цитирование. Корниенко С. В., Кизеров А. А., Горлов И. Ф. Вентиляция с нагнетанием или разряжением воздуха в помещениях для животных. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 282-293. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-29.

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. При строительстве зданий необходимо обеспечить надежную защиту ограждающих конструкций от осадков, конденсата и влаги, содержащейся в воздухе помещений [1-5]. В большинстве производственных и жилых помещений воздух имеет сравнительно невысокую влажность, поэтому необходимость в удалении влаги и вредных газов за счет применения мощной общеобменной вентиляции и в устройстве пароизоляции утеплителя конструкций со стороны помещения практически отсутствует. Образующийся в процессе работ вредный газ отсасывается вентилятором с места его образования.

Необходимость содержания сельскохозяйственных животных в хорошо вентилируемых и утепленных помещениях обусловлена климатическими условиями [6-8]. Технология промышленного производства продуктов животноводства предусматривает максимальную продуктивность скота с минимальными затратами тепловой энергии, труда обслуживающего персонала и средств [9-13].

По содержанию влаги в воздухе животноводческие здания относятся к зданиям с влажным режимом. В таких помещениях требуется применение вентиляционного оборудования и устройств автоматического регулирования пригодных для работы во влажной среде, а также повышенная пароизоляция ограждающих конструкций [14-18]. В производственных зданиях следует применять вентиляцию с механическим побуждением в том случае, если параметры микроклимата не обеспечиваются вентиляцией с естественным побуждением. В типовых проектах зданий для животных механическая вентиляция рассчитывается с условием избыточного давления воздуха в помещении. Работа естественной вентиляции возможна за счет разности температур наружного и внутреннего воздуха, при низком давлении воздуха в помещении [19, 20].

О. А. Каэра, А. А. Кизеровым и И. Ф. Горловым, с участием специалистов и руководителей предприятий в условиях производства, проведены комплексные исследования системы вентиляции низкого давления, образуемой путем отсасывания воздуха из нижней зоны помещения. Система применена и одобрена в сотнях помещений для крупного рогатого скота различных технологических групп, свиней. В данной статье обобщен положительный опыт по применению системы вентиляции в качестве одного из основных способов улучшения микроклимата в помещениях для животных с влажным режимом и защиты ограждающих конструкций зданий от переувлажнения. Результаты исследований приведены ниже.

Материалы и методы. *Оценка состояния животноводческих зданий.* С целью устранения причин несоответствия микроклимата технологическим нормам в период исследований проводилась проверка и анализ состояния 58 животноводческих зданий.

Во время осмотра и реконструкции животноводческих зданий, построенных по типовым проектам, отмечен ряд недостатков, препятствующих получению планируемой продукции:

- крайне высокие удельные потери теплоты – в 18 зданиях из 38 проверенных;
- механическая вентиляция не применялась в 23 зданиях;
- в 12 зданиях отсутствовала пароизоляция утеплителя покрытия, пароизоляция стен не проводилась;

- малая площадь сечения (94 см^2 на голову) и низкая высота вытяжных труб в 27 зданиях не способна создать необходимый естественный воздухообмен в помещении.

В результате:

- недостаточно защищенный от проникающей со стороны помещения и кровли влаги утеплитель теряет свои свойства – спрессовывается; влажный утеплитель не сохраняет теплоту в помещении;

- под влиянием влажного воздуха, проникающего через ограждающие конструкции, утеплитель и кровля преждевременно разрушаются. Возникает необходимость в капитальном ремонте кирпичных стен, кровли уже в первые десять лет эксплуатации здания (рисунки 1, 2).



Рисунок 1 – Невентилируемая кровля животноводческого здания, разрушенная под влиянием влаги
Figure 1 – Non-ventilated roof of the livestock building, destroyed under the influence of moisture



Рисунок 2 – Разрушение утеплителя совмещенного покрытия в процессе эксплуатации
животноводческих зданий
Figure 2 – Destruction of heat insulation of combined coating during operation of livestock buildings

Для сохранения теплоты в помещении и экономии дорогостоящей энергии, необходимой для обеспечения микроклимата, работники животноводства вынуждены отключать систему вентиляции.

Микроклимат не соответствует требуемому по важнейшим показателям: влажности воздуха, содержанию аммиака, воздухообмену. При температуре наружного воздуха минус $20,0 \pm 1,7$ °С температура воздуха в 38 проверенных коровниках в среднем составляла $10,00 \pm 1,27$ °С, относительная влажность – $85,80 \pm 7,25\%$ (в отдельные дни превышала 95%), концентрация аммиака – $21,30 \pm 1,22$ мг/м³, воздухообмен – 6,9 м³/ч на 100 кг массы животных.

В соответствии с действовавшими на момент обследования нормами технологического проектирования предприятий крупного рогатого скота в помещениях для коров температура воздуха допускалась в пределах от 5 до 18 °С, повышение относительной влажности воздуха – до 75%, концентрация аммиака – 10-15 мг/м³, сероводорода – 10 мг/м³, воздухообмен – не менее 15 м³/ч на 100 кг массы животного.

Избыток влаги и агрессивных газов в воздухе, проникая в поры материала ограждающих конструкций, приводит к преждевременному разрушению конструкций и оборудования.

Для устранения высокой влажности и содержания агрессивных газов в воздухе помещения и сокращения затрат тепловой энергии решающее значение имеют вентиляция, дополнительное утепление и защита от влаги ограждающих конструкций.

Вентиляция помещений. В животноводческих зданиях с влажным режимом эксплуатации влага и газ удаляются общеобменной вентиляцией. Нагревание больших объемов воздуха для создания требуемого микроклимата в помещениях сопровождается большими затратами энергии. Роль вентиляции в сокращении потерь теплоты зданием через увлажненные конструкции и утеплитель приобретает особое значение.

В ранее действовавших рекомендациях по расчету, проектированию и эксплуатации систем отопления и вентиляции животноводческих помещений предусматривалось удаление избытка влаги из помещений для животных за счет механической системы вентиляции с повышенным на 10-20% избыточным давлением приточного воздуха над его удалением. Здания с подобной схемой вентиляции продолжают работать и сегодня. Приточный воздух подается в помещения сверху-вниз, удаляется через вытяжные трубы в потолке. Поток свежего воздуха, не доходя до пола, смешивается с внутренним воздухом и под давлением удаляется через вытяжные трубы. Применение данной системы вентиляции обеспечивает нормируемые параметры микроклимата, препятствует образованию сквозняков.

Недостатками такой системы являются повышенная бактериальная и пылевая загрязненность воздуха, значительные затраты энергии, малый срок эксплуатации оборудования. Под влиянием избыточного давления влажный воздух проникает в неплотности и поры ограждающих конструкций и в теплоизолирующий материал.

Вентиляция низкого давления воздуха в помещениях для крупного рогатого скота. Проверка и исследование эффективности работы естественной системы вентиляции, производительность которой основана на низком давлении за счет отсасывания загрязненного воздуха из помещения, проводилась на объектах, расположенных в Волгоградской и Свердловской областях, т.е. при различных климатических условиях. Предусмотренная проектом механическая система вентиляции с избыточным давлением воздуха в большинстве обследованных помещениях, по ряду причин, не действовала.

Исследование эффективности системы вентиляции выполнено в коровниках на 200 мест без применения источников тепловой энергии, в холодный период года. В двух опытных зданиях № 2 и № 3 применена естественная вентиляция с пониженным давлением воздуха в помещении, повышена теплоизоляция покрытия. В опытном здании № 2 за счет минеральной ваты, уложенной на дощатую конструкцию потолка, сопротивление теплопередаче равно $4,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, в контрольном здании № 1 – $1,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. В здании № 3 покрытие утеплено опилками. Сопротивление теплопередаче покрытия составляет $5,11 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Проведено более 37000 измерений показателей микроклимата, температурно-влажностного режима ограждающих конструкций, показателей продуктивности и заболеваемости животных.

Расчет теплового баланса коровников выполнен по укрупненным измерителям с учетом трансмиссионных и вентиляционных теплопотерь, а также тепlopоступлений от животных. Уравнение теплового баланса имеет следующий вид:

$$(\sum KF + 0,28G) \Delta t = Q_{\text{ж}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент теплопередачи через ограждающую конструкцию, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; F – площадь ограждающей конструкции, м^2 ; G – массовый расход воздуха, удаляемого из помещения или поступающего в него, $\text{кг}/\text{ч}$; Δt – разность температур внутреннего и наружного воздуха, К ; $Q_{\text{ж}}$ – поступление свободной теплоты от животных, Вт .

Уравнение (1) удобно записать через удельные характеристики:

$$(K_{\text{об}} + K_{\text{вент}}) \Delta t = 1, \quad (2)$$

где $K_{\text{об}} = \sum KF / Q_{\text{ж}}$ – удельная характеристика потерь теплоты через оболочку здания, $1/\text{К}$; $K_{\text{вент}} = 0,28G / Q_{\text{ж}}$ – удельная характеристика вентиляционных потерь теплоты зданием, $1/\text{К}$.

Согласно результатам обследования удельная характеристика потерь теплоты через оболочку составляет: для опытного здания – 0,0052, для контрольного здания – 0,0088 $1/\text{К}$. Среднее значение характеристики удельных вентиляционных потерь теплоты равно 0,036 $1/\text{К}$.

Из формулы (2) перепад температур внутреннего и наружного воздуха, соответствующий нулевому энергопотреблению, равен: для опытного здания – 24 °С, для контрольного – 22 °С. Отсюда следует, что опытное здание является более климатостойчивым, чем контрольное.

Результаты и обсуждение. Микроклимат. Воздухообмен в наиболее холодный период года в опытных коровниках № 2 и № 3 составлял $17,3$, в контрольном – $14,4 \text{ м}^3$ на 100 кг массы животных. По сравнению с зимним периодом в переходный период воздухообмен увеличился: в контрольном здании № 1 – на $10,0$; в опытном здании № 2 – на $17,4$, в опытном здании № 3 – на $20,3 \text{ м}^3$ на 100 кг массы животных.

При наружной температуре минус $19,0 \pm 2,5 \text{ }^\circ\text{C}$ температура воздуха в опытном коровнике № 2 была $9,85 \pm 1,10 \text{ }^\circ\text{C}$, в контрольном коровнике – $8,00 \pm 0,50 \text{ }^\circ\text{C}$. В переходный период, при наружной температуре $7,30 \pm 1,04 \text{ }^\circ\text{C}$, температура внутреннего воздуха была соответственно $15,40 \pm 0,16 \text{ }^\circ\text{C}$ и $14,60 \pm 0,62 \text{ }^\circ\text{C}$. Летом, при наружной температуре $16,60 \pm 1,13 \text{ }^\circ\text{C}$, в опытном коровнике температура воздуха составляла $19,34 \pm 0,87 \text{ }^\circ\text{C}$, в контрольном – $17,80 \pm 0,75 \text{ }^\circ\text{C}$. В наиболее холодные сутки, при температуре наружного воздуха минус $25,00 \pm 3,63 \text{ }^\circ\text{C}$, температура воздуха в опытном коровнике равна $7,60 \pm 0,45 \text{ }^\circ\text{C}$, в контрольном – $8,75 \pm 0,85 \text{ }^\circ\text{C}$. В наиболее жаркие сутки, при температуре наружного воздуха $17,80 \pm 2,04 \text{ }^\circ\text{C}$, температура воздуха в опытном коровнике № 2 была $21,90 \pm 1,85 \text{ }^\circ\text{C}$, в контрольном – $26,70 \pm 1,51 \text{ }^\circ\text{C}$.

При наружной температуре минус $8,4 \text{ }^\circ\text{C}$ разность температур на уровне $0,6\text{--}1,2 \text{ м}$ в опыте равна $0,32 \pm 0,97 \text{ }^\circ\text{C}$, в контрольном – $2,04 \pm 0,98 \text{ }^\circ\text{C}$, на высоте $0,6\text{--}2,8 \text{ м}$ – соответственно $2,52 \text{ }^\circ\text{C}$ и $3,08 \text{ }^\circ\text{C}$.

Полученные данные соответствуют нормируемой температуре воздуха в опытном коровнике в зимний и летний периоды года. Летнее повышение температуры воздуха в контрольном помещении, по сравнению с опытным, объясняется недостатком аэрации помещения. Оконных фрамуг в нем не было.

Относительная влажность воздуха, косвенный показатель воздухообмена и влажностного режима в помещении, оказывает влияние на обмен веществ в организме животных, на теплоизоляцию ограждающих конструкций и на работу оборудования.

При наружной температуре минус $19 \text{ }^\circ\text{C}$ относительная влажность воздуха в опытном коровнике № 2 была $80,50 \pm 8,25 \%$, в контрольном здании – $85,80 \pm 1,88\%$. В переходный период, при наружной температуре $7,3 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха в опытном помещении составляла $63,50 \pm 1,25\%$, в контрольном – $69,80 \pm 1,50\%$. В июле, при температуре $16,6 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха в опытном помещении была $75,46 \pm 2,32\%$, в контрольном – $73,90 \pm 1,49\%$. Производительность шахты естественной вентиляции обычно минимальна при температуре выше $5 \text{ }^\circ\text{C}$. Тем не менее, за счет аэрации через фрамуги окон относительная влажность воздуха в опытном помещении летом была ниже, чем в контрольном, и соответствовала нормируемой.

Действующая на организм животных охлаждающая способность воздуха, определяемая совместным влиянием температуры, скорости движения и влажности воздуха, увеличивается с повышением его влажности. Одним из показателей длительной реакции организма на действие холода является улучшение защитной функции кожи – рост шерстного покрова. В холодный период года длина шерстного покрова у коров-аналогов первой опытной группы составила $(10,30 \pm 0,51) \cdot 10^{-3} \text{ м}$, что на $(1,70 \pm 0,56) \cdot 10^{-3} \text{ м}$ меньше, чем у коров-аналогов в контрольном коровнике. Масса пробы волос равна: в опыте – $(14,50 \pm 1,27) \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^2$, в контроле – $(17,00 \pm 1,13) \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^2$.

Частота дыхания в минуту укоров опытной группы здания в зимний период составила $24,00 \pm 1,03$, в контрольной – $24,90 \pm 1,22$; в летний период – соответственно $35,50 \pm 1,97$ и $33,7 \pm 3,8$. Наиболее высокой частота дыхания была в мае: в опытной группе – $25,4 \pm 1,7$, в контрольной – $28,40 \pm 3,51$ ($p < 0,05$).

Воспроизводительная способность коров подтверждает полученные результаты. У коров опытной группы процент случаев задержания последа составил $7,50 \pm 5,07\%$ против $13,60 \pm 7,96\%$ у коров контрольной группы. Продолжительность времени от отела до осеменения в опыте была на 8 дней меньше, чем в контроле ($p < 0,001$), а длительность периода бесплодия составила 56 суток против 74 в контроле.

Молочная продуктивность коров – один из наиболее подвижных показателей, характеризующих проявление реакции организма на влияние окружающей среды. В зимний стойловый период от коров опытной группы получено $2308,00 \pm 97,64$ кг молока, что на $324,80 \pm 145,67$ кг больше, чем от коров контрольной группы ($p < 0,01$).

Еще 1986 году в бывшем совхозе Кунашакский после применения системы естественной вентиляции, основанной на низком давлении воздуха с повышенной теплоизоляцией покрытия (опыт) в сравнении с системой вентиляции, выполненной по проекту (контроль), получены следующие результаты:

для выращивания телят в возрасте от 15 дней до 6 месяцев в опыте получено 718 телят, в контроле – 793;

переболело кератоконъюнктивитом 80 телят (в опыте) и 198 (в контроле);

выбраковано – соответственно 8 и 211;

стоимость затрат энергии за счет повышенной теплоизоляции зданий в период выращивания сократилась на 72%, окупаемость затрат – 1 месяц.

Температурно-влажностный режим ограждающих конструкций. Низкая температура внутренней поверхности ограждающих конструкций в сочетании с влажностью материала создает лучевое охлаждение животных, способствует преждевременному разрушению материала конструкций здания. Теплозащитные свойства утеплителя снижаются, а потери теплоты здания возрастают.

Средняя температура поверхности стен за стойловый период в опытном здании № 2 была $10,00 \pm 0,45$ °С, в контрольном – $11,70 \pm 0,65$ °С.

В опытном коровнике температура внутренней поверхности покрытия составила $13,90 \pm 0,55$ °С против $15,70 \pm 0,83$ °С в контрольном. В январе температура поверхности покрытия была ниже на $4,30 \pm 0,96$ °С, чем в контрольном, и выше температуры точки росы на 4,70 °С.

Количество влаги на поверхности потолка и стен имеет прямую зависимость от воздухообмена и степени их теплоизоляции. В конце января – начале февраля влажные и мокрые участки обнаружены на 15% площади поверхности стен опытного здания, количество влаги $(2,37 \pm 0,25) \cdot 10^{-5}$ кг/м². Поверхность стен контрольного здания с октября по март была мокрой повсеместно, количество влаги $(3,20 \pm 0,24) \cdot 10^{-5}$ кг/м². Участки стен на высоте 1,2 м были покрыты изморозью.

Влажность досок покрытия в опытном здании составляла $19,83 \pm 2,37\%$ по массе, что на $22,30 \pm 1,23\%$ меньше, чем в контрольном ($p < 0,05$). Максимальная массовая влажность каркаса покрытия опытного здания в январе достигала 24,5%. В контрольном здании она была 61,5%. По К. Ф. Фокину влажность древесины при эксплуатации производственных и других зданий обычно равна 15%. Разрушение древесины грибами начинается при влажности 35% по массе.

В опытном здании № 3, покрытие которого было утеплено опилками, нижний слой снега на кровле зимой не таял. Опилки, уложенные на конструкцию покрытия слоем толщиной 0,6 м, сохранялись сухими. В опытном здании № 2, покрытие которого было утеплено минеральной ватой, на внутренней поверхности кровли в холодную погоду образовывался иней. При разности температур наружного и внутреннего воздуха, избыточном притоке наружного воздуха через ворота, открытые для проезда транспорта, влажный воздух помещения проникает на чердак через неплотности покрытия и незащищенную воздухопроницаемую минеральную вату. На стенах и потолке здания № 2, в трех метрах от входного тамбура, появлялась влага. Все стены и потолок контрольного здания были влажными.

Влажность минеральной ваты, примененной в качестве утеплителя опытного здания № 2, в стойловый период составляла $0,56 \pm 0,15\%$ по массе, в контрольном здании – $1,93 \pm 1,51\%$ по массе. При наличии недостаточной гидроизоляции утеплителя в отдельных участках покрытия зданий массовая влажность утеплителя из минеральной ваты соответственно была 1,67% в опыте и 41,55% – в контроле. Увлажнение минеральной ваты более 0,5% по объему, как показано К. Ф. Фокиным, не рекомендуется. В коровнике № 3, оборудованном естественной вентиляцией, утепленном древесными опилками слоем 0,6 м, влажностью 58% по массе, влажность утеплителя через год эксплуатации составила

21,80±4,11%, на третий год – 12,00±2,00%. Плотность опилок снизилась с 250 кг/м³ (по нормам) до 213,69±18,95 кг/м³. Следов влаги на внутренней поверхности покрытия в течение трех лет наблюдения не обнаружено.

Таким образом, применение естественной вентиляции низкого давления совместно с повышенной теплоизоляцией ограждающих конструкций обеспечивает:

- нормируемый микроклимат в помещении;
- способствует повышению продуктивности, сокращению заболеваемости животных;
- предупреждает попадание влаги в теплоизолирующий материал ограждающих конструкций;
- способствует сокращению потерь теплоты зданием.

Естественная вентиляция низкого давления воздуха в помещении с увеличенной теплоизоляцией покрытия нашла широкое применение в помещениях для разных технологических групп крупного рогатого скота, свиней в ряде областей страны. Ее эффективность еще в 1987 году была улучшена применением забора воздуха из нижней зоны помещения и автоматического регулятора расхода воздуха, что подтверждено результатами натурных испытаний, полученных Кизеровым А. А. и Горловым И. Ф.

Система вентиляции низкого давления воздуха в промышленном свиноводстве. С целью сокращения заболеваемости свиней на почве пылевой и бактериальной обсемененности воздуха при работе механической вентиляции в свиноводческих комплексах, расположенных в Свердловской и Челябинской областях, была применена вентиляция низкого давления с удалением воздуха в нижней зоне помещения.

Было предложено организовать вентиляцию низкого давления воздуха в секции молодняка первого периода выращивания. Вытяжной вентилятор установили в нижней половине наружной стены. Отопительную установку использовали в режиме подогрева приточного воздуха, поступающего в помещение через имеющуюся приточную трубу в потолке. Приточный вентилятор отключили.

О результатах работы специалисты сообщили:

«Заболеваемость животных уменьшилась, потолок и стены опытного помещения сохраняются сухими. В реконструированных помещениях необходимость в ремонте кирпичных стен отпала. Достаточно дезинфекции и побелки». По данной схеме в других секциях комплекса продолжается реконструкция системы вентиляции».

В 1984 году А. А. Кизеров и Ю. С. Фиронов предложили применить и проверить работу системы вентиляции с удалением воздуха из навозных каналов. Была разработана схема вентиляции низкого давления с удалением воздуха из навозных каналов. Было изготовлено устройство для отсасывания воздуха из навозного канала с вентилятором производительностью 8000 м³/ч, шахтные вентиляторы (ПВУ) отключили. Теплоагрегат с вентилятором производительностью 4000 м³/ч был оставлен для работы в зимнем автоматическом режиме, была увеличена производительность вентилятора в системе очистки воздуха.

В опытном и контрольном помещениях показатели температуры, относительной влажности и концентрации аммиака в воздухе проверялись при наружной температуре минус 15 °С.

Результаты исследования представлены в таблице 1.

В холодный период года концентрация аммиака в опытном помещении была 11,0±1,7 мг/м³, в контрольном – 17,0±1,4 мг/м³; летом – соответственно 8,5±0,9 и 15,0±2,0 мг/м³.

Воздушный поток через неплотности окон, дверей и ворот в опыте происходил в сторону помещения, в контроле – в сторону конструкций. В опытном варианте входная дверь под влиянием пониженного давления воздуха прикрывалась, в контрольном варианте под влиянием избыточного давления открывалась.

После применения системы низкого давления воздуха в течение 111 дней холодного периода года велись наблюдения. При средней наружной температуре минус 15,0±0,5 °С выход пара над вытяжными трубами опытной секции не зарегистрирован, таяния слоя снега толщиной 0,35 м на кровле не отмечалось. Наружная и внутренняя поверхности стен и потолка были сухими, без пятен влаги. Отсутствовали признаки разрушения асбестовых плит кровли.

Таблица 1 – Температура воздуха (T), относительная влажность (RH) и направление воздушных потоков (AFD) в помещениях для выращивания поросят

Table 1 – Air temperature (T), relative humidity (RH) and direction of air flows (AFD) in piglet rooms

Место измерения / Place of measurement	Опыт / Test			Контроль / Control		
	вентиляция низкого давления / low pressure ventilation			вентиляция избыточного давления / overpressure ventilation		
	T, °C	RH, %	AFD	T, °C	RH, %	AFD
4,2 м от пола, под ПБУ / 4.2 m from the floor, under shaft fans (SF)	2	66,6	вниз / down	22	75,6	вверх / up
3,8 м от пола / 3.8 m from the floor	3	69,3	вниз / down	23	75,2	вниз / down
1,9 м, на уровне температурного датчика / 1.9 m, temperature sensor level	14	64,6	от ПБУ / from SF	23	79,9	от ПБУ / from SF
0,2 м, в клетке / 0.2 m, caged	16,4	75,2	от ПБУ / from SF	21	73,2	от ПБУ / from SF
0,05 м, над решеткой / 0.05 m, above the grid	17	81,3	вниз / down	21	70,4	вниз / down
0,2 м, в 6 м от центра здания / 0.2 m, 6 m from the center of the building	20	74,4	от ПБУ / from SF	21	70,4	от ПБУ / from SF
0,2 м, в 6 м от центра здания над решеткой / 0.2 m, 6 m from the center of the building above the grid	21	75,1	вверх / up	21	75,1	вверх / up

В тот же период наблюдения в зданиях, где работала система вентиляции с избыточным давлением воздуха, в помещении над открытыми шахтными установками, поднимался густой пар. Кратковременное включение ПБУ сопровождалось снижением температуры воздуха на 4,0-10 °С и повышением относительной влажности воздуха до 99,8%. Влажный режим эксплуатации системы вентиляции способствовал нагнетанию влаги в утеплитель и поры материала конструкций. Были отмечены признаки преждевременного разрушения наружных стен и асбестовых плит кровли. Нижний слой снега толщиной 0,15 м на кровле таял в морозную погоду. На поверхности стен, потолка были видны пятна влаги, участки промерзания и оледенения.

Система вентиляции низкого давления с удалением загрязненного воздуха из нижней зоны помещения нашла широкое применение в проектах и эксплуатируемых животноводческих зданиях для разных возрастных групп крупного рогатого скота Волгоградской, Воронежской, Липецкой, областей, в промышленных свинокомплексах страны.

Заключение. Приведенные результаты исследований и опыт применения систем вентиляции в животноводческих зданиях дают основание сделать следующие *выводы*:

1. При работе систем вентиляции избыточного давления приточного воздуха, как и при работе систем вентиляции низкого давления воздуха показатели микроклимата соответствуют нормам.

2. Механическая система вентиляции с применением избыточного давления воздуха в практике животноводства не находит широкого применения. Имеющиеся вытяжные трубы имеют малую производительность, не рассчитаны на применение естественной вентиляции, приточные устройства отсутствуют.

3. Работа системы вентиляции избыточного давления воздуха сопровождается загрязнением ограждающих конструкций помещений влагой, аммиаком и бактериями, способствует нагнетанию влаги в материал утеплителя и ограждающих конструкций, приводит к росту теплопотерь здания.

4. Применение вентиляции с низким давлением путем избыточного отсасывания воздуха из нижней зоны помещения способствует улучшению микроклимата, сокращению заболеваемости и повышению продуктивности животных, препятствует попаданию загрязненного влагой и аммиаком воздуха из помещения на поверхность ограждающих конструкций и утеплителя покрытий.

5. Система вентиляции низкого давления с удалением воздуха из нижней зоны помещения совместно с увеличением теплоизоляции ограждающих конструкций, применением источников теплоты может быть рекомендована в животноводческих зданиях страны для разных возрастных групп крупного рогатого скота, свиней. С учетом климатических и других особенностей эффективность системы вентиляции низкого давления может быть дополнена вентиляторами и охлаждением воздуха.

Conclusions. 1. During the operation of plenum air overpressure ventilation systems, as well as during the operation of low air pressure ventilation systems, the microclimate indicators comply with the standards.

2. The mechanical ventilation system using excess air pressure in the practice of animal husbandry is not widely used. Existing exhaust pipes have low capacity, are not designed for the use of natural ventilation, there are no plenum devices.

3. The operation of the air overpressure ventilation system is accompanied by contamination of building components for the rooms with moisture, ammonia and bacteria, contributes to the injection of moisture into the material of the insulation and building components, and leads to an increase in heat loss of the building.

4. The use of low-pressure ventilation by excessive suction of air from the lower zone of the room improves the microclimate, reduces morbidity and increases productivity of animals, prevents air contaminated with moisture and ammonia from the room from entering the surface of enclosing structures and insulation of coatings.

5. A low-pressure ventilation system with air removal from the lower zone of the room, together with an increase in the thermal insulation of the enclosing structures, the use of heat sources, can be recommended in livestock buildings of the country for different age groups of cattle and pigs. Taking into account climatic and other features, the efficiency of the low-pressure ventilation system can be supplemented by fans and air cooling.

Библиографический список

1. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kholodov O. A., Kholodova M. A., Shakhbazova O. P., Mosolova D. A., Poorghasemi M., Seidavi A. A Novel Method to Determine the Growth Potential of Agricultural Enterprises in Various Business Plans. *Argumenta Oeconomica*. 2022. No. 2 (49). Pp. 219-239.
2. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Мишина О. Ю., Карпенко Е. В., Мосолова Н. И. Влияние разных агроэкологических условий юга России на качественные показатели молока-сырья. Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15. № 4. С. 114-125.
3. Bartkowiak A. M. Energy-saving and low-emission livestock buildings in the concept of a smart farming. *Journal of water and land development*. 2021. № 51. Pp. 272-278.
4. Samer M., Loebis C., Fiedler M., Ammon C., Berg W., Sanftleben P., Brunsch R. Heat balance and tracer gas technique for airflow rates measurement and gaseous emissions quantification in naturally ventilated livestock buildings. *Energy and Buildings*. 2011. No 43. Pp. 3718-3728.
5. Norton T., Grant J., Fallon R., Sun D.-W. Optimizing the ventilation configuration of naturally ventilated livestock buildings for improved indoor environmental homogeneity. *Building and Environment*. 2010. No. 45. Pp. 983-995.
6. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M. Optimization problems of mathematical modeling of a building as a unified heat and power system. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2020. No 16 (1). Pp. 156-161.
7. Korniyenko S. The influence of the sky radiative temperature on the building energy performance. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No 6 (114).
8. Vatin N., Korniyenko S. Energy performance of buildings made of textile-reinforced concrete (TRC) sandwich panels. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No 5 (113).
9. Куделич В. Тепловой стресс и воспроизводство молочного скота: стратегии смягчения. Белорусское сельское хозяйство. 2024. № 5 (265). С. 32-35.
10. Firfiris V. K., Martzopoulou A. G., Kotsopoulos T. A. Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. *Energy and Buildings*. 2019. V. 202.
11. Fournel S., Ouellet V., Charbonneau E. Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates. *Animals*. 2017. V. 7 (5). Pp. 35.
12. Трунов С. С. Анализ энергетических режимов коровника. *Вестник ВИЭСХ*. 2015. № 4 (21). С. 68-72.
13. Растимешин С. А., Трунов С. С. Энергоэффективный способ борьбы с перегревом воздуха в коровниках. *Вестник аграрной науки Дона*. 2016. № 2 (34). С. 24-29.
14. Новиков Н. Н. Энергоэффективные системы микроклимата в помещениях для содержания животных. *Техника и технологии в животноводстве*. 2018. С. 159-167.
15. Камара С., Сулин А. Б. Аналитический обзор пассивных радиационных систем охлаждения. *Вестник Международной академии холода*. 2020. № 1. С. 24-35.
16. Acharya P., Sharma A., Singh Y., Sirohi R. Passive Cooling Strategies Towards the Sustainability of Livestock Building. An Overview. *The Indian Veterinary Journal*. 2024. V. 101 (03). Pp. 17-26.

17. Vatin N., Korniyenko S. V., Gorshkov A. S., Pestryakov I. I., Olshevskiy V. Actual thermophysical characteristics of autoclaved aerated concrete. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No 4 (96). Pp. 129-137.
18. Korniyenko S., Dubov I., Nazarov K. Field study of thermal comfort in dwelling during the winter, mid-season and summer. *Magazine of Civil Engineering*. 2023. No 5 (121).
19. Sakonidou E. P., Karapantsios T. D., Balouktsis A. I., Chassapis D. Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow. *Solar Energy*. 2008. V. 82. Pp. 80-94.
20. Harris D. J., Helwig N. Solar chimney and building ventilation. *Applied Energy*. 2007. No 84. Pp. 135-146.

References

1. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Kholodov O. A., Kholodova M. A., Shakhbazova O. P., Mosolova D. A., Poorghasemi M., Seidavi A. A Novel Method to Determine the Growth Potential of Agricultural Enterprises in Various Business Plans. *Argumenta Oeconomica*. 2022. No. 2 (49). Pp. 219-239.
2. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Mishina O. Yu., Karpenko E. V., Mosolova N. I. Influence of Different Agroecological Conditions of the South of Russia on the Quality Indicators of Raw Milk. *The South of Russia: Ecology, Development*. 2020. V. 15. № 4. Pp. 114-125.
3. Bartkowiak A. M. Energy-saving and low-emission livestock buildings in the concept of a smart farming. *Journal of water and land development*. 2021. № 51. Pp. 272-278.
4. Samer M., Loebis C., Fiedler M., Ammon C., Berg W., Sanftleben P., Brunsch R. Heat balance and tracer gas technique for airflow rates measurement and gaseous emissions quantification in naturally ventilated livestock buildings. *Energy and Buildings*. 2011. No 43. Pp. 3718-3728.
5. Norton T., Grant J., Fallon R., Sun D.-W. Optimizing the ventilation configuration of naturally ventilated livestock buildings for improved indoor environmental homogeneity. *Building and Environment*. 2010. No 45. Pp. 983-995.
6. Tabunshchikov Yu. A., Brodach M. M. Optimization problems of mathematical modeling of a building as a unified heat and power system. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2020. No 16 (1). Pp. 156-161.
7. Korniyenko S. The influence of the sky radiative temperature on the building energy performance. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No 6 (114).
8. Vatin N., Korniyenko S. Energy performance of buildings made of textile-reinforced concrete (TRC) sandwich panels. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No 5 (113).
9. Kudelich V. Heat stress and reproduction of dairy cattle: mitigation strategies. *Belarusian agriculture*. 2024. № 5 (265). Pp. 32-35.
10. Firfiris V. K., Martzopoulou A. G., Kotsopoulos T. A. Passive cooling systems in livestock buildings towards energy saving: A critical review. *Energy and Buildings*. 2019. V. 202.
11. Fournel S., Ouellet V., Charbonneau E. Practices for Alleviating Heat Stress of Dairy Cows in Humid Continental Climates. *Animals*. 2017. V. 7 (5). Pp. 35.
12. Trunov S. S. Analysis of the energy regimes of the cowshed. *Vestnik VIESH*. 2015. № 4 (21). Pp. 68-72.
13. Rastimeshin S. A., Trunov S. S. Energy-efficient Method of Combating Air Overheating in Cowsheds. *Bulletin of Agrarian Science of the Don*. 2016. № 2 (34). Pp. 24-29.
14. Novikov N. N. Energy Efficient Microclimate Systems in Premises for Keeping Animals. Equipment and technologies in animal husbandry. 2018. Pp. 159-167.
15. Kamara S., Sulin A. B. Analytical review of passive radiation cooling systems. *Bulletin of the International Academy of Refrigeration*. 2020. № 1. Pp. 24-35.
16. Acharya P., Sharma A., Singh Y., Sirohi R. Passive Cooling Strategies Towards the Sustainability of Livestock Building. An Overview. *The Indian Veterinary Journal*. 2024. V. 101 (03). Pp. 17-26.
17. Vatin N., Korniyenko S. V., Gorshkov A. S., Pestryakov I. I., Olshevskiy V. Actual thermophysical characteristics of autoclaved aerated concrete. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No 4 (96). Pp. 129-137.
18. Korniyenko S., Dubov I., Nazarov K. Field study of thermal comfort in dwelling during the winter, mid-season and summer. *Magazine of Civil Engineering*. 2023. No 5 (121).
19. Sakonidou E. P., Karapantsios T. D., Balouktsis A. I., Chassapis D. Modeling of the optimum tilt of a solar chimney for maximum air flow. *Solar Energy*. 2008. V. 82. Pp. 80-94.
20. Harris D. J., Helwig N. Solar chimney and building ventilation. *Applied Energy*. 2007. No 84. Pp. 135-146.

Информация об авторах

Корниенко Сергей Валерьевич, доктор технических наук, доцент, советник РААСН, заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет» (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, проспект им. Ленина, 28), 0000-0002-5156-7352, e-mail: skorn73@mail.ru

Кизеров Аркадий Афанасьевич, кандидат ветеринарных наук, ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6).

Горлов Иван Федорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции» (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. имени Маршала Рокоссовского, 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

Author's Information

Korniyenko Sergey Valeryevich, Doctor of Engineering Sciences., Associate Professor, Head of the Department of Architecture of Buildings and Structures, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28), 0000-0002-5156-7352, e-mail: skorn73@mail.ru

Kizerov Arkadiy Afanasyevich, Candidate of Veterinary Sciences, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6).
Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Scientific Director, Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-And-Milk Production (Russian Federation, 400066, Volgograd, Marshal Rokossovsky Street, 6), ORCID: 0000-0002-8683-8159, e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-30

THE IMPACT OF NEW FEED PRODUCTS ON THE GROWTH AND SLAUGHTER RATES OF BIG-6 CROSS TURKEYS

¹Mosolov A. A., ^{1,2}Gorlov I. F., ^{1,2}Slozhenkina M. I., ¹Abramov S. V.,
¹Khoroshevskaya L. V., ^{1,2}Orekhova M. A.

¹Volga Region Research Institute of Manufacture and Processing of Meat-and-Milk Production

²Volgograd State Technical University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: niimmp@mail.ru

Received 07.12.2024

Submitted 21.02.2025

The study was carried out as part of the work on state assignment No. 125020701763-0

Abstract

Introduction. At present, there is a rapid growth of turkey meat production due to the possibility of obtaining a large number of high-quality dietary products in a short period of time at relatively low costs [1, 2, 5]. Modern turkey crosses have a high genetic potential for live weight gain and high feed payment if fattening technology is followed. The yield of the edible part of turkey carcasses of modern turkey crosses is over 70%, and the mass of muscle tissue reaches 58-59% of the slaughter weight of the bird [3, 8]. According to numerous studies, turkeys at an early age are characterised by a high requirement for diet quality in all major nutrients of feed [4, 6]. According to some researchers, digestive system disorders in turkeys are one of the major problems in the production of this species [10, 12]. In order to treat and regenerate inflamed intestinal epithelium and prevent the growth of pathogenic microflora, prebiotic feed additives and plant polysaccharide extracts have been used instead of feed antibiotics, which not only enrich the diet with nutrients, vitamins, microelements, but also suppress the development of pathogenic and opportunistic microorganisms due to the production of antimicrobial substances, reducing the negative impact of bacterial and fungal toxins on the body [9, 10]. **Object.** The object of the study is the stock of turkeys of the cross BIG-6, created by the English breeding company United Turkeys LTD. **Materials and Methods.** The scientific experiment was conducted during May-August 2024 on the basis of LLC 'Agrofirma Oblomovo' Svetloyarsky district of Volgograd region, engaged in the production of environmentally friendly dairy products, livestock and poultry meat. We determined such indicators as: live weight of turkeys per day, live weight of turkeys at the 16th week, average daily gain, feed conversion. We also determined the slaughter weight of gutted carcass, yield of meat, by-products, production waste from live weight of turkeys. In addition, the chemical composition of turkey meat (moisture, protein, fat, ash) was determined. **Results and Conclusions.** Additional inclusion of sunflower polysaccharide extract (SPE) in the diet of turkeys as an additive to feed in the amount of 5% of the daily rate, as well as probiotic additive 'LactuSuper', introduced into drinking water at a dose of 0.5% per litre, showed the highest results in live weight gain, slaughter yield of carcasses and minimum feed consumption compared to the control group.

Keywords: turkey feeding, turkey live weight gain, feed additives, vegetable polysaccharide extract, nutritional value of the turkey diet, quality of turkey carcasses.

Citation. Mosolov A. A., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Abramov S. V., Khoroshevskaya L. V., Orekhova M. A. The impact of new feed products on the growth and slaughter rates of BIG-6 cross turkeys. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 293-301 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-30.

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

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

УДК 636.5.034:636.085.8

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ КОРМОВЫХ СРЕДСТВ НА ПРИРОСТ И ПОКАЗАТЕЛИ УБОЯ ИНДЕЕК КРОССА BIG-6¹**Мосолов А. А.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник^{1,2}**Горлов И. Ф.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН^{1,2}**Сложенкина М. И.**, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН¹**Абрамов С. В.**, кандидат ветеринарных наук¹**Хорошевская Л. В.**, доктор сельскохозяйственных наук,
ведущий научный сотрудник^{1,2}**Орехова М. А.**, магистрант, лаборант-исследователь¹ФБГНУ «Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки
мясомолочной продукции»²ФГБОУ ВО Волгоградский государственный технический университет
г. Волгоград, Российская Федерация**Исследование выполнено в рамках работ по госзаданию № 125020701763-0**

Актуальность. В настоящее время наблюдается стремительный рост производства мяса индеек, связанный с возможностью за короткий срок получить большое количество высококачественной диетической продукции при сравнительно небольших затратах [1, 2, 5]. Современные кроссы индейки обладают высоким генетическим потенциалом по набору живой массы и высокой оплатой корма при соблюдении технологии откорма. Выход съедобной части тушек индеек современных кроссов свыше 70%, а масса мышечной ткани достигает 58-59% от убойной массы птицы [3, 8]. По данным многочисленных исследований, индейки в раннем возрасте отличаются высокой требовательностью к качеству рациона по всем основным питательным веществам корма [4, 6]. По мнению некоторых исследователей, нарушение работы пищеварительной системы индеек является одной из основных проблем при выращивании этого вида птицы [10, 12]. С целью лечения и регенерации воспаленного кишечного эпителия, предотвращения роста патогенной микрофлоры чаще стали использовать вместо кормовых антибиотиков пребиотические кормовые добавки и растительные полисахаридные экстракты, которые не только обогащают рацион питательными веществами, витаминами, микроэлементами, но и подавляют развитие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов за счет выработки антимикробных веществ, снижая негативное воздействие бактериальных и грибных токсинов на организм [9, 10]. **Объект.** Объектом исследования являются поголовье индеек кросса BIG-6, созданного английской селекционной компанией United Turkeys LTD. **Материалы и методы.** Научный эксперимент проводился в период мая-августа 2024 года на базе ООО «Агрофирма Обломово» Светлоярского района Волгоградской области, занимающейся производством экологически чистой молочной продукции, мяса скота и птицы. Определяли такие показатели как: живая масса индеек в сутки, живая масса индеек на 16-ой неделе, среднесуточный прирост, конверсию корма. Также определяли убойную массу потрошенной тушки, выход мяса, субпродуктов, отходов производства от живой массы индеек. Помимо этого был определен химический состав мяса индеек (влаги, белок, жир, зола). **Результаты и выводы.** Дополнительное включение подсолнечного полисахаридного экстракта (ППЭ) в рацион индеек в качестве добавки к корму в объеме 5% от суточной нормы, а также пребиотической добавки «ЛактуСупер», вводимой в питьевую воду в дозе 0,5% на литр, продемонстрировало наивысшие результаты по приросту живой массы, убойному выходу тушек и минимальным затратам корма по сравнению с контрольной группой.

Ключевые слова: кормление индеек, прирост живой массы индеек, кормовые добавки, растительный полисахаридный экстракт, питательность рациона индеек, качество тушек индеек.

Цитирование. Мосолов А. А., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Абрамов С. В., Хорошевская Л. В., Орехова М. А. Влияние новых кормовых средств на прирост и показатели убои индеек кросса BIG-6. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 293-301. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-30.

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. Индейководство – одна из отраслей птицеводства, которая начинает стремительно развиваться из-за роста потребительского спроса и высокой рентабельности производства. Российское индейководство демонстрирует впечатляющие темпы роста. За

последние пять лет производство индейки в стране увеличилось на 45,56%, что позволило России занять второе место в списке стран с наиболее динамично развивающимся индейководством. По темпам прироста производства индейки Россия обошла такие страны, как Великобритания (4,8%), Венгрия (4,62%), Италия (3,99%) и Германия (1,13%).

В текущем году российские индейководы намерены увеличить объем выпуска продукции еще примерно на 20% и достичь рубежа в 500 тыс. т. [1, 5]. Однако, согласно статистике, доля индейки в общем объеме потребления мяса в России составляет не более 10%, или, в пересчёте на потребление на душу населения, около 2,7 кг. При этом потребление индейки на душу населения в странах Европы варьируется от 4 до 5 кг, а в США составляет 7,8 кг. В Израиле этот показатель превышает 10 кг [2]. Индейки современных мясных кроссов характеризуются высокими темпами роста и низкой конверсией корма. Для достижения максимальных результатов в период откорма птице необходимо обеспечить сбалансированное высокопитательное кормление, особенно в первые недели, а также поддерживать оптимальный микроклимат. К 16-недельному возрасту взрослые самцы достигают в живой массе до 17 кг, самки – до 10 кг [3, 8].

Как отмечают многие исследователи, мясо индейки обладает превосходными диетическими и вкусовыми характеристиками по сравнению с мясом других видов птицы [8, 11]. Оно богато белком и содержит сбалансированный набор незаменимых аминокислот, витаминов и микроэлементов, которые необходимы для здорового питания. Это делает мясо индейки идеальным выбором для людей, придерживающихся диеты [2]. В индейководстве учёные активно изучают и внедряют в рацион питания индеек, особенно молодняка, новые биологически активные добавки (БАД), которые улучшают пищеварение, повышают питательную ценность кормов, их переваримость и усвояемость. Такие добавки также помогают предотвратить развитие многих незаразных заболеваний у птиц [9, 10]. Ряд авторов считают перспективным направлением замену кормовых антибиотиков для молодняка индеек на пребиотические добавки и растительные полисахариды [9, 10, 12]. Эти вещества не только улучшают качество корма, но и положительно влияют на микрофлору кишечника, обмен веществ и, как результат, повышают сохранность поголовья на раннем этапе откорма и способствуют приросту живой массы птицы на всех этапах [9, 10].

Цель работы – изучение влияния новой кормовой добавки - подсолнечного полисахаридного экстракта (ППЭ), который выработан из побочного продукта производства подсолнечного масла, и водорастворимого пребиотика «ЛактуСупер» на прирост живой массы, конверсию корма, убойный выход и качество мяса индеек по результатам убоя.

В задачи исследования входило:

- определить воздействие новой кормовой добавки подсолнечного полисахаридного экстракта (ППЭ) – побочного продукта производства подсолнечного масла, вводимой в состав корма индеек, и пребиотика «ЛактуСупер», представляющего собой композицию натуральных биологически активных веществ, полученных путем комбинирования лактулозы, глицина, янтарной кислоты, фолиевой кислоты и Витамина Е, вводимого в питьевую воду индеек, на повышение интенсивности прироста живой массы птицы, нормализации микробиологических процессов в пищеварительном тракте, улучшения качественных показателей по убою и мяса птицы.

Материалы и методы. Научный эксперимент проводился в период мая-августа 2024 года на базе ООО «Агрофирма Обломово» Светлоярского района Волгоградской области, занимающейся производством экологически чистой молочной продукции, мяса скота и птицы. Объектом исследования служило поголовье индеек кросса BIG-6, созданного английской селекционной компанией United Turkeys LTD. Откорм индеек проводился с суточного до 16-недельного возраста с плотностью посадки 6,2 птиц/м² при напольном содержании с выгулом на специально отгороженных двориках. Для проведения опыта в суточном возрасте было сформировано две группы индеек, по 25 голов в каждой, находившиеся в двух соседних секциях пола (птичник разгорожен на небольшие секции). Кормление индюшат осуществлялось готовыми кормами, изготовленными по рецептуре, рекомендованной производителем кросса. В течение первых 60 дней индюшата получали комбикорм, содержащий 28% сырого протеина и 280 ккал обменной энергии. С 61 по 115 день им давали

комбикорм с 20% сырого протеина и 290 ккал обменной энергии. В первые две недели жизни индюшат кормили через каждые три часа, в общей сложности восемь раз в день. С 40-го дня откорма до убоя их кормили пять раз в день.

В утренние часы, до наступления жары, индюшат на три часа выпускали на прогулку во внутренний отгороженный дворик, также поделенный на секции. Доступ к воде был неограничен. Контрольная группа индюшат получала стандартный полнорационный комбикорм и чистую питьевую воду. Опытная группа индюшат получала комбикорм с вводом в него подсолнечного полисахаридного экстракта (ППЭ) в дозе 5% и водорастворимую кормовую добавку «ЛактуСупер» в дозе 0,5% на литр питьевой воды. Убой индюшат и обвалка тушек кросса БИГ-6 в 16-недельном возрасте проводились в соответствии с ГОСТ 31490-2012. Перед убоем птицу выдерживали 12 часов без корма и 4 часа без воды. Вся партия индеек, отобранная для убоя и первичной переработки в количестве 50 голов, взвешивалась индивидуально на электронных весах для определения живой массы. Перед убоем из вены крыла отбирались пробы крови от пяти голов птицы из каждой группы. После убоя, обескровливания и потрошения тушки и субпродукты взвешивались для определения их массы и процента выхода.

Результаты и обсуждение. Результаты зоотехнического опыта по итогам откорма индюшат в течение 16-ти недель показали положительное влияние на организм индюшек испытуемых добавок: подсолнечного полисахаридного экстракта (ППЭ) в виде добавки к корму и пребиотической добавки «ЛактуСупер», вводимой с питьевой водой. Так, сохранность испытуемого поголовья за период опыта в опытной группе составила 96,0%, в то время как в контрольной группе сохранность поголовья была только на уровне 92,0%. Результаты проведенных исследований показали, что комплексное применение пребиотической кормовой добавки и ППЭ оказало положительное влияние на рост индеек. Опытная группа птицы, потреблявшая корм с добавлением 5% ППЭ от суточной нормы и пребиотика «ЛактуСупер» в дозе 0,5% на литр воды, показала самые высокие показатели прироста живой массы и самые низкие затраты корма на единицу прироста массы по сравнению с контрольной группой (таблица 1).

Таблица 1 – Основные производственные показатели по итогам опыта, n=25

Table 1 – Main production indicators at the end of the experiment, n=25

Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group		Опытная группа / Experimental group	
	самочки / females	самцы / males	самочки / females	самцы / males
Живая масса в сутки, г / Live weight per day, g	48±2,5	52±2,7	48±2,3	52±2,2
Живая масса в 16-недель, г / Live weight at 16 weeks, g	9230±56,5	14237±60,5	10750±67,0	16750±54,5
Среднесуточный прирост, г / Average daily gain, g	82,4±1,45	131,58±2,70	95,98±1,75	149,55±3,60
Конверсия корма, кг / Feed conversion, kg	2,47±0,12	2,32±0,15	2,21±0,11	2,15±0,17

В ходе исследования было установлено, что индейки из опытной группы, получавшие испытуемые кормовые добавки, демонстрировали наибольший среднесуточный прирост в течение 16 недель откорма. По завершению откорма живая масса самок индеек опытной группы превосходила массу контрольной группы на 16,47%, а масса самцов – на 17,65%, что подтверждает положительное влияние испытуемых кормовых добавок на прирост массы индеек, относительно контроля.

Применение пребиотической добавки «ЛактуСупер» и ППЭ способствовало улучшению усвоения корма в организме индеек опытной группы, что отражалось на снижении его расхода. Можно предположить, что пребиотическая добавка «ЛактуСупер», потребляемая в растворенном виде с питьевой водой, имеющая в своем составе богатый набор макро- и микроэлементов, витаминов, аминокислот, способствовала усилению обменных процессов в организме и стимулировала процессы регенерации кишечного эпителия, росту

ворсинок слизистой. Наличие в составе ППЭ протеина (18,1%), усвояемых полисахаридов (20,2%), сахарозы (15,7%), фруктозы (2,55%), бета-каротина (5 мкг), витамина РР (16,6 мг), холина (526 мг), фолиевой кислоты не только обогащало рацион индюков дополнительными питательными веществами, но и способствовало многостороннему влиянию продукта на обменные процессы в организме птицы, так как большая часть этих витаминов, необходимых в питании индюков, не синтезируется в их организме [10, 12]. Результаты убоя и потрошения тушек индюшат по итогам опыта отражены в (таблица 2).

Таблица 2 – Основные показатели по итогам убоя опытного поголовья, n=10

Table 2 – Main indicators of slaughter results of experimental cattle, n=10

Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group		Опытная группа / Experimental group	
	самочки / females	самцы / males	самочки / females	самцы / males
Живая масса в 16-нед., перед убоем, г / Live weight at 16 weeks of age, before slaughter, g	9230±56,5	19237±60,5	10750±67,0	21750±54,5
Убойная масса потрошенной тушки, г / Slaughter weight of gutted carcass, g	6848±41,4	146524±28,7	7987±36,5	16486±34,6
Убойный выход, % / Slaughter yield, %	74,2	75,5	74,3	75,8
1 сорт, % / 1 grade, %	96	96	100	100

Установлено, что на убойный выход и сортность мяса индеек кроме половой принадлежности оказывают большое влияние исследуемые кормовые добавки в составе рациона опытной группы. Выход потрошенной тушки у самцов контрольной группы превышал выход тушки у самок контрольной группы на 7804 г (или на 46,7%). В опытной группе выход потрошенной тушки у самцов превышал выход тушки у самок на 8499 г (или на 48,45%). Выход субпродуктов также был выше у самцов как контрольной, так и опытной групп по сравнению с самками (таблица 3).

Таблица 3 – Выход мяса, субпродуктов, отходов производства от живой массы индеек по итогам опыта, n =10

Table 3 – Yield of meat, by-products, production waste from live weight of turkeys at the end of the experiment, n=10

Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group		Опытная группа / Experimental group	
	самочки / females	самцы / males	самочки / females	самцы / males
Живая масса в 16-нед., перед убоем, г / Live weight at 16 weeks of age, before slaughter, g	9230±56,5	19237±60,5	10750±67,0	21750±54,5
Убойная масса потрошенной тушки, г / Slaughter weight of gutted carcass, g	6848±41,4	14524±28,7	7987±36,5	16486±34,6
Убойный выход тушки, % / Carcass slaughter yield, %	74,2	75,5	74,3	75,8
Субпродукты, г / By-products, g	960,0±16,7	2096,8±19,5	1139,5±17,4	2370,7±19,5
Убойный выход субпродуктов, % / Slaughter yield of by-products, %	10,4	10,9	10,6	10,9
Отходы (трахея, перо, кровь), г / Waste (trachea, feather, blood), g	1422,0±19,2	2616,2±22,3	1623,5±18,8	2893,3±22,3
Отходы (трахея, перо, кровь), % / Waste (trachea, feather, blood), %	15,4	13,6	15,1	13,3

При равных объемах потребленного корма индейки опытной группы, по сравнению с контрольной, имели 100% тушек 1-го сорта. По убойному выходу тушки опытной группы превосходили контроль на 0,1% у самок и на 0,3% у самцов. По выходу субпродуктов особи контрольной группы уступали сверстникам из опытной группы на 0,2% у самок. Выход субпродуктов у самцов был одинаковым, несмотря на большую живую массу, что говорит о более эффективном обмене веществ в организме птицы опытной группы и меньшем времени пребывания корма в желудке. По выходу самых ценных частей мяса от потрошенной тушки индейки (филе, голень, бедро, крыло) между самцами и самками также наблюдаются существенные различия. Кроме того, имеются различия в выходе ценной мясной продукции, особенно филе, между тушками опытной и контрольной групп (таблица 4).

Таблица 4 – Выход частей тушки индейки по итогам опыта, n=10
Table 4 – Yield of turkey carcass parts at the end of the experiment, n=10

Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group		Опытная группа / Experimental group	
	самочки / females	самцы / males	самочки / females	самцы / males
Убойная масса потрошенной тушки, г / Slaughter weight of gutted carcass, g	6848±41,4	14524±28,7	7987±36,5	16486±34,6
Убойная масса потрошенной тушки, % / Slaughter weight of gutted carcass, %	100	100	100	100
Филе, г / Fillet, g	2034±25,7	4473±21,4	2388±32,3	5177±41,5
Филе, % / Fillet, %	29,7	30,8	29,9	31,4
Бедро (на кости), г / Thigh (on the bone), g	794,4±21,8	1830±36,2	942,5±24,7	2126,7±31,2
Бедро (на кости), % / Thigh (on the bone), %	11,6	12,6	11,8	12,9
Голень (на кости), г / Tibia (on the bone), g	773,8±12,3	1786,5±29,6	918,5±21,6	2060,8±19,4
Голень (на кости), % / Tibia (on the bone), %	11,3	12,3	11,5	12,5
Крыло, г / Wing, g	589,0±12,4	1321,7±14,3	702,9±13,9	1550,1±46,7
Крыло, % / Wing, %	8,6	9,1	8,8	9,4
Каркас с кожей и мышечной тканью, г / Frame with skin and muscle tissue, g	2656,8±41,8	5112,8±38,6	3035,1±40,4	5571,4±48,6
Каркас с кожей и мышечной тканью, % / Frame with skin and muscle tissue, %	38,8	35,2	38,0	33,8

Было установлено, что живая масса птицы перед убоем оказывает существенное влияние на выход наиболее ценных частей тушки индейки, особенно у самцов. При этом самцы опытной группы превосходили контрольную по выходу филейной части на 704 г (или на 0,6%), по выходу бедра – на 0,3%, по выходу голени – на 0,2%, по выходу крыла – на 0,3%. В то же время выход каркаса с кожей и остатками мышечной ткани в опытной группе уменьшился на 1,4% по сравнению с контрольной. Учитывая более высокую живую массу, полученную в опытной группе, это позволяет увеличить производство диетического мяса и получить дополнительную прибыль.

Согласно мнению ряда исследователей [5, 6, 8], диетическое мясо индеек обладает высокой биологической ценностью благодаря оптимальному набору аминокислот, незаменимых жирных кислот, витаминов и микроэлементов, что делает его особенно ценным для детского и лечебного питания. Использование кормовых пребиотических добавок «Лакту-Супер» и ППЭ положительно сказалось на химическом составе мяса индеек (таблица 5).

Таблица 5 – Химический состав мяса индеек по итогам опыта, %, n=10
Table 5 – Chemical composition of turkey meat at the end of the experiment, %, n=10

Показатели / Indicators	Контрольная группа / Control group		Опытная группа / Experimental group	
	самочки / females	самцы / males	самочки / females	самцы / males
	Белое мясо (филе) / White meat (fillet)			
Влага, % / Moisture, %	73,65	73,87	74,85	74,97
Белок, % / Protein, %	21,34	21,42	22,54	22,57
Жир, % / Fat, %	0,47	0,46	0,37	0,36
Зола, % / Ash, %	1,12	1,14	1,21	1,23
	Красное мясо (бедро) / Red meat (thigh)			
Влага, % / Moisture, %	76,23	76,28	77,32	77,52
Белок, % / Protein, %	18,2	18,3	19,1	19,2
Жир, % / Fat, %	1,69	1,68	1,44	1,43
Зола, % / Ash, %	0,98	0,99	1,03	1,04

Результаты наших исследований продемонстрировали, что у индеек опытной группы, получавших кормовые пребиотические добавки «ЛактуСупер» и ППЭ с кормом и водой, содержание белка в филе увеличилось на 1,2% у самок и на 1,15% у самцов по сравнению с контрольной группой. Кроме того, содержание белка в красном мясе индеек опытной группы также превышало таковое в контрольной группе: на 0,9% у самок и на 0,9% у самцов.

Включение в рацион водорастворимой пребиотической добавки «ЛактуСупер» и ППЭ способствовало повышению сочности белого и красного мяса индеек опытной группы по сравнению с контрольной группой. Под влиянием на процесс пищеварения и усвояемость питательных веществ рациона испытуемых добавок, в опытных образцах филе и красного мяса опытной группы индюшек отмечено более низкое содержание жира, по сравнению с аналогами контрольных образцов, что обуславливает его большую диетическую ценность.

Выводы. Результаты наших исследований показали влияние на прирост живой массы и выход тушек не только половой принадлежности индюшат, но и состава рациона. Дополнительное использование в рационах индеек подсолнечного полисахаридного экстракта (ППЭ) в виде добавки к корму в количестве 5% от суточной нормы корма и пробиотической добавки «ЛактуСупер», вводимой с питьевой водой в дозе 0,5% на литр воды, имели самые высокие показатели по приросту живой массы, убойному выходу тушек и самые низкие затраты корма массы по сравнению с контрольной группой. Изучаемые кормовые добавки также оказали положительное влияние на выход самых ценных частей туши и качество мяса индеек опытной группы, что дает основание рекомендовать к использованию в хозяйстве при откорме индеек следующих туров для получения экологически чистого диетического мяса индеек.

Conclusions. The results of our studies have shown the effect on live weight gain and carcass yield not only of the sex of turkeys, but also of the composition of the animal's diet. Additional use of sunflower polysaccharide extract (PPE) in the diets of turkeys in the form of a feed additive in the amount of 5% of the daily feed rate and the probiotic supplement "LactuSuper", administered with drinking water at a dose of 0.5% per liter of water, had the highest indicators of live weight gain, slaughter yield of carcasses and the lowest feed consumption by weight compared to the control group. The studied feed additives also had a positive effect on the yield of the most valuable parts of the carcass and the quality of meat of turkeys of the experimental group, which gives reason to recommend the following rounds for use in the farm when fattening turkeys to obtain environmentally friendly dietary turkey meat.

Библиографический список

1. Погодаев В. А., Карданова И. М. Особенности развития внутренних органов у молодняка индеек, выращенных с использованием биогенных стимуляторов. Животноводство юга России. 2018. № 1 (27). С. 27-29.
2. Якунин К. А. Влияние природного комплекса биологически активных веществ на здоровье и продуктивность птицы и качество продукции птицеводства. Эффективное животноводство. 2024. № 2. С. 36-38.
3. Котарев В. И. и др. Оценка влияния пробиотиков «Профорт» и «Ликвафид» на антиоксидантную систему крови индеек кросса Hybrid Converter. Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2020. Т. 56. № 4. С. 38-41.
4. Козлова С. В. Морфометрические и цитологические особенности печени цыплят-бройлеров и индеек. Мир Инноваций. 2021. № 4. С. 6-12.

5. Котарев В. И. и др. Влияние кормовых добавок Профорт и Ликвафид на состояние микрофлоры желудочно-кишечного тракта индеек кросса Хайбрид Конвертер. Ветеринарный фармакологический вестник. 2022. № 3 (20). С. 103-115.
6. Волков А. и др. Кормовая добавка Асидо био-ЦИТ жидкий в рационах индеек. Ветеринария сельскохозяйственных животных. 2020. № 11. С. 57-60.
7. Луговая И. С. Применение композиции биостимуляторов для повышения жизнеспособности индеек в основные критические периоды развития. Доклады Российской академии наук. Науки о жизни. 2020. Т. 495. № 1. С. 586-589.
8. Мутиева Х. М., Эльдаров Б. А. Балансирование рационов индейки по основным минеральным веществам с использованием минеральных добавок природного происхождения. Ежегодная итоговая научно-практическая конференция научно-педагогических работников. 2024. С. 82-85.
9. Загородняя А. Е., Столяров В. А. Влияние минеральных добавок на весовые качества индеек. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2019. Т. 239. № 3. С. 125-128.
10. Котарев В. И., Лядова Л. В., Белоусов Д. А. Влияние мультифункциональной кормовой добавки «Профорт» на обменные процессы в организме индеек кросса Хайбрид Конвертер. Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2020. Т. 56. № 4. С. 105-109.
11. Погодаев В. А., Шепляков А. В. Результативность использования пробиотиков: Моноспорин, Пролам, Пролам (СТФ-1/56), Бацелл-М при дорацивании индеек. Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56. № 1. С. 81-86.
12. Мижевикина А. С., Лыкасова И. А., Корюхова М. Е. Сравнительное влияние препаратов Набиката и Иркутина на мясную продуктивность индеек. АПК России. 2020. Т. 27. № 5. С. 841-845.

References

1. Pogodaev V. A., Kardanova I. M. Features of the development of internal organs in young turkeys raised with the use of biogenic stimulants. Livestock in the South of Russia. 2018. № 1 (27). Pp. 27-29.
2. Yakunin K. A. Influence of the natural complex of biologically active substances on health and productivity of poultry and quality of poultry products. Effective livestock farming. 2024. № 2. Pp. 36-38.
3. Kotarev V. I. et al. Evaluation of the effect of probiotics 'Profort' and 'Likvafid' on the antioxidant system of blood of turkeys cross Hybrid Converter. Scientific notes of the educational institution Vitebsk State Academy of Veterinary Medicine. 2020. V. 56. № 4. Pp. 38-41.
4. Kozlova S. V. Morphometric and cytological features of the liver of broiler chickens and turkeys. The World of Innovation. 2021. № 4. Pp. 6-12.
5. Kotarev V. I. et al. Effect of feed additives Profort and Liquafid on the state of microflora of the gastrointestinal tract of turkeys cross Highbrid Converter. Veterinary Pharmacological Bulletin. 2022. № 3 (20). Pp. 103-115.
6. Volkov A. et al. Feed additive Asido bio-CIT liquid in turkey diets. Veterinary of farm animals. 2020. № 11. Pp. 57-60.
7. Lugovaya I. S. Application of a composition of biostimulants to increase the viability of turkeys in the main critical periods of development. Reports of the Russian Academy of Sciences. Life Sciences. 2020. V. 495. № 1. Pp. 586-589.
8. Mutieva H. M., Eldarov B. A. Balancing of turkey diets on the main mineral substances using mineral additives of natural origin. Annual final scientific-practical conference of scientific and pedagogical workers. 2024. Pp. 82-85.
9. Zagorodnaya A. E., Stolyarov V. A. Influence of mineral additives on weight qualities of turkeys. Scientific Notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman. N. E. Bauman. 2019. V. 239. № 3. Pp. 125-128.
10. Kotarev V. I., Lyadova L. V., Belousov D. A. Influence of multifunctional feed additive 'Profort' on metabolic processes in the body of turkeys cross Highbrid Converter. Scientific notes of the educational institution Vitebsk Order of Badge of Honour State Academy of Veterinary Medicine. 2020. V. 56. № 4. Pp. 105-109.
11. Pogodaev V. A., Sheplyakov A. V. Effectiveness of the use of probiotics: Monosporin, Prolam, Prolam (STF-1/56), Bacell-M in growing turkeys. Izvestiya Gorsk State Agrarian University. 2019. V. 56. № 1. Pp. 81-86.
12. Mizhevikina A. S., Lykasova I. A., Koryukhova M. E. Comparative effect of preparations Nabikat and Irkutin on meat productivity of turkeys. Agroindustrial Complex of Russia. 2020. V. 27. № 5. Pp. 841-845.

Информация об авторах

Мосолов Александр Анатольевич, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Горлов Иван Фёдорович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6); заведующий кафедрой «Технология пищевых производств», Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Сложенкина Марина Ивановна, доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6); профессор кафедры «Технология пищевых производств», Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр. имени В. И. Ленина, 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Абрамов Сергей Владиславович, кандидат ветеринарных наук, комплексная аналитическая лаборатория, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Хорошевская Людмила Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, г. Волгоград, ул. Рокоссовского, 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Орехова Мария Александровна, лаборант-исследователь, Поволжский научно-исследовательский институт производства и переработки мясомолочной продукции (Российская Федерация, 400066, Волгоград, ул. Рокоссовского, д. 6), студент, Волгоградский государственный технический университет (Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, проспект им. В. И. Ленина, 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Author's Information

Mosolov Aleksander Anatolyevich, Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Gorlov Ivan Fedorovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6); Head of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Slozhenkina Marina Ivanovna, Doctor of Biological Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6); Professor of the Department of Food Production Technology, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, V. I. Lenin Ave., 28), e-mail: niimmp@mail.ru

Abramov Sergey Vladislavovich, Candidate of Veterinary Sciences, Integrated Analytical Laboratory, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Khoroshevskaya Lyudmila Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher, Volga Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), e-mail: niimmp@mail.ru

Orekhova Maria Aleksandrovna, Laboratory Assistant-Researcher, Volgograd Region Research Institute for the Production and Processing of Meat and Dairy Products (Russian Federation, 400066, Volgograd, Rokossovskogo St., 6), student, Volgograd State Technical University (Russian Federation, 400005, Volgograd, Lenin Ave., 28), e-mail: niimmp@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-31

BIOPHARMACEUTICAL DEVELOPMENT AND RESEARCH THE TOXICOLOGICAL PROFILE OF THE NEW FEED ADDITIVE HEPATOPROTECTIVE ORIENTATION

¹Rogaleva E. V., ²Semenenko M. P., ²Abramov A. A., ²Zhuganov I. V.

¹ FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin"
Krasnodar, Russian Federation

² FSBSI "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine"
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: jane-tyapkina@yandex.ru

Received 16.09.2024

Submitted 28.01.2025

Summary

The article presents data on determining the optimal composition and ratio of components (biopharmaceutical development) of a new hepatoprotective feed additive ectulin. The results of study of acute oral toxicity on experimental animals are presented and the hazard class of the developed feed additive is determined.

Abstract

Introduction. The relevance of the research is determined by the need to develop complex feed additives with hepatoprotective properties for pharmacocorrection during periods of maximum load on the organs of the hepatobiliary system. Such feed additives have a suppressive effect on the primary and secondary mechanisms of development of pathological processes in the liver, increase the organ's tolerance to the negative impact of damaging factors, activate its neutralizing function by activating various enzyme systems, thereby slowing down the occurrence and progression of hepatopathies. **Object.** The object of the study is the hepatoprotective feed additive ectulin for agricultural poultry, developed in the pharmacology department of the FSBSI KSCAHVM. **Materials and methods.** Experimental studies included the development of the composition and technology for the production of a hepatoprotective feed additive for poultry, as well as the study of its toxicological profile (acute toxicity and hazard class). **Results and conclusion.** Based on the conducted studies, the optimal composition of the feed additive was determined, including as active ingredients a mineral component of natural origin, a phytocomponent containing bitters, a plant ingredient with a polysaccharide complex, which is a glycurglycan of the pectin substance type, medicinal raw materials containing ecdysteroids and a probiotic complex. It was found that the most pronounced membrane-stabilizing effect on the background of the damaging effect of hydrogen peroxide, providing protection of cell membranes from lipid peroxidation, is provided by a composition with a component ratio of 77: 5: 3: 5: 10, respectively. The period of maintaining mobility and integrity of the cell membrane of ciliates is 4.1 ± 0.39 min., which exceeds the control values by 2.5 times. The process of ectulin production includes weighing the components of the feed additive taking into account their concentration, grinding

(fraction size of 0.5-1.5 mm), mixing, dosing and packaging. Pharmaceutical incompatibility (immiscibility, coagulation, dampening and melting, change in color, odor and gas emission) of the components of the developed additive has not been determined. The results of the toxicity profile study have determined that the survival rate of all experimental rats both at the time of introduction of the feed additive and in the 14-day post-intoxication period was 100%, based on which the developed feed additive ectulin was classified as a low-hazard substance (hazard class 4) according to GOST 12.1.007-76 "Harmful Substances. Classification and General Safety Requirements".

Keywords: complex feed additive, hepatoprotectors, biopharmaceutical development, acute toxicity.

Citation. Rogaleva E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Zhuganov I. V. Biopharmaceutical development and research the toxicological profile of the new feed additive hepatoprotective orientation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 301-309 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-31.

The author's contribution. The authors of this study were directly involved in the planning, execution, and analysis of this study.

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

УДК 619:615.356:616.3

БИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ НОВОЙ КОРМОВОЙ ДОБАВКИ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

¹**Рогалева Е. В.**, доктор ветеринарных наук

²**Семененко М. П.**, доктор ветеринарных наук, доцент

²**Абрамов А. А.**, кандидат ветеринарных наук

Жуганов И. В., аспирант

¹ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»
г. Краснодар, Российская Федерация

²ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии»
г. Краснодар, Российская Федерация

Актуальность исследований определяется необходимостью разработки комплексных кормовых добавок гепатопротекторной направленности для проведения фармакологической коррекции в периоды максимальной нагрузки на органы гепатобилиарной системы. Такие кормовые добавки оказывают подавляющий эффект на первичные и вторичные механизмы развития патологических процессов в печени, усиливают толерантность органа к негативному влиянию повреждающих факторов, активизируют ее обезвреживающую функцию путем активации различных ферментных систем, тем самым замедляя возникновение и прогрессирование гепатопатий. **Объект.** Объектом исследования является кормовая добавка гепатопротекторной направленности эктулин для сельскохозяйственной птицы, разработанная в отделе фармакологии ФГБНУ КНЦЗВ. **Материалы и методы.** Экспериментальные исследования включали в себя разработку состава и технологии изготовления кормовой добавки гепатопротекторной направленности для сельскохозяйственной птицы, а также изучение ее токсикологического профиля (острой токсичности и класса опасности). **Результаты и выводы.** На основании проведенных исследований был определен оптимальный состав кормовой добавки, включающий в качестве активных действующих веществ минеральный компонент природного происхождения, фитокомпонент, содержащий горечи, растительный ингредиент, с наличием полисахаридного комплекса, представляющего собой гликуроногликан типа пектиновых веществ, лекарственное сырье, содержащее экдистероиды и пробиотический комплекс. Установлено, что наиболее выраженное мембраностабилизирующее действие на фоне повреждающего влияния пероксида водорода, обеспечивающее протекцию клеточных мембран от перекисного окисления липидов, оказывает композиция с соотношением компонентов 77 : 5 : 3 : 5 : 10 соответственно. Период сохранения подвижности и целостность клеточной мембраны инфузорий составляет $4,1 \pm 0,39$ мин., что превышает контрольные показатели в 2,5 раза. Процесс изготовления эктулина включает взвешивание компонентов кормовой добавки с учетом их концентрации, измельчение (размер фракций 0,5-1,5 мм), смешивание, дозирование и упаковку. Фармацевтическая несовместимость (несмешиваемость, коагуляция, отсыревание и расплавление, изменение цвета, запаха и выделение газов) компонентов разработанной добавки не установлена. Результаты исследования профиля токсичности установлено, что выживаемость всех опытных крыс как в момент введения кормовой добавки, так и в 14-дневный постинтоксикационный период составила 100%, на основании чего разработанная кормовая добавка эктулин по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» была классифицирована как вещество малоопасное (4 класс опасности).

Ключевые слова: комплексная кормовая добавка, гепатопротекторы, биофармацевтическая разработка, острая токсичность.

Цитирование. Рогалева Е. В., Семененко М. П., Абрамов А. А., Жуганов И. В. Биофармацевтическая разработка и изучение токсикологического профиля новой кормовой добавки гепатопротекторной направленности. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 301-309. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-31.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Приоритетной задачей научно-технологического развития птицеводства, стоящей перед учеными и специалистами, является обеспечение экономической безопасности страны, заключающейся в первую очередь в повышении продуктивности всех отраслей сельского хозяйства. В решении этой задачи большое значение имеет сохранение и правильное выращивание молодняка птицы. Однако прогрессивный способ выращивания и содержания птицы сопровождается технологическим стрессом и, несомненно, обуславливает чрезмерное напряжение функции органов гепатобилиарной системы. Использование традиционных составов рационов не всегда компенсирует повышенные потребности организма птицы, что обуславливает не только снижение, но и полную потерю продуктивности, а также провоцирует развитие различных деструктивных нарушений обмена веществ, приводящих к возникновению гепатопатий. Проявляющиеся на этом фоне заболевания печени обуславливают формирование дисбаланса обмена веществ, иммунного ответа, детоксикационной и антимикробной функции печени, а после переболевания оставляют «след» метаболических нарушений, сохраняющийся до конца жизни животного [1].

Приоритетным направлением модернизации технологий содержания и ветеринарных мероприятий высокотехнологичного птицеводства является фармацевтическое усовершенствование и разработка поликомпонентных кормовых добавок с запрограммированным гепатопротекторным действием. Их скармливание наряду с рационами хозяйств в периоды максимального напряжения функций печени позволяет обеспечить защиту молодняка птицы от воздействия различных негативных техногенных стрессов, более эффективно использовать все питательные вещества, поступающие с кормом, что в итоге обуславливает максимальную реализацию генетического потенциала современных кроссов и пород [2].

С учетом многофакторности этиологии заболеваний печени, вектором действия селективных лекарственных средств является влияние на патогенетические механизмы, лежащие в основе заболеваний печени. Механизмы развития гепатопатий неоднозначны, коррелируются со степенью воздействия и видом повреждающих факторов (токсическая, вирусная, аутоиммунная и т. д.), однако все они характеризуются деструктуризацией и альтерацией клеток, сопровождающимися воспалительной реакцией, цитолизом, дистрофией и некрозом гепатоцитов, и как следствие, развитием и прогрессированием фиброза. В патогенезе заболеваний печени в первую очередь происходит разрушение клеточных мембран гепатоцитов, некомпенсированная активация свободно-радикального окисления, снижение активности ферментативного звена системы антиоксидантной защиты и накопление продуктов перекисного окисления липидов в организме птицы.

В связи с этим в периоды, когда основной орган детоксикации работает на «максимальных оборотах», целесообразно проведение фармакокоррекции с использованием кормовых добавок гепатопротекторной направленности, которые оказывают подавляющий эффект на первичные и вторичные механизмы развития патологического процесса, усиливают толерантность печени к негативному влиянию повреждающих факторов, активизируют ее обезвреживающую функцию путем активации различных ферментных систем (в том числе системы цитохрома P₄₅₀ и других микросомальных ферментов), а также обуславливают нормализацию ее основных функций, тем самым, замедляя прогрессирование заболевания [3, 4].

Перечень применяемых лекарственных средств гепатотропной направленности весьма разнообразен и включает следующие группы: препараты, содержащие эссенциальные фосфолипиды, препараты преимущественно детоксирующего действия, аминокислоты и их дериваты; витамины, антиоксиданты и витаминоподобные средства, препараты растительного происхождения и комбинированные препараты. С учетом многообразия этиологических факторов и патогенетических механизмов, лежащих в основе развития гепатопатий, наиболее перспективным является использование комбинированных композиций (лекарственных препаратов и кормовых добавок) [5].

В связи с этим одним из важных направлений совершенствования превентивных мероприятий возникающих нарушений метаболизма и гепатопатий в современном птицеводстве является разработка полифункциональных кормовых добавок направленного действия, а также изучение их токсикологического профиля. Введение в состав таких композиций различных компонентов (природных, растительных и пробиотических), одновременно действующих в одном направлении (прямое и опосредованное действие), но имеющих точки воздействия на разные звенья патологического процесса, позволяет добиться синергизирующего, а в некоторых случаях, и потенцирующего эффекта [1, 4, 6, 7].

Материалы и методы. Целью наших исследований стала разработка состава и технология изготовления кормовой добавки гепатопротекторной направленности для сельскохозяйственной птицы, а также изучение ее токсикологического профиля (острой токсичности и класса опасности).

На первом этапе был произведен подбор (Screening) компонентов и фармацевтическая разработка (Pharmaceutical development) кормовой добавки. В связи с особенностями патогенетических механизмов, лежащих в основе развития гепатопатий, в состав кормовой добавки подбирались ингредиенты, обладающие необходимым фармакодинамическим эффектом и оказывающие действие на различные звенья патологического процесса. Также учитывалась возможность возникновения физико-химической и фармакологической несовместимости подобранных лекарственных субстанций.

Следующим этапом исследования стало определение оптимального соотношения компонентов кормовой добавки методом изучения мембраностабилизирующего действия на стандартной тест-системе *Paramecium caudatum* (суточные культуры *Paramecium caudatum*), культивируемые в температурном диапазоне от 20 °C до 26 °C.

В качестве *deminutio substantiae* (повреждающего вещества) в ходе опыта по определению биологической активности разрабатываемой кормовой добавки использовался 3 % раствор пероксида водорода, при биотрансформации которого происходит образование свободных радикалов, внедряющихся в липидный слой мембран или липопротеинов. Образуемые при этом радикалы липоперекиси запускают цепную реакцию перекисного окисления липидов.

Ход исследования: культура парамеций в объеме 0,05 мл наносилась на каждое из 17 стекол с полированной лункой, затем в культуру парамеций добавлялось 0,05 мл водной суспензии разработанной кормовой добавки с различным соотношением компонентов (17 композиций); в контрольную каплю с культурой клеток вносился эквивалентный объем *aqua destillata*. Токсикант – 3% раствор пероксида водорода вносился в объеме 0,05 мл. В качестве критериев токсичности учитывались изменения количества, конфигурации парамеций, их размер, характер движения, а также время полной остановки движений. Полученные результаты исследований подвергались статистической обработке с использованием t-критерия Стьюдента, различия между группами признавались статистически значимыми при $p < 0,05$.

Дальнейшим этапом стало изучение точек токсикологического профиля: исследование острой пероральной токсичности на экспериментальных животных и установление класса опасности разработанной кормовой добавки по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности». Испытание проводилось в соответствии с руководством по проведению доклинических исследований (Миронов А. Н., 2012) и Правилами проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения (Приказ Минсельхоза РФ от 6 марта 2018 г. № 101 «Об утверждении Правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения»). Как стандартный объект исследований были выбраны половозрелые белые крысы, все травмиру-

ющие процедуры выполнялись с обязательным соблюдением регламента «Европейская конвенция по защите позвоночных животных, которые используются с экспериментальной и научной целью» (ETS № 123, Страсбург, 18.03.1986).

Дизайн исследования включал пероральное введение разработанной кормовой добавки (в диапазоне доз 5500 мг/кг – 3500 мг/кг с шагом 500 мг) в форме водной суспензии (5 мл на одну крысу) с использованием атравматичного желудочного зонда половозрелым здоровым нелинейным крысам массой тела 215-246 г, сформированным в 5 опытных и 1 контрольную группы (n=10). Контрольные животные получали дистиллированную воду в том же объеме (5 мл), что и опытные крысы. Сразу после введения кормовой добавки и последующие 14 суток осуществлялась регулярная визуальная клиническая оценка общего состояния всех животных (особенности поведения, приём корма и воды, двигательная активность, реакция на внешние раздражители, характер дыхания, состояние шерстного покрова, проявление симптомов интоксикации и возможная гибель).

Результаты и обсуждение. С учетом поставленной задачи в отделе фармакологии ФГБНУ КНЦЗВ была разработана новая кормовая добавка гепатопротекторной направленности – экулин. На этапе скрининга действующих веществ с учетом фармакологических свойств были отобраны приоритетные растительные ингредиенты, содержащие гликуроногликаны, сесквитерпеновый лактон танацетин и экдистероиды. В рецептуру кормовой добавки также вошли природный минеральный компонент и пробиотики. Фармакодинамический профиль действующих веществ, вошедших в состав кормовой добавки, предполагает гепатопротекторное, антиоксидантное, детоксицирующее и общестимулирующее действие.

Введенный в состав кормовой добавки растительный компонент, содержащий в качестве биологически активных веществ гликуроногликан типа пектиновых веществ, потенцирует гепатопротекторное, детоксицирующее и антиоксидантное действие других компонентов добавки (активизирует процессы восстановления печеночной паренхимы и гликогенообразовательной функции печени). Стимулирует аппетит и повышает секрецию пищеварительных ферментов, что положительно влияет на анаболические процессы в организме птицы [8].

Гепатопротекторный эффект лекарственного ингредиента, содержащего горечи, заключается в мембраностабилизирующем действии. Механизм антиоксидантного действия обусловлен как способностью прямо взаимодействовать со свободными радикалами за счет наличия в структуре молекулы полисахарида карбоксильных и гидроксильных групп, так и активацией ферментов, отвечающих за распад перекисных соединений [9].

Включение в рецептуру кормовой добавки растительного сырья, содержащего экдистероиды, потенцирует гепатопротекторный и антирадикальный эффекты, обуславливает иммуномодулирующее, адаптогенное антимикробное действие, способствует интенсификации протеинсинтетической функции печени и биосинтезу гликогена [10, 11].

Введение в состав кормовой добавки растительных компонентов позволяет замедлить воспаление в структурах печени за счет укрепления мембран гепатоцитов, однако этого эффекта будет недостаточно, если при этом не будет устранена основная патогенетическая причина повреждения [12].

В качестве лекарственного средства, усиливающего гепатопротекторное действие растительных компонентов, в состав добавки был введен природный минерал группы алюмосиликатов, представляющий собой нанопористый твердый сорбтив с двумя видами поглощения веществ (межпакетной и межпористой адсорбции), т.е. по сути являющийся одновременно и адсорбентом, и абсорбентом. Его гепатопротекторное действие заключается в поглощении различных ксенобиотиков и предотвращении их резорбции, что позволяет значительно снизить метаболическую нагрузку на органы детоксикации и экскреции. Помимо этого, минеральный компонент выполняет роль носителя и обеспечивает векторную доставку компонентов кормовой добавки к биологическим мишеням, содержит природный комплекс жизненно необходимых макро- и микроэлементов [13, 14].

Комплексный пробиотик, содержащий селективированные штаммы микроорганизмов, был подобран исходя из физиологических особенностей микробиоценоза кишечника птицы. Включение пробиотика в состав кормовой добавки позволяет добиться фармакологического эффекта, заключающегося в подавлении роста и активности патогенной гнилостной микрофлоры в кишечнике, улучшении переваримости кормов [15].

Следующим этапом биофармацевтического дизайна разработки кормовой добавки стало определение одного из специфических переменных факторов – подбор технологии производства и оптимальной лекарственной формы с учетом особенностей физико-химической и фармакологической совместимости всех лекарственных субстанций.

Учитывая, что разрабатываемая кормовая добавка предназначена для перорального введения, а также приоритета наименьших трудозатрат, оптимальной лекарственной формой был выбран порошок – Pulveres ad usum internum. Преимуществами данной лекарственной формы являются высокая биологическая доступность; легкость и точность дозирования; технологический процесс изготовления не сложный, удобная транспортировка. Далее было необходимо определить оптимальный размер частиц порошка кормовой добавки с учетом того, что размер фракций в значительной степени влияет на фармакологическую активность лекарственных субстанций: при измельчении с уменьшением размера частиц резко возрастает поверхностная энергия измельченного вещества. В большинстве случаев размер частиц порошка для внутреннего применения составляет 0,15-0,6 мм. Однако, согласно исследованиям Amerah et. al (2008), в отношении поедаемости корма птицей, гранулометрическая тенденция размера частиц прослеживается в отношении более крупных фракций. С учетом этого, измельчение фракций эктулина составило 0,5-1,5 мм. В процессе изготовления кормовой добавки проявления фармацевтической несовместимости (несмешиваемость, коагуляция, отсыревание и расплавление, изменение цвета, запаха и выделение газов) ингредиентов выявлено не было. Технологическая схема изготовления порошка эктулина включала следующие этапы: взвешивание необходимых количеств компонентов кормовой добавки в зависимости от концентрации, измельчение, их смешивание (смешивание начинали с ингредиентов, прописанных в меньших количествах, постепенно добавляли остальные), дозирование и упаковку.

На следующем исследовании из 17 предварительно разработанных рецептур соотношения компонентов кормовой добавки эктулин методом определения мембраностабилизирующей активности (in vitro на тест-системе *Paramecium caudatum*,) по результатам наиболее высоких показателей антиоксидантного и мембранотропного действия была отобрана композиция *substantiae activae* в соотношении: 77 частей минерального компонента природного происхождения: 5 частей растительного ингредиента, содержащего горечи: 3 части растительного компонента, имеющего в своем составе гликуроногликан типа пектиновых веществ: 5 частей растительного сырья, содержащего экидистероиды: 10 частей пробиотического комплекса. Данная экспозиция ингредиентов оказала наиболее выраженный фармакологический (мембраностабилизирующий) эффект на фоне негативного воздействия пероксида водорода, обеспечивала протекцию клеточных мембран от перекисного окисления липидов. Период сохранения подвижности и целостность клеточной мембраны инфузорий составил $4,1 \pm 0,39$ мин., что превышало контрольное значение в 2,5 раза.

Положительные результаты предварительно проведенного исследования фармакологической активности разработанной кормовой добавки и анализ фармакодинамической активности ее компонентов, позволяют прогнозировать эффективность ее применения при гепатопатиях различного генеза, обуславливая необходимость проведения доклинических исследований ее возможной токсичности.

В ходе проведенных исследований острой токсичности эктулина по результатам однократного перорального введения, выживаемость животных во всех опытных группах (дозировки 3500, 4000, 4500 5000 и 5500 мг/кг массы тела) составила 100%, что не позволило для данной кормовой добавки определить абсолютную (LD_{100}) и среднюю (LD_{50}) летальные дозы. Сразу после введения у всех опытных и контрольных крыс отмечалось кратковременное возбуждение, обусловленное стресс-эффектом процедуры внутрижелудочного введения больших объемов вводимых веществ (водной суспензии эктулина опытным крысам и дистиллированной воды контрольным). Потребление корма и воды отсутствовало, частота дыхательных движений была незначительно повышена, данная симптоматика исчезала по истечении 10-15 мин. после введения. При клиническом осмотре через 30 минут после введения изучаемых доз кормовой добавки эктулин состояние всех крыс данных групп соответствовало показателям контрольных аналогов, внешние идентификаторы интоксикации выявлены не были. Грызуны активно передвигались по клетке, исследовали пространство, взаимодействовали между собой, адекватно реагировали на предлагаемые

лакомства и внешние раздражители, потребляли корм и воду. Кожные покровы и слизистые оболочки были бледно-розовые, нарушений функции систем пищеварения и мочеотделения не выявляли. Дальнейшая 14-дневная индивидуальная регистрация общего состояния и клинического статуса опытных животных не выявила существенных отличий ни от показателей контрольных аналогов, ни от значений видовой нормы, что позволяет по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» отнести разработанную кормовую добавку к 4 классу опасности (вещества малоопасные).

Заключение. На основании проведенных исследований была подобрана оптимальная рецептура кормовой добавки эктулин, включающая в качестве *substantiae activae* 77 частей минерального компонента природного происхождения, 5 частей растительного компонента, содержащего горечи, 3 части растительного компонента, включающего полисахаридный комплекс, представляющий собой гликуроногликан типа пектиновых веществ, 5 частей растительного сырья, имеющего в своем составе экдистероиды и 10 частей пробиотического комплекса. Данная композиция оказывает наиболее выраженное мембраностабилизирующее действие на фоне повреждающего влияния пероксида водорода, обеспечивает протекцию клеточных мембран от перекисного окисления липидов. Период сохранения подвижности и целостности клеточной мембраны инфузорий составляет $4,1 \pm 0,39$ мин., что превышает контрольные показатели в 2,5 раза. Технологический процесс производства порошка эктулина включает взвешивание необходимых количеств компонентов кормовой добавки с учетом концентрации, измельчение компонентов (размер фракций 0,5-1,5 мм), их смешивание, дозирование и упаковку. Фармацевтическая несовместимость компонентов разработанной добавки не установлена. Согласно проведенным исследованиям профиля токсичности выживаемость всех опытных крыс как в момент введения, так и в 14-дневный постинтоксикационный период составила 100%, на основании чего разработанная кормовая добавка эктулин по ГОСТ 12.1.007-76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» была классифицирована как вещество малоопасное (4 класс опасности).

Conclusions. On the basis of the studies carried out, the optimal formulation of the feed additive ectulin was selected, which includes as *substantiae activae* 77 parts of a mineral component of natural origin, 5 parts of a vegetable component containing bitterness, 3 parts of a plant component including a polysaccharide complex, which is a glycuronoglycan of the pectin type, 5 parts of plant raw materials containing ecdysteroids and 10 parts of a probiotic complex. This composition has the most pronounced membrane-stabilizing effect against the background of the damaging effect of hydrogen peroxide, provides protection of cell membranes from lipid peroxidation. The period of preservation of motility and integrity of the cell membrane of ciliates is 4.1 ± 0.39 minutes, which exceeds the control indicator by 2.5 times. The technological process for the production of ectulin powder includes weighing the required quantities of feed additive components taking into account the concentration, grinding the components (fraction size 0.5-1.5 mm), their mixing, dosing and packaging. Pharmaceutical incompatibility of the components of the developed additive has not been established. According to the studies of the toxicity profile, the survival rate of all experimental rats both at the time of administration and in the 14-day post-intoxication period was 100%, on the basis of which the developed feed additive ectulin according to GOST 12.1.007-76 "Harmful substances. Classification and General Safety Requirements" was classified as a low-hazard substance (hazard class 4).

Библиографический список

1. Кощаев А. Г., Щербатов В. И. Птицеводство: из прошлого – в будущее. Птицеводство. 2019. № 5. С. 6-7.
2. Кощаев А. Г., Патиева Т. П., Зыкова А. В. Изучение эффективности применения кормовых добавок при выращивании цыплят-бройлеров. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 108. С. 257-261.
3. Ленкова Т. Н., Гусева И. И. Влияние гепатопротекторов на состояние печени бройлеров. Птицеводство. 2022. № 9. С. 35-39.
4. Мусаева Э. М., Гусейнова Г. А., Полухова Ш. М., Гасимова С. В., Джафарова Р. Э. Возможности фармакологической коррекции патологий гепатобилиарной системы. Вестник Российской Военно-медицинской академии. 2018. № 2 (62). С. 221-225.
5. Петрухина Д. А., Плетнева И. В., Сысуев Б. Б. Современные лекарственные средства (ассортимент) и тенденции в совершенствовании лекарственных форм гепатопротекторных средств (обзор). Разработка и регистрация лекарственных средств. 2021. Т. 10. № 3. С. 38-46.
6. Алехин Ю. Н., Понамарёв В. С., Попова О. С. Патогенетические основы сочетанного применения лекарственных препаратов групп гепатопротекторов и фитосорбентов. Международный вестник ветеринарии. 2022. № 2. С. 47-52.
7. Ампилогова И. Н., Карлина М. В., Макаров В. Г., Макарова М. Н. Взаимосвязь фармацевтической разработки и доклинических исследований (обзор). Разработка и регистрация лекарственных средств. 2023. Т. 12. № 2. С. 155-163.

8. Черных И. В., Кириченко Е. Е., Шулькин А. В., Попова Н. М., Котлярова А. А., Якушева Е. Н. Возможности применения некрахмальных полисахаридов растительного происхождения в клинической практике. Российский медико-биологический вестник имени академика И. П. Павлова. 2018. Т. 26. № 2. С. 305-316.
9. Куркин В. А., Азнагулова А. В. Фитохимическое исследование надземной части одуванчика лекарственного. Химия растительного сырья. 2017. № 1. С. 99-105.
10. Лупанова И. А., Сайбель О. Л., Ферубко Е. В., Курманова Е. Н., Радимич А. И., Колхир В. К., Мизина П. Г. Фармакологический скрининг экстракта травы серпухи венценой (serratula coronata l.). Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2022. Т. 25. № 3. С. 43-48.
11. Мягчилов А. В., Соколова Л. И., Горовой П. Г., Кечайкин А. А. Особенности состава флавоноидов в серпухе венценой (serratula coronata l.s.l.) Сибири и дальнего востока России. Химия растительного сырья. 2020. № 2. С. 171-179.
12. Семененко М. П., Кононенко С. И., Тяпкина Е. В., Кузьминова Е. В. Энтеросорбция как метод общей детоксикации организма при сочетанных микотоксикозах у животных. Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2017. № 4 (16). С. 176-183.
13. Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Koschaev A. G. Realization of the bioresource potential of the broiler chickens when using the natural bentonites. Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2017. V. 3. No 1. Pp. 19-24.
14. Семененко М. П., Рогалева Е. В., Кошаев А. Г., Кузьминова Е. В. Клиническая фармакология препаратов на основе природных алюмосиликатов. Краснодар, 2020. 228 с.
15. Головкин Е. Н., Забашта Н. Н., Кошаев А. Г. Синбиотик в рационе цыплят-бройлеров. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 65. С. 113-118.

References

1. Koshchaev A. G., Shcherbatov V. I. Poultry farming: from the past to the future. Poultry. 2019. № 5. Pp. 6-7.
2. Koshchaev A. G., Patieva T. P., Zykhova A. V. Study of the effectiveness of the use of feed additives in the cultivation of broiler chickens. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2023. № 108. Pp. 257-261.
3. Lenkova T. N., Guseva I. I. Effect of hepatoprotectors on the condition of broiler liver. Poultry. 2022. № 9. Pp. 35-39.
4. Musayeva E. M., Huseynova G. A., Polukhova Sh. M., Gasimova S. V., Jafarova R. E. Possibilities of pharmacological correction of pathologies of the hepatobiliary system. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2018. № 2 (62). Pp. 221-225.
5. Petrukhina D. A., Pletneva I. V., Sysuev B. B. Modern medicines (assortment) and trends in improving the dosage forms of hepatoprotective drugs (review). Development and registration of medicines. 2021. V. 10. № 3. Pp. 38-46.
6. Alekhin Y. N., Ponamarev V. S., Popova O. S. Pathogenetic foundations of the combined use of drugs of the groups of hepatoprotectors and phytosorbents. International Veterinary Bulletin. 2022. № 2. Pp. 47-52.
7. Ampilogova I. N., Karlina M. V., Makarov V. G., Makarova M. N. Relationship between pharmaceutical development and preclinical studies (review). Development and registration of medicines. 2023. V. 12. № 2. Pp. 155-163.
8. Chernykh I. V., Kirichenko E. E., Shulkin A. V., Popova N. M., Kotlyarova A. A., Yakusheva E. N. Possibilities of using non-starch polysaccharides of plant origin in clinical practice. Russian Medical and Biological Bulletin named after Academician I. P. Pavlov. 2018. V. 26. № 2. Pp. 305-316.
9. Kurkin V. A., Aznagulova A. V. Phytochemical study of the aerial part of dandelion. Chemistry of plant raw materials. 2017. № 1. Pp. 99-105.
10. Lupanova I. A., Saibel O. L., Ferubko E. V., Kurmanova E. N., Radimich A. I., Kolkhir V. K., Mizina P. G. Pharmacological screening of the extract of the herb serratula coronata l. Issues of Biological, Medical and Pharmaceutical Chemistry. 2022. V. 25. № 3. Pp. 43-48.
11. Myagchilov A. V., Sokolova L. I., Gorovoy P. G., Kechaikin A. A. Features of the composition of flavonoids in serratula coronata l.s.l. of Siberia and the Russian Far East. Chemistry of plant raw materials. 2020. № 2. Pp. 171-179.
12. Semenenko M. P., Kononenko S. I., Tyapkina E. V., Kuzminova E. V. Enterosorption as a method of general detoxification of the body in combined mycotoxicosis in animals. Innovations in the agro-industrial complex: problems and prospects. 2017. № 4 (16). Pp. 176-183.
13. Semenenko M. P., Kuzminova E. V., Koschaev A. G. Realization of the bioresource potential of the broiler chickens when using the natural bentonites. Advances in Agricultural and Biological Sciences. 2017. V. 3. No 1. Pp. 19-24.
14. Semenenko M. P., Rogaleva E. V., Koshchaev A. G., Kuzminova E. V. Clinical pharmacology of drugs based on natural aluminosilicates. Krasnodar, 2020. 228 p.
15. Golovko E. N., Zabashta N. N., Koshchaev A. G. Synbiotic in the diet of broiler chickens. Proceedings of the Kuban State Agrarian University. 2017. № 65. Pp. 113-118.

Информация об авторах

Рогалева Евгения Викторовна, доктор ветеринарных наук, профессор кафедры терапии и фармакологии, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина» (350044, Краснодар, ул. Калинина, 13), ORCID: 0000-0002-0520-0357, e-mail: Jane-tyapkina@yandex.ru

Семененко Марина Петровна, доктор ветеринарных наук, доцент, заведующая отделом фармакологии ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (350055, Краснодар, пос. Знаменский, Первомайская, 4), ORCID: 0000-0001-8266-5900, e-mail: sever291@mail.ru

Абрамов Андрей Андреевич, кандидат ветеринарных наук, старший научный сотрудник отдела фармакологии, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», (350055, Краснодар, пос. Знаменский, Первомайская, 4), ORCID: 0000-0002-5839-1281, e-mail: labfarm2017@mail.ru

Жуганов Илья Вадимович, аспирант отдела фармакологии, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», (350055, Краснодар, пос. Знаменский, Первомайская, 4), e-mail: Jane-tyapkina@yandex.ru

Author's Information

Rogaleva Evgeniya Viktorovna, Doctor of Veterinary Sciences, Professor of the Department of Therapy and Pharmacology, FSBEI HE "Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin" (350044, Krasnodar, Kalinina st.,13), ORCID: 0000-0002-0520-0357, e-mail: Jane-tyapkina@yandex.ru

Semenenko Marina Petrovna, Doctor of Veterinary Sciences, Associate Professor, Head of the Pharmacology Department, FSBSI "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomayskaya st. 4), ORCID: 0000-0001-8266-5900, e-mail: sever291@mail.ru.

Abramov Andrey Andreevich, PhD in Veterinary Sciences, Senior Researcher of the Pharmacology Department, FSBSI "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomayskaya st. 4), ORCID: 0000-0002-5839-1281, e-mail: labfarm2017@mail.ru

Zhuganov Ilya Vadimovich, postgraduate student of the pharmacology department, FSBSI "Krasnodar Scientific Center for Animal Husbandry and Veterinary Medicine" (350055, Krasnodar, Znamensky, Pervomayskaya st. 4), e-mail: Jane-tyapkina@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-32

HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL BLOOD PARAMETERS OF THE RAINBOW TROUT (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) UNDER THE INFLUENCE OF GAPRIN

¹Agapova V. N., ¹Randelin D. A., ¹Agapov S. Yu., ¹Vorontsova E. S.,
²Taloverko A. Yu.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov
Saratov, Russian Federation

Corresponding author E-mail: 55avn5@mail.ru

Received 02.12.2024

Submitted 01.02.2025

Research was carried out within the framework of the consortium "Agropriority 2030" on the topic: "Development of optimized schemes for the use of alternative protein raw materials of microbial synthesis (gaprin) for rainbow trout, sterlet and tilapia, comprehensive physiological-biochemical, or technical and economic justification of its application in aquaculture"

Summary

Intensive fish farming, taking into account and applying modern technologies, methods and methods, is able to provide the country's population with fish and caviar. One of the important factors influencing this process is the feeding of fish. The availability of protein in the feed is of great importance when feeding fish. Gaprin, a microbiological protein, is able to solve the problem of deficiency of protein components in the diet without harming the health of fish, without disrupting their natural growth rates.

Abstract

Introduction. Fish is one of the strategically important food products for humans, as it is perfectly absorbed, providing the body with all the necessary amino acids, essential fats, trace elements, vitamins, and is recommended for feeding children of any age and the elderly. Therefore, the fish farming industry is faced with the task of providing the population with this food product. For this reason, farms engaged in the cultivation of aquaculture facilities use modern methods and the latest technologies for intensive cultivation of aquatic organisms. **Object.** The studies were carried out on juvenile rainbow trout. **Materials and methods.** The effect of gaprin on hematological and biochemical parameters of rainbow trout was studied on the territory of the Volgograd State Agrarian University in the center "Breeding of valuable Sturgeon breeds". As a result of the experiment, blood samples from salmon experimental groups were taken in order to study its composition and content of erythrocytes, hemoglobin, hematocrit, leukocytes, monocytes, leukocytes, total protein, albumin, AST, ALT, bilirubin, creatinine, urea, triglycerides, glucose. The experimental material obtained was biometrically processed using Microsoft Office software. As part of this process, an application was used to determine the Student-Fisher confidence criterion. **Results and conclusion.** As a result of the study, it was found that the product of microbial synthesis, gaprin, did not adversely affect the studied fish blood parameters. Thus, the hemoglobin level in the blood of rainbow trout was the highest in all aquatic organisms of the experimental groups relative to the control. In the representatives of the 3rd experimental group, this indicator was higher than in the 1st control, 2nd and 4th experimental groups (by 11.9, 6.5 and 5.7 g/l). The content of erythrocytes in the blood of hydrobionts of the 3rd experimental group was higher than in the control by 0.14·10¹²/l, the 2nd experimental group by 0.07·10¹²/l, and the 4th experimental group by 0.22·10¹²/l,

respectively. The highest hematocrit content in the blood was found in representatives of the 4th experimental group, who outperformed the aquatic organisms from the 1st control, 2nd and 3rd experimental groups by 6.9%, 6.1% and 2.8%, respectively. Trout from the experimental groups that consumed feed with gaprin had the highest concentration of total protein in the blood compared with 1 control group. Thus, the 2nd, 3rd and 4th experimental groups had higher total protein content in the blood compared to the 1st control group by 0.2, 2.6 and 12 g/l, respectively. The blood ALT index in trout of the 4th experimental group was higher than in the control, 2nd and 3rd experimental groups by 13.5%, 12.9% and 7.1%, respectively. The blood AST in aquatic animals of the 2nd, 3rd and 4th experimental groups fed with gaprin was higher than in juveniles of the 1st control group by 3.1%, 6.2% and 12.6%.

Keywords: *microbial synthesis protein, gaprin, rainbow trout juveniles, rainbow trout, trout blood parameters.*

Citation. Agapova V. N., Randelin D. A., Agapov S. Yu., Vorontsova E. S., Taloverko A. Yu. Hematological and biochemical blood parameters of the rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under the influence of gaprin. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 309-320 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-32.

Author's contribution. The team of authors working on this study made a direct contribution to the planning, execution and analytical processing of the results obtained. The group of authors the presented article reviewed and approved the proposed final version.

Conflict of interest. The authors claim that there is no conflict of interests.

УДК 639.3.07

ГЕМАТОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ (*ONCORHYNCHUS MYKISS*) ПОД ВЛИЯНИЕМ ГАПРИНА

¹Агапова В. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Ранделин Д. А., доктор биологических наук, доцент

¹Агапов С. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук, доцент

²Таловерко А. Ю., аспирант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова

г. Саратов, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках консорциума «Агроприоритет 2030» по теме: «Разработка оптимизированных схем использования альтернативного белкового сырья микробного синтеза «Гаприн» для радужной форели, стерляди и тилапии, комплексное физиолого-биохимическое, зоотехническое и экономическое обоснование его применения в аквакультуре»

Актуальность. Рыба – один из стратегически важных продуктов питания для человека, так как она прекрасно усваивается, обеспечивая организм всеми необходимыми аминокислотами, незаменимыми жирами, микроэлементами, витаминами, и рекомендована для кормления детей любого возраста, пожилых людей. Поэтому перед отраслью рыбоводства стоит задача по обеспечению населения данным продуктом питания. По этой причине хозяйства, занимающиеся выращиванием объектов аквакультуры, применяют современные методы и новейшие технологии для интенсивного выращивания гидробионтов. **Объект.** Исследования проводились на молоди радужной форели. **Материалы и методы.** Проводилось изучение влияния гаприна на гематологические и биохимические показатели радужной форели на территории ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ в центре «Разведение ценных пород осетровых». В результате эксперимента были отобраны образцы крови лососевых подопытных групп с целью изучения ее состава и содержания эритроцитов, гемоглобина, гематокрита, лейкоцитов, моноцитов, лимфоцитов, общего белка, альбумина, АСТ, АЛТ, билирубина, креатинина, мочевины, триглицеридов, глюкозы. Полученный экспериментальный материал был подвергнут биометрической обработке с использованием программного обеспечения Microsoft Office. В рамках этого процесса использовалось приложение для определения критерия достоверности разности по Студенту-Фишеру. **Результаты и выводы.** В результате проведенного исследования было установлено, что продукт микробного синтеза – гаприн, не оказывал отрицательного влияния на изучаемые показатели крови рыб. Таким образом, уровень гемоглобина в крови радужной форели был наибольшим у всех гидробионтов опытных групп по отношению к контролю. У представителей

3 опытной группы этот показатель был выше, чем в 1 контрольной, 2 и 4 опытных групп (на 11,9, 6,5 и 5,7 г/л). Содержание эритроцитов в крови гидробионтов 3 опытной группы, выше, чем в контроле на $0,14 \cdot 10^{12}/л$, 2 опытной группе на $0,07 \cdot 10^{12}/л$, 4 опытной группе на $0,22 \cdot 10^{12}/л$, соответственно. Наибольшее содержание гематокрита в крови было выявлено у представителей 4 опытной группы, превосходивших по данному показателю гидробионтов из 1 контрольной, 2 и 3 опытных групп на 6,9%, 6,1% и 2,8% соответственно. Форель из опытных групп, употреблявшая корма с гаприном, имела наибольшую концентрацию общего белка в крови по сравнению с 1 контрольной группой. Так 2, 3 и 4 опытные группы имели большее содержание общего белка в крови по сравнению с 1 контрольной группой на 0,2, 2,6 и 12 г/л соответственно. Показатель АЛТ в крови у форели 4 опытной группы был выше, чем у контрольной, 2 и 3 опытных групп на 13,5%, 12,9% и 7,1% соответственно. АСТ крови у гидробионтов 2, 3 и 4 опытных групп, получавших с кормами гаприном, был выше, чем у молоди 1 контрольной группы, на 3,1%, 6,2% и 12,6%.

Ключевые слова: белок микробиального синтеза, гаприн, молодь радужной форели, форель радужная, показатели крови форели.

Цитирование. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Агапов С. Ю., Воронцова Е. С., Таловерко А. Ю. Гематологические и биохимические показатели крови радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) под влиянием гаприна. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 309-320. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-32.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Форелеводство занимает одну из основных ниш в рыбоводстве Российской Федерации. Объясняется это тем, что форель имеет ценное вкусное мясо, обладающее диетическими свойствами, а также деликатесную икру.

В связи с этим в рыбоводстве искусственное культивирование лососевых имеет важное значение. В промышленных условиях при грамотном, эффективном выращивании за более короткий промежуток времени, по сравнению с естественными условиями открытых водоемов, можно вырастить радужную форель, ничем не уступающую по вкусу «дикой» [1, 2].

Качество мяса рыбы напрямую зависит от ряда факторов, к одному из основных относится кормление рыбы. Качественные сбалансированные корма не ухудшают гидрохимический состав воды, а также имеют в своем составе незаменимые аминокислоты, жирные кислоты, минеральные элементы и витамины, благоприятно влияющие на качество выращиваемой продукции, ускоряя темпы роста рыбы и ее половое созревание [3, 4, 5, 6, 7].

Как правило, ингредиенты, богатые жирами и углеводами, являются наиболее дешёвыми составляющими кормов. Белки – наиболее ценные высокомолекулярные органические вещества, состоящие из аминокислот, – важны еще по той причине, что незаменимы для жизни всех живых организмов. Согласно этому, именно ингредиенты, богатые белками, как правило компоненты животного происхождения, пользуются на сегодняшний момент большим спросом и, соответственно, имеют высокую цену (рыбная речная и морская мука, мясная и мясокостная мука и др.).

В связи с этим, перед специалистами стоит важная задача в обеспечении рыбоводства, да и в целом всего сектора животноводства, менее дорогого белка высокого качества, способного обеспечить рост и не вредить здоровью сельскохозяйственных животных, рыбы и в последствие человека, потребляющего продукты от них [8, 9, 10, 11]. Гаприн – продукт микробиального синтеза – способен справиться с этой задачей [3, 12].

Цель исследования заключалась в определении влияния гаприна – белка микробиального синтеза – на гематологические показатели молоди радужной форели.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели исследования был проведен эксперимент в условиях ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный аграрный университет» в цехе УЗВ центра «Разведение ценных пород осетровых». Из 400 голов молоди радужной форели были сформированы 4 группы по 100 голов в каждой. Начальный средний вес рыб составлял 55 г. Длительность исследования 60 дней.

Аквакорма для всех подопытных гидробионтов имели равномерный тонкий помол ингредиентов корма, особенно растительных компонентов, что способствовало получению «гладкой» и прочной гранулы. Дополнительную крепость грануле придавал кукурузный глютен и вакуумное напыление жиров, производимое в процессе их изготовления. Соответствующие ГОСТу гранулы рыбных кормов долго оставались неразмокаемыми в воде и не разламывались, что способствовало сохранению всех необходимых питательных веществ. Нутриентный состав кормов, изготовленных для молоди радужной форели, соответствовал возрасту, физиологическому состоянию и покрывал потребности организма лососевых во всех питательных веществах, витаминах, минеральных элементах (таблица 1).

Таблица 1 – Схема исследования на подопытной радужной форели
Table 1 – The scheme of the study on the experimental rainbow trout

Группы / Group	Количество дней эксперимента / Number of days of the experiment	Рационы / Rations
1 контрольная / 1 test	60	ОП (основной рацион) / BD (Basic Diet)
2 опытная / 2 experimental	60	ОП с вводом 25% гаприна / BD with the introduction of 25% of GAPRIN
3 опытная / 3 experimental	60	ОП с вводом 50% гаприна / BD with the introduction of 50% of GAPRIN
4 опытная / 4 experimental	60	ОП с вводом 75% гаприна / BD with the introduction of 75% of GAPRIN

Согласно схеме исследования, указанной в таблице 1, молоди радужной форели скормливались следующие рационы: 1 контрольная группа употребляла основной рацион, 2 опытной группе скормливался основной рацион, в котором 25% рыбной муки было заменено препаратом гаприн, 3 опытной группе вводился препарат гаприн в корма взамен 50% рыбной муки, 4 опытная группа получала основной рацион с заменой рыбной муки на 75% гаприном.

Скармливание кормов гидробионтам осуществлялось трижды в сутки. Норма дачи кормов менялась согласно данным, полученным в результате взвешивания молоди радужной форели [13]. Кровь у молоди форели была взята прижизненно путем отсечения хвостового стебля из хвостовой артерии. Далее кровь собиралась в пробирки с антикоагулянтами.

Результаты и обсуждение. Цель проведения исследования заключалась в изучении влияния введенного препарата микробного синтеза гаприна на гематологические показатели молоди радужной форели.

Ингредиентный состав кормов во всех четырех группах различался только процентом ввода препарата гаприна и состоял из продуктов растительного происхождения: пшеницы, шрота соевого, кукурузного глютена, масла растительного; животного происхождения: рыбной, мясной и кровяной муки, рыбьего жира; а также гаприна – продукта микробного синтеза, вводимого в корма для опытных групп лососевых.

Таким образом, показатели питательности аквакормов для подопытной молоди радужной форели содержали в своем составе сырой протеин в пределах 44%, сырой жир - в среднем 22%, сырую клетчатку – на уровне 2% (рисунок 1).

Уровень содержания жира, энергетическая составляющая кормов, был ниже в кормах у молоди радужной форели 1 контрольной группы, уступая 4, 3 и 2 опытным группам на 0,24%, 0,16% и 0,08%, соответственно.

Содержание клетчатки – нутриента, плохо усвояемого лососевыми в связи с их физиологическими особенностями строения желудочно-кишечного тракта и присущего хищнического типа питания – было одинаковым во всех 4 группах.

Сырая зола – индикатор минеральной составляющей части кормов, необходимой для всех жизненно важных процессов, протекающих в организме рыб. В количественном выражении данный показатель был ниже в кормах с большим вводом гаприна.

Несмотря на такую закономерность, корма для всех подопытных групп были сбалансированы по минеральному составу, в котором нуждалась рыба.

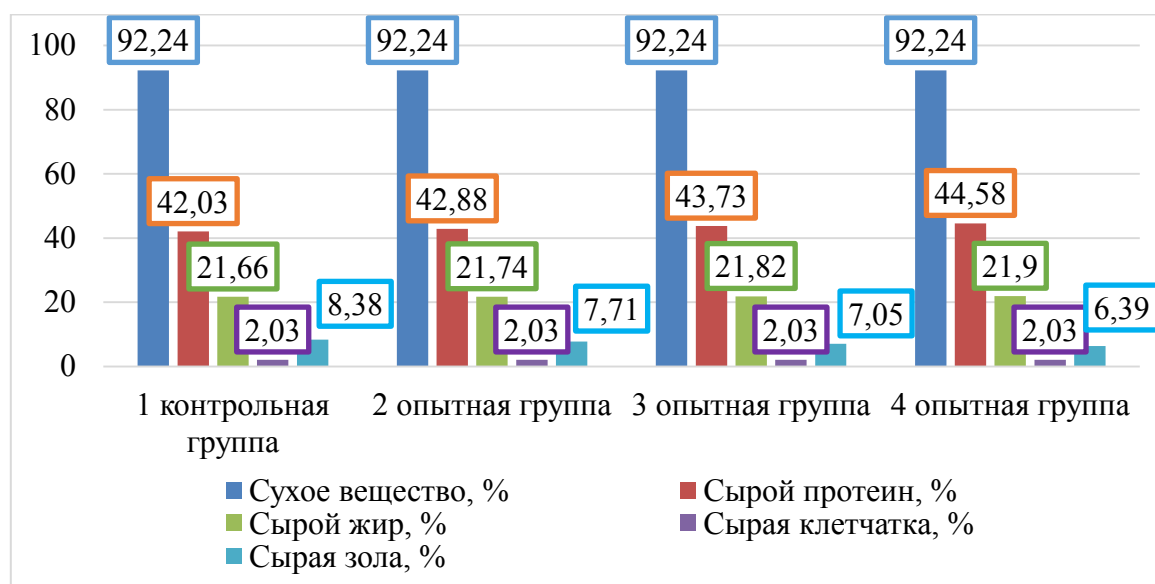


Рисунок 1 – Химический состав аквакормов для подопытной радужной форели
Figure 1 – Chemical composition of aquaculture feeds for experimental rainbow trout

Содержание сырого протеина было выше во всех опытных группах по сравнению с контрольной. Так 4 опытная преваляровала над соответствующими показателями контрольной группы на 2,55%; 3 и 2 опытные группы, соответственно, превосходили контроль на 1,70% и 0,85%.

Установлено, что истинное качество белка прежде всего характеризуется его аминокислотным составом, а именно содержанием и сочетанием незаменимых и заменимых аминокислот, служащих как строительным материалом для всех клеток тела, так и источником энергии (рисунок 2, 3).

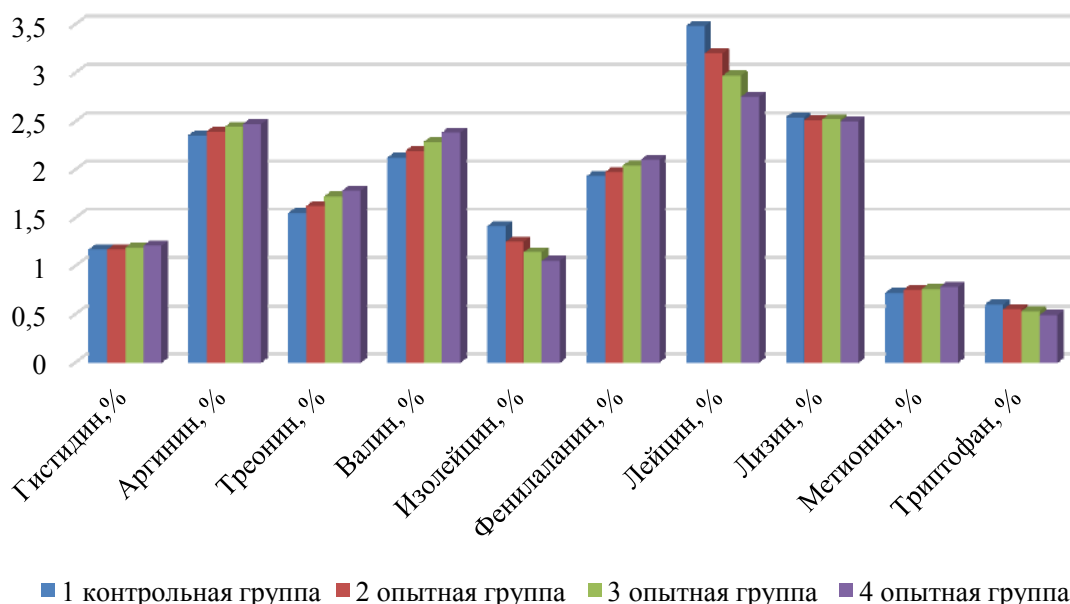


Рисунок 2 – Содержание незаменимых аминокислот в аквакормах для подопытной радужной форели
Figure 2 – The content of essential amino acids in aquaculture feeds for experimental rainbow trout

Из данных рисунка 2, на котором отмечены показатели содержания незаменимых аминокислот, следует, что большее количество несинтезируемых рыбами аминокислот было выявлено у гидробионтов 4, 3 и 2 опытных групп по отношению к 1 контрольной: ги-

стидина (на 0%, 0,02%, 0,04%), аргинина (на 0,04%, 0,09%, 0,12%), треонина (на 0,07%, 0,17%, 0,23%), валина (на 0,07%, 0,16%, 0,26%), фенилаланин (на 0,04%, 0,11%, 0,17%), метионина (на 0,03%, 0,04%, 0,06%).

При этом наибольшее содержание незаменимых аминокислот таких, как изолейцин, лейцин, лизин и триптофан, было отмечено в кормах 1 контрольной группы по отношению к 4, 3 и 2 опытным группам, соответственно, на 0,16%, 0,27%, 0,36%; на 0,28%, 0,51%, 0,73%; на 0,03%, 0,02%, 0,04% и на 0,05%, 0,07%, 0,11%.

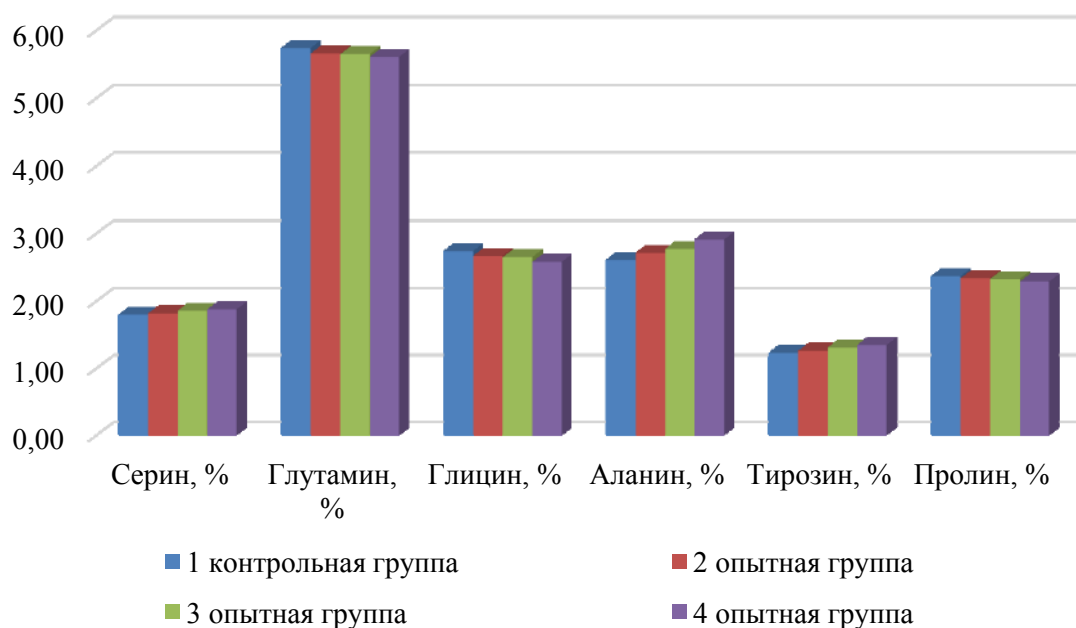


Рисунок 3 – Содержание заменимых аминокислот в аквакультурных кормах для подопытной радужной форели
Figure 3 – The content of interchangeable amino acids in aquaculture feeds for experimental rainbow trout

У представителей лососевых 4, 3 и 2 опытных групп уровень содержания заменимых аминокислот в кормах был выше, чем у молоди контрольной группы по следующим аминокислотам: серин (на 0,02%, 0,06% и 0,08%), аланин (на 0,1%, 0,16% и 0,3%), тирозин (на 0,03%, 0,08% и 0,12%).

Содержание заменимых аминокислот в контрольной группе было выше по сравнению с 4, 3 и 2 опытными группами по таким аминокислотам, как глутамин (на 0,08%, 0,09% и 0,13%), глицин (на 0,07%, 0,09% и 0,16%), пролин (на 0,03%, 0,04% и 0,08%).

Анализ крови у гидробионтов позволяет получить достоверную информацию о физиологическом состоянии рыб, на которое оказывает влияние ряд факторов: сбалансированное питание, достаточное кормовое обеспечение, качество гидрохимического состава воды и др. От всех этих составляющих напрямую зависит здоровье гидробионтов.

На рисунках 4, 5 и 6 отмечены показатели «красной» крови: эритроциты, гемоглобин и гематокрит. Эритроциты в крови рыб, как и других животных, выполняют функцию переноса кислорода и продуктов распада. Также у рыб существует прямая взаимосвязь между содержанием эритроцитов в крови и двигательной активностью. Чем активнее ведут себя гидробионты, тем больше эритроцитов можно обнаружить в крови. Таким образом, установлено, что содержание эритроцитов в крови гидробионтов 3 опытной группы было выше по сравнению с контролем на $0,14 \cdot 10^{12}/л$, с 2 опытной группой – на $0,07 \cdot 10^{12}/л$, с 4 опытной группой – на $0,22 \cdot 10^{12}/л$, соответственно (рисунок 4). Несмотря на различия в содержании эритроцитов в крови представителей всех подопытных групп, этот показатель был в пределах физиологической нормы.

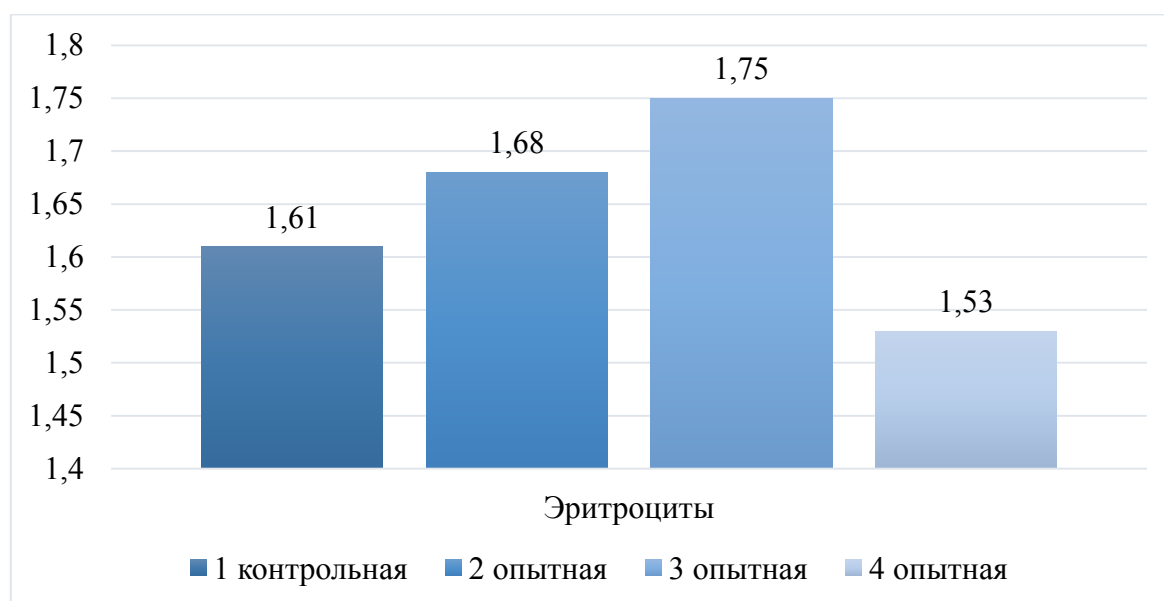


Рисунок 4 – Содержание эритроцитов в крови радужной форели, $10^{12}/л$
Figure 4 – The content of red blood cells in the blood of rainbow trout, $10^{12}/l$

Эритроциты содержат красный пигмент – гемоглобин, являющийся маркером насыщенности крови кислородом, так как именно молекулы гемоглобина, способны связывать и переносить кислород ко всем тканям и органам. Уровень гемоглобина в крови радужной форели был наибольшим у представителей 3 опытной группы, превосходящих по показателю содержания красящего пигмента в крови представителей 1 контрольной, 2 и 4 опытных групп (на 11,9, 6,5 и 5,7 г/л) (рисунок 5).

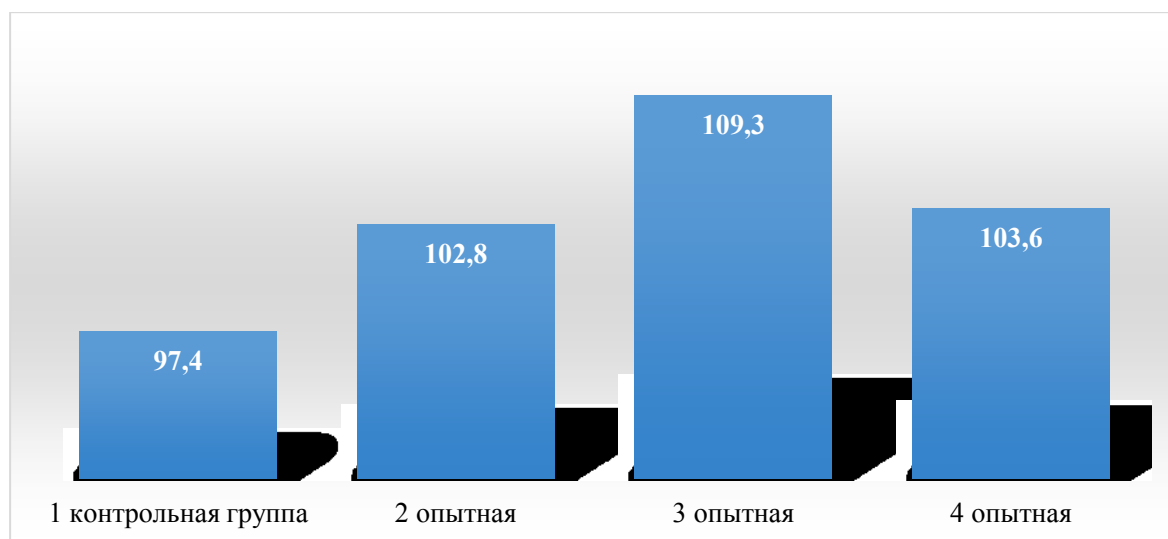


Рисунок 5 – Гемоглобин в крови радужной форели, г/л
Figure 5 – Hemoglobin in the blood of rainbow trout, g/l

Уровень содержания гематокрита в крови рыб в первую очередь отражает объем эритроцитов в единице объема крови. Изменение данного показателя выше или ниже физиологических норм свидетельствует о различных заболеваниях. В рамках нашего исследования образцы крови, отобранные у подопытной форели, находились по всем показателям в рамках физиологической нормы (рисунок 6).

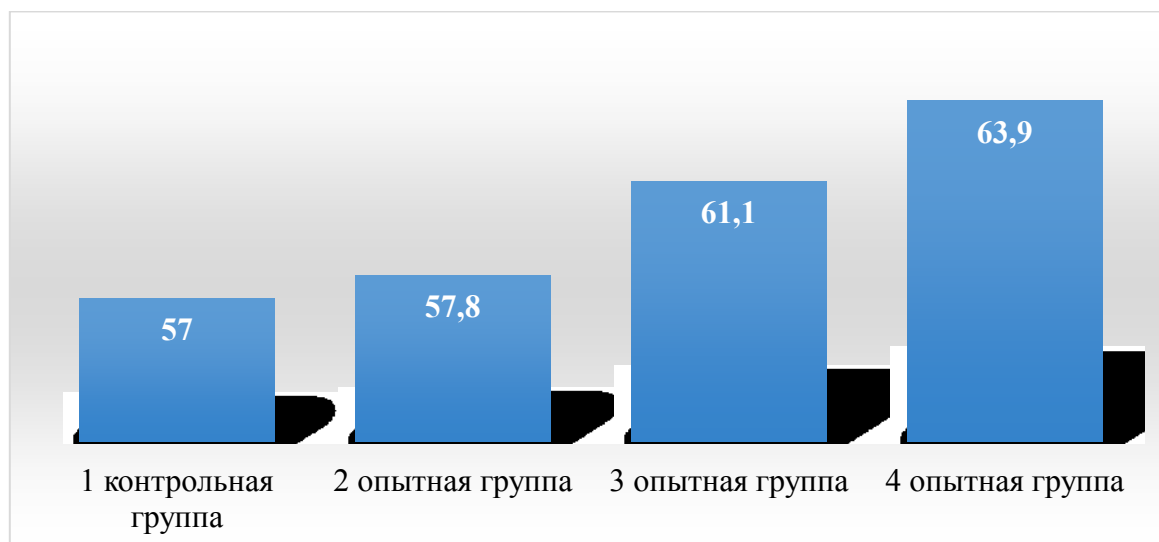


Рисунок 6 – Гематокрит в крови радужной форели, %
Figure 6 – Hematocrit in the blood of rainbow trout, %

Отмечая результаты по уровню содержания гематокрита в крови у рыб, установили, что наибольшая его концентрация была зафиксирована у представителей 4 опытной группы, превосходивших по данному показателю гидробионтов из 1 контрольной, 2 и 3 опытных групп на 6,9%, 6,1% и 2,8%, соответственно.

При употреблении кормов с препаратом гаприн установлено, что он не оказал отрицательного эффекта на показатели «белой» крови гидробионтов, соответственно, не было выявлено сдвигов в сторону существенного уменьшения или увеличения концентрации лейкоцитов у рыб. К примеру, наибольшая концентрация лейкоцитов в крови была обнаружена у форели 4 опытной группы, которая была выше по данному показателю, чем у представителей 1 контрольной, 2 и 3 опытных групп, на $0,5 \cdot 10^9/\text{л}$, $0,7 \cdot 10^9/\text{л}$ и $0,3 \cdot 10^9/\text{л}$ (рисунок 7).

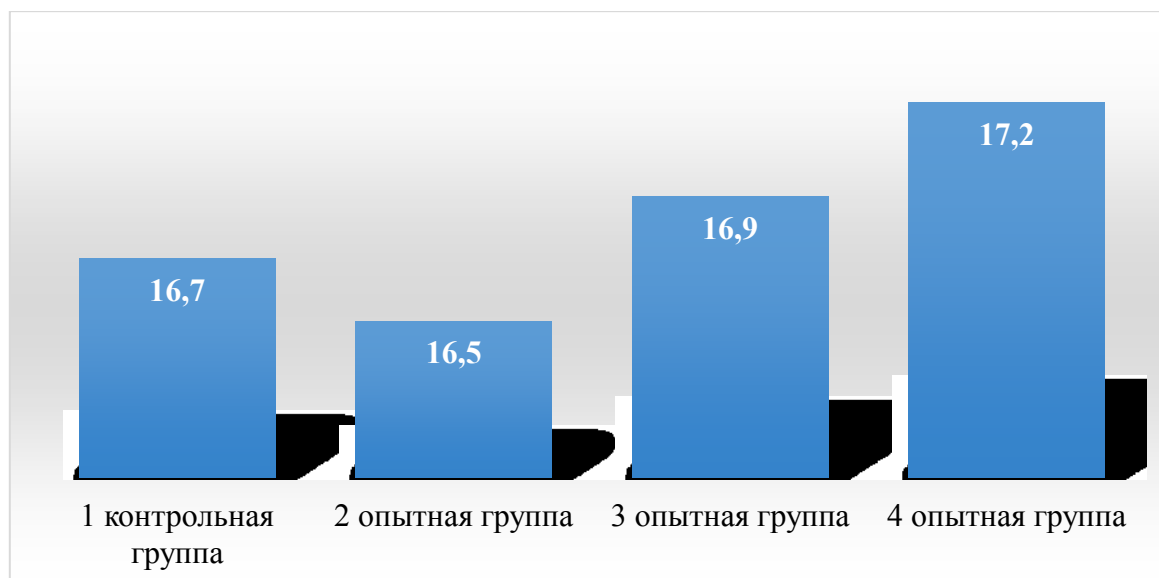


Рисунок 7 – Лейкоциты в крови радужной форели, $10^9/\text{л}$
Figure 7 – Leukocytes in the blood of rainbow trout, $10^9/\text{л}$

В результате исследования были изучены показатели содержания в крови таких видов лейкоцитов, как лимфоциты и моноциты. В крови молоди форели лимфоциты занимают достаточно большой объем, а также составляют не менее 80% от общего количества лейкоцитов. Соответственно функция лимфоцитов – защита иммунитета. Практически во

всех образцах крови, полученной от подопытной форели, содержание лимфоцитов не имело существенных различий. Зафиксировано, что большее содержание белых клеток крови было в крови представителей 4 опытной группы в сравнении с 1 контрольной, а также 2 и 3 опытных групп (рисунок 8).

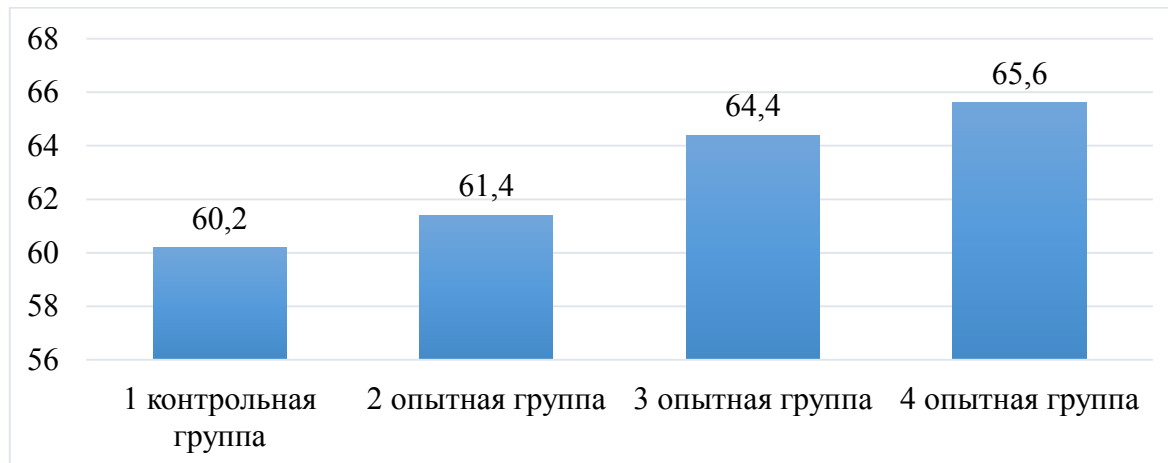


Рисунок 8 – Лимфоциты в крови радужной форели, %
Figure 8 – Lymphocytes in the blood of rainbow trout, %

Резкое изменение числа моноцитов в крови рыб указывает на заболевание. По результатам проведенных исследований установлено, что содержание моноцитов в крови лососевых было практически на одном уровне у всех подопытных групп (рисунок 9).

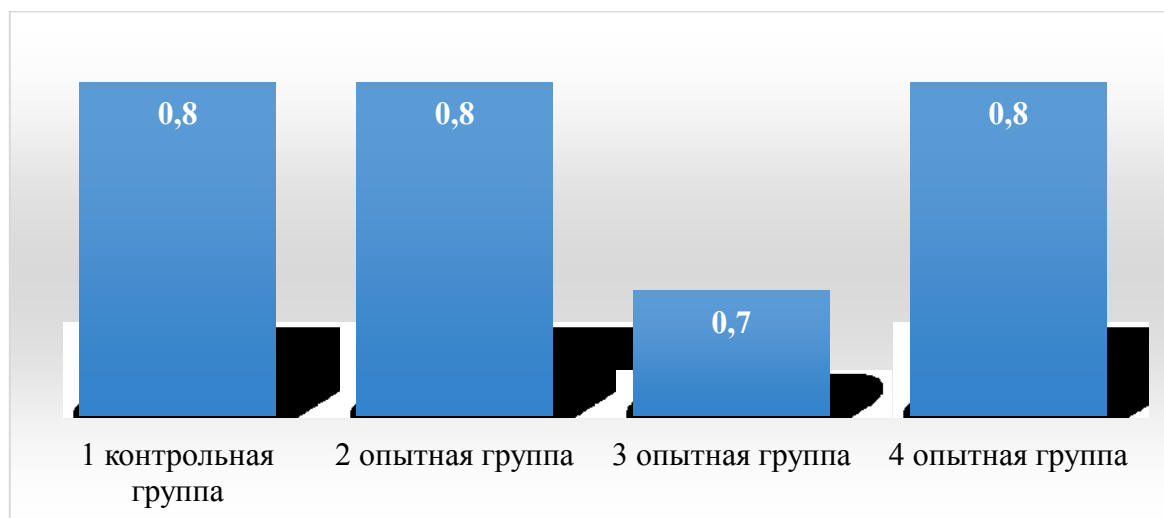


Рисунок 9 – Моноциты в крови радужной форели, %
Figure 9 – Monocytes in the blood of rainbow trout, %

Общую «картину» положительного влияния введенного гаприна в корма радужной форели, составляют еще и такие гематологические показатели, как СОЭ, АЛТ, АСТ, альбумин, билирубин общий, билирубин прямой, глюкоза, креатинин, мочевины, общий белок, триглицериды, щелочная фосфатаза, фосфор, кальций общий, железо, хлориды, приведенные в таблице 2.

Как ранее было указано, корма напрямую влияют на гематологический состав и, соответственно, содержание общего белка в крови подопытной форели подтверждает этот факт. Таким образом, все опытные группы, употреблявшие корма с гаприном, имели наибольшую концентрацию общего белка в крови по сравнению с 1 контрольной группой, которой скормливался основной рацион. Так 2, 3 и 4 опытные группы имели большее количество общего белка в крови по сравнению с 1 контрольной группой (на 0,2, 2,6 и 11,9 г/л, соответственно).

Таблица 2 – Гематологические показатели радужной форели
Table 2 – The scheme of the study on the experimental rainbow trout

Показатели / Indicators	Ед. изм. / Units	Группы / Group			
		1 контрольная / test	2 опытная / experimental	3 опытная / experimental	4 опытная / experimental
Альбумин / Albumin	мкмоль/л μmol/l	3,7±0,14	3,8±0,11	3,7±0,22	3,9±0,15
СОЭ / ESR	мм/ч / mm/h	3,1±0,13	3,2±0,1	3,2±0,2	3,6±0,11
Билирубин общий / Total bilirubin	мкмоль/л μmol/l	10,8±0,58	11,3±0,34	11,6±0,69	12,4±0,53
Билирубин прямой / Bilirubin Direct	мкмоль/л μmol/l	2,6±0,15	2,6±0,08	2,7±0,16	3±0,14
Глюкоза / Glucose	ммоль/л μmol/l	4,9±0,28	5±0,15	5,2±0,31	4,7±0,23
Креатинин / Creatinine	мкмоль/л μmol/l	146,8±8,06	150,4±4,56	151,8±9,06	164,2±5,38
Мочевина / Urea	мкмоль/л μmol/l	2,7±0,14	2,9±0,09	3±0,18	3,3±0,15
Общий белок / Total protein	г/л / g/l	97,9±3,29	98,1±2,97	100,5±5,96	109,8±4,31
Триглицериды / Triglycerides	ммоль/л μmol/l	12,1±0,54	12,5±0,38	12,9±0,77	13,9±0,44

Несбалансированное питание, сбой режимов кормления гидробионтов отмечается в снижении альбумина в крови. Представители контрольной и опытных групп, участвующих в исследовании, не имели существенных различий по данному показателю крови.

Уровень АЛТ в крови у форели 4 опытной группы был выше, чем у контрольной, 2 и 3 опытных групп, на 13,5%, 12,9% и 7,1%, соответственно.

Показатель АСТ крови у гидробионтов 2, 3 и 4 опытных групп, получавших с кормами гаприн, был выше, чем у молоди 1 контрольной группы, на 3,1%, 6,2% и 12,6%.

Заключение. Согласно результатам исследуемых образцов крови молоди форели, полученных в рамках проведенного эксперимента, можно сделать вывод о благоприятном воздействии гаприна, введенного в состав аквакормов. Установлено, что гематологические показатели у представителей всех четырех групп соответствовали физиологическим нормам и находились в пределах допустимого значения.

Показатели «белой» крови, а именно общее содержание лейкоцитов, а также моноцитов и лимфоцитов свидетельствуют о том, что данный препарат микробиального синтеза не загрязнял воду в системе УЗВ, не вызвал заболеваний и воспалительных состояний у подопытной молоди радужной форели.

Установлено положительное воздействие гаприна, входящего в состав аквакормов, на формирование эритроцитов в крови у гидробионтов всех опытных групп. Так, наибольшее содержание красных форменных клеток было обнаружено в крови форели 3 и 2 опытных групп. Наилучшие показатели «красной» крови, а именно общее содержание гемоглобина, гематокрита, было отмечено у форели, употреблявшей корма с содержанием гаприна, введенного взамен рыбной муки в объеме 25, 50 и 75%. Так, гидробионты 2, 3 и 4 опытных групп имели наибольшее содержание гемоглобина в крови по отношению к контролю на 5,4, 11,9 и 6,2 г/л.

Содержание общего белка в большей концентрации установлено в образцах крови лососевых 2, 3 и 4 опытных групп по сравнению с контрольной группой, что, в свою очередь, подтверждает положительный эффект скармливаемых форели аквакормов с гаприном и отмечает высокую усвояемость белка микробного происхождения.

Таким образом, согласно полученным результатам по итогам проведенного опыта следует вывод о практической обоснованности использования гаприна в составе кормов для лососевых видов рыб.

Conclusions. According to the results of the studied blood samples of juvenile trout obtained as part of the experiment, it can be concluded that gaprin, introduced into the composition of aquaculture feeds, has a beneficial effect. It was found that the hematological parameters of the representatives of all four groups corresponded to physiological standards and were within the acceptable range.

The indicators of "white" blood, namely the total content of leukocytes, as well as monocytes and lymphocytes, indicate that this drug of microbial synthesis did not pollute the water in the ultrasound system, did not cause diseases and inflammatory conditions in the experimental juvenile rainbow trout.

The positive effect of haprin, which is a part of aquaculture feeds, on the formation of red blood cells in the blood of aquatic organisms of all experimental groups has been established. Thus, the highest content of red shaped cells was found in the blood of trout of experimental groups 3 and 2. The best indicators of "red" blood, namely the total content of hemoglobin, hematocrit, were noted in trout that consumed feed containing haprin, introduced instead of fish meal in the amount of 25, 50 and 75%. Thus, aquatic organisms of the 2nd, 3rd and 4th experimental groups had the highest hemoglobin content in the blood relative to the control at 5,4; 11,9 and 6,2 g/l.

The total protein content in a higher concentration was found in blood samples of salmon of the 2nd, 3rd and 4th experimental groups compared with the control group, which in turn confirms the positive effect of aquafeeds fed to trout with gaprin and notes the high digestibility of protein of microbial origin.

Thus, according to the results obtained, based on the results of the conducted experience, it follows that the use of gaprin in the composition of feeds for salmon species is practically justified.

Библиографический список

1. Шленкина Т. М., Романова Е. М., Романов В. В., Любомирова Е. С. Влияние поливалентной функциональной кормовой добавки "Правда" на показатели крови радужной форели в условиях аквакультуры. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2024. № 3 (67). С. 195-202.
2. Шадыева Л. А., Романова Е. М., Васильев А. В., Ахметова В. В. Результативность использования пробиотика "Акваспорин" для хищных и травоядных видов рыб в индустриальной аквакультуре. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 4 (64). С. 163-169.
3. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Новокшенова А. И. Эффективность применения растительного белкового концентрата на основе нута в кормлении молоди стерляди. Будущее аквакультуры. Прогрессивные биотехнологии: материалы международной научно-практической конференции. Саратов: Издательство "Саратовский источник", 2024. С. 12-17.
4. Николаев С. И., Карапетян А. К., Каширина А. А. и др. Оценка эффективности влияния белковых концентратов на химический состав мяса рыб. Главный зоотехник. 2024. № 2 (247). С. 24-35.
5. Скоков Р. Ю., Ранделин Д. А., Соловьев А. В., Сейдалиев Т. А. Тростник Южный в кормах для прудовых растительноядных рыб: экологический, социальный, экономический эффекты. Рыбное хозяйство. 2023. № 5. С. 60-66.
6. Guseva Y. A., Vasiliev A. A., Poddubnaya I. V. et al. Growth rate and commercial qualities of the muscle tissue of rainbow trout with hydrolase of soya protein used for feeding. Journal of Pharmaceutical Sciences and Research. 2018. No 10 (8). Pp. 1956-1958.
7. Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Новокшенова А. И., Агапов С. Ю. Гематологические показатели и рост молоди радужной форели при скармливании кормовой добавки «Бета-Флора». Актуальные проблемы аграрной науки: прикладные и исследовательские аспекты: материалы III Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Нальчик, 2023. С. 8-11.
8. Николаев С. И., Карапетян А. К., Каширина А. А. и др. Влияние белковых концентратов в комбикормах на гематологические показатели рыб. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2024. № 2 (223). С. 40-51.
9. Ранделин Д. А., Агапова В. Н., Кравченко Ю. В., Агапов С. Ю. Показатели роста и развития радужной форели при скармливании кормовой добавки "Бета-Флора". Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 230-238.
10. Николаев С. И., Карапетян А. К., Каширина А. А. и др. Применение высокобелковых нетрадиционных кормовых источников в рецептурах комбикормов для радужной форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 1 (69). С. 339-345.
11. Иванова Л. А., Устинова Ю. В., Чурмасова Л. А. Кормовой белковый концентрат из отходов переработки рыбы. Аграрная Россия. 2016. № 9. С. 23-25.
12. Ранделин Д. А., Новокшенова А. И., Агапова В. Н. и др. Влияние альтернативного белкового сырья «Гаприн» – продукта микробного синтеза на продуктивные качества радужной форели. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2024. № 1(73). С. 163-172.
13. Шумак В. В. Программа расчета разовых норм кормления с учетом роста рыбы. Аграрная Россия. 2016. № 11. С. 8-10.

References

1. Shlenkina T. M., Romanova E. M., Romanov V. V., Lyubomirova E. S. The effect of the multivalent functional feed additive "Pravda" on blood parameters of rainbow trout in aquaculture conditions. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2024. No 3 (67). Pp. 195-202.
2. Shadyeva L. A., Romanova E. M., Vasiliev A.V., Akhmetova V. V. Effectiveness of the use of probiotic "Aquasporin" for predatory and herbivorous fish species in industrial aquaculture. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No 4 (64). Pp. 163-169.
3. Agapova V. N., Randelin D. A., Novokshchenova A. I. The effectiveness of using vegetable protein concentrate based on chickpeas in feeding juvenile sterlet. The future of aquaculture. Progressive biotechnologies: proceedings of the international scientific and practical conference. Saratov: Publishing house "Saratov Source", 2024. Pp. 12-17.
4. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Kashirina A. A. et al. Evaluation of the effectiveness of the effect of protein concentrates on the chemical composition of fish meat. Chief zootechnician. 2024. No 2 (247). Pp. 24-35.

5. Skokov R. Yu., Randelin D. A., Soloviev A.V., Seidaliev T. A. Southern reed in feed for pond herbivorous fish: ecological, social, and economic effects. *Fishing Industry*. 2023. No 5. Pp. 60-66.
6. Guseva Y. A., Vasiliev A. A., Poddubnaya I. V. et al. Growth rate and commercial qualities of the muscle tissue of rainbow trout with hydrolase of soya protein used for feeding. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2018. No 10 (8). Pp. 1956-1958.
7. Agapova V. N., Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Agapov S. Y. Hematological parameters and growth of juvenile rainbow trout when feeding the Beta-Flora feed additive. *Actual Problems of Agricultural Science: Applied and Research Aspects: Materials of the III All-Russian (national) Scientific and Practical Conference*. Nalchik, 2023. Pp. 8-11.
8. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Kashirina A. A. et al. The effect of protein concentrates in compound feeds on hematological parameters of fish. *Feeding of Farm Animals and Feed Production*. 2024. No 2 (223). Pp. 40-51.
9. Randelin D. A., Agapova V. N., Kravchenko Yu. V., Agapov S. Y. Indicators of growth and development of rainbow trout when feeding the Beta-Flora feed additive. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education*. 2022. No 2 (66). Pp. 230-238.
10. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Kashirina A. A. et al. The use of high-protein non-traditional feed sources in the formulations of compound feeds for rainbow trout. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education*. 2023. No 1 (69). Pp. 339-345.
11. Ivanova L. A., Ustinova Yu.V., Churmasova L. A. Feed protein concentrate from fish processing waste. *Agrarian Russia*. 2016. No 9. Pp. 23-25.
12. Randelin D. A., Novokshchenova A. I., Agapova V. N. et al. The effect of the alternative protein raw material "Gaprin", a product of microbial synthesis, on the productive qualities of rainbow trout. *Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agrouniversity Complex: science and higher professional education*. 2024. No 1 (73). Pp. 163-172.
13. Shumak V. V. Program for calculating one-time feeding rates taking into account fish growth. *Agrarian Russia*. 2016. No 11. Pp. 8-10.

Информация об авторах

Агапова Василина Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Ранделин Дмитрий Александрович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Агапов Сергей Юрьевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Таловерко Александра Юрьевна, аспирант, ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н. И. Вавилова (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3).

Author's Information

Agapova Vasilina Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: v.agapova@volgau.com

Randelin Dmitriy Aleksandrovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: randelin_dm@mail.ru

Agapov Sergey Yuryevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: agapov_s_y@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Taloverko Aleksandra Yuryevna, postgraduate student, Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Peter Stolypin Avenue, 4/3).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-33

THE EFFECT OF «VOLZHSKY» FEED PROTEIN CONCENTRATE ON EGG PRODUCTIVITY AND EGG QUALITY OF LAYING HENS

¹Ryabova M. A., ¹Nikolaev S. I., ¹Shkalenko V. V., ¹Vorontsova E. S., ²Baymishev R. H.,
³Batanov S. D.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Samara State Agrarian University
Samara, Russian Federation

³Udmurt State Agrarian University
Izhevsk, Russian Federation

Corresponding author E-mail: prosto-marija88@mail.ru

Received 26.11.2024

Submitted 29.01.2025

The research was carried out under the contract with LLC "Megamix" No. 14 dated 05.07.2023

Abstract

Introduction. To ensure adequate nutrition of poultry, it is necessary to use balanced complete feed, which includes high-quality concentrated feed and biologically active additives. An unbalanced composition of the feed, even by one of the nutritional indicators, can lead to metabolic disorders, a decrease in the health and productivity of the bird, as well as a deterioration in the quality of the products obtained from it. One of the main problems faced by the poultry industry in developing countries is the high prices of soybean meal and corn, which are widely used in poultry diets. In Russia, the cost of feed is from 65% to 75% of the total pro-

duction costs, and in developed countries this figure is approximately 50-60%. Rising feed prices and a limited number of available sources of animal protein in feed have led to the search for alternative plant proteins that can partially or completely replace animal protein in poultry diets. Thus, the search for alternative sources of feed for poultry is a topical issue. **Research object.** The object of the study was laying hens of an industrial flock. **Materials and methods.** The studies on laying hens were conducted in the Center for Nutrigenomics of Farm Animals and Poultry at the Volgograd State Agrarian University (Volgograd). The groups of experimental birds were formed using the analog method. Each group contained 64 laying hens. During the study, the birds of the control group received the basic diet. Laying hens of the 1st experimental group received the basic diet in which 50% of soybean meal was replaced with Volzhsky feed protein concentrate. For laying hens of the 2nd experimental group, soybean meal in the diet was replaced with Volzhsky feed protein concentrate by 75%. For laying hens of the 3rd experimental group, soybean meal was replaced with Volzhsky feed protein concentrate by 100%. The nutritional value of the compound feeds used for poultry of all groups met the cross requirements and recommendations for poultry feeding developed by VNITIP. **Results and conclusions.** Our studies allow us to conclude that the use of the Volzhsky feed protein concentrate instead of soybean meal in feeding laying hens of an industrial flock led to an increase in egg productivity and improved egg quality. Laying hens of the experimental groups laid 128, 448 and 192 more eggs than the control group. The average weight of eggs obtained from the hens of the control group was 63.47 g, 1-experimental – 64.24 g, 2-experimental – 65.13 g, 3-experimental – 64.91 g. At the same time, in terms of average egg weight, the experimental groups exceeded the control by 0.77 g or 1.21%, 1.66 g or 2.62%, g and 1.44 g or 2.27%, respectively. The yield of egg mass in experimental groups 1, 2 and 3 was higher than the value in the control group by 24.53 kg or 1.82%, 64.34 kg or 4.79% and 42.97 kg or 3.20%. Feed costs per 1 kg of egg mass in the experimental groups of birds were lower than in the control by 0.04 kg, 0.09 kg and 0.06 kg. Feed costs per 10 eggs in the experimental groups of birds were lower than in the control by 0.01 kg, 0.04 kg and 0.02 kg. The protein mass of eggs of laying hens in the control group was 37.83 g, which was higher in the experimental groups by 2.59%, 3.83% and 3.49%, respectively. The weight of the yolk of the laying hens' eggs in the control group was 18.69 g, which was less than in the 1st, 2nd, 3rd experimental groups by 0.48%, 2.30% and 2.35%, respectively. The weight of the eggshell of the laying hens' eggs in the control group was 6.95 g, which was less in the experimental groups by 0.30 g, 0.35 g and 0.32 g, respectively. It was also established during the research that the eggs obtained from the laying hens of the experimental group tend to have an increase in protein. In the control group, the percentage of protein in the egg white was 10.411%, which was higher in the experimental groups by 0.055%, 0.114% and 0.072%, respectively. The fat content in the yolk of eggs in the 3rd experimental group was 33.05%, which was 0.16% higher than in the control group; in the 2nd experimental group, this figure was 33.10%, which was also 0.21% higher than in the control. In the 1st experimental group, the fat content in the yolk of eggs was 32.95%, which also exceeded the control by 0.06%.

Keywords: egg productivity of chickens, quality of chicken eggs, feed protein concentrates, «Volzhsky» concentrate, laying hens.

Citation. Ryabova M. A., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S., Baymishev R. H., Batanov S. D. The effect of «Volzhsky» feed protein concentrate on egg productivity and egg quality of laying hens. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 320-331 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-33.

Author's contribution. In this experiment, all authors took part in the planning, execution, and analysis of the research results. The presented version of the article has been approved by all authors.

Conflict of interest. The authors did not declare any conflicting interests.

УДК 636.5.034.087.7

ВЛИЯНИЕ КОРМОВОГО БЕЛКОВОГО КОНЦЕНТРАТА «ВОЛЖСКИЙ» НА ЯИЧНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЯИЦ КУР-НЕСУШЕК

¹Рябова М. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
¹Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
¹Шкаленко В. В., доктор биологических наук, профессор
¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук
²Баймишев Р. Х., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
³Батанов С. Д., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация
²ФГБОУ ВО Самарский ГАУ
г. Самара, Российская Федерация
³ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ
г. Ижевск, Российская Федерация

Исследования выполнены в рамках договора с ООО «МегаМикс» № 14 от 05.07.2023

Актуальность. Для обеспечения полноценного питания сельскохозяйственной птицы необходимо использовать сбалансированный полноценный комбикорм, который включает в себя высококачественные концентрированные корма и биологически активные добавки. Несбалансированный состав комбикорма, даже по одному из показателей питательности, может привести к наруше-

нию метаболизма, снижению уровня здоровья и продуктивности птицы, а также ухудшению качества получаемой от неё продукции. Одной из основных проблем, с которыми сталкивается отрасль птицеводства в развивающихся странах, являются высокие цены на соевый шрот и кукурузу, которые широко применяются в рационах сельскохозяйственной птицы. В России стоимость кормов составляет от 65% до 75% от общих затрат на производство, а в развитых странах этот показатель составляет примерно 50-60%. Рост цен на корма и ограниченное количество доступных источников животного белка в кормах привели к поиску альтернативных растительных белков, которые могут частично или полностью заменить животный белок в рационах птицы. Таким образом, поиск альтернативных источников кормов для птицы является актуальной темой. **Объект исследования.** Объектом исследований явились куры-несушки промышленного стада. **Материалы и методы.** Исследования на курах-несушках были проведены в центре нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы на базе ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (г. Волгоград). Группы подопытной птицы формировали по методу аналогов. В каждой группе было по 64 головы кур-несушек. Во время проведения исследования птица, контрольной группы получала основной рацион. Куры-несушки 1-опытной группы получали основной рацион, в котором 50% шрота соевого было заменено на кормовой белковый концентрат «Волжский». Курам-несушкам 2-опытной группы шрот соевый в рационе заменяли кормовым белковым концентратом «Волжский» на 75%. Курам-несушкам 3-опытной группы шрот соевый был заменен на кормовой белковый концентрат «Волжский» на 100%. Питательность комбикормов, используемых для птицы всех групп, соответствовала требованиям к кроссу и рекомендациям по кормлению птицы, разработанным ВНИТИП. **Результаты и выводы.** Проведенные нами исследования позволяют сделать вывод, что, использование кормового белкового концентрата «Волжский» взамен соевого шрота в кормлении кур-несушек промышленного стада привело к повышению яичной продуктивности и улучшению качества яиц. Курами-несушками опытных групп было снесено больше яиц на 128 шт., 448 шт. и 192 шт. чем контрольной группой. Средняя масса яиц, полученных от кур контрольной группы, составляла 63,47 г, 1-опытной – 64,24 г, 2-опытной – 65,13 г, 3-опытной – 64,91 г. При этом по средней массе яиц опытные группы превосходили контроль на 0,77 г или 1,21 %, 1,66 г или 2,62%, г и 1,44 г или 2,27% соответственно. Выход яичной массы в 1, 2 и 3 опытных групп был выше значения показателя в контрольной группе на 24,53 кг или 1,82%, 64,34 кг или 4,79 % и 42,97 кг или 3,20%. Затраты корма на 1 кг яйцемассы в опытных группах птицы были ниже, чем в контроле на 0,04 кг, 0,09 кг и 0,06 кг. Затраты корма на 10 яиц в опытных группах птицы были ниже, чем в контроле на 0,01 кг, 0,04 кг и 0,02 кг. Масса белка яиц кур-несушек в контрольной группе составила 37,83 г, что в опытных группах было выше, соответственно, на 2,59%, 3,83% и 3,49%. Масса желтка яиц кур-несушек в контрольной группе составила 18,69 г, что было меньше по сравнению с 1-й, 2-й, 3-й опытными группами, соответственно, на 0,48%, 2,30% и 2,35%. Масса скорлупы яиц кур-несушек в контрольной группе составила 6,95 г, что в опытных группах было меньше, соответственно, на 0,30 г, 0,35 г и 0,32 г. Также в процессе исследований установлено, что в яйцах, полученных от кур-несушек опытных групп, наблюдается тенденция к увеличению белка. В контрольной группе процент содержания белка в белке яйца составил 10,411%, что в опытных группах было выше, соответственно на 0,055%, 0,114% и 0,072%. Содержание жира в желтке яиц 3-опытной группы составило 33,05%, что было выше, чем у контрольной группы на 0,16%, во 2-опытной группе данный показатель был на уровне 33,10%, что также было выше, чем в контроле на 0,21%. В 1-опытной группе содержание жира в желтке яиц составило 32,95%, что также превзошло контроль на 0,06%.

Ключевые слова: яичная продуктивность кур, качество яиц кур, кормовые белковые концентраты, концентрат «Волжский», куры-несушки.

Цитирование. Рябова М. А., Николаев С. И., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С., Баймишев Р. Х., Батанов С. Д. Влияние кормового белкового концентрата «Волжский» на яичную продуктивность и качество яиц кур-несушек. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 320-331. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-33.

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. Развитие отрасли птицеводства в России играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности и экономического роста страны. Современные гибриды сельскохозяйственной птицы отличаются высокой продуктивностью. Так, птица яичных кроссов за продуктивный период могут снести в среднем на одну несушку от 330 до 338 яиц, а живая масса бройлера в возрасте 37-ми дней может достигнуть 2500 граммов [1, 2].

Для достижения высокой продуктивности сельскохозяйственной птицы необходимо учитывать условия её содержания и постоянно совершенствовать методы кормления.

Для обеспечения полноценного питания сельскохозяйственной птицы необходимо использовать сбалансированный полнорационный комбикорм, который включает в себя высококачественные концентрированные корма и биологически активные добавки. Несбалансированный состав комбикорма, даже по одному из показателей питательности, может привести к нарушению метаболизма, снижению уровня здоровья и продуктивности птицы, а также ухудшению качества получаемой от неё продукции [3, 4].

Одной из основных проблем, с которыми сталкивается отрасль птицеводства в развивающихся странах, являются высокие цены на соевый шрот и кукурузу, которые широко применяются в рационах сельскохозяйственной птицы. В России стоимость кормов составляет от 65% до 75% от общих затрат на производство, а в развитых странах этот показатель составляет примерно 50-60%. Поэтому снижение стоимости кормов становится важной задачей в птицеводстве. Рост цен на корма и ограниченное количество доступных источников животного белка в кормах привели к поиску альтернативных растительных белков, которые могут частично или полностью заменить животный белок в рационах птицы [5].

Таким образом, поиск альтернативных источников кормов для птицы является актуальной задачей.

Цель данного исследования – изучить, как разные уровни ввода кормового белкового концентрата «Волжский» в составе комбикормов кур-несушек повлияют на яичную продуктивность и качество яиц.

Материал и методы. Научные исследования на курах-несушках яичного направления продуктивности были проведены в центре нутригеномики сельскохозяйственных животных и птицы на базе ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (г. Волгоград). По методу аналогов были сформированы группы подопытной птицы (одна контрольная и три опытные). Количество голов кур-несушек в каждой группе составило шестьдесят четыре. Опыт длился в течение 52 недель (таблица 1).

Таблица 1 – Схема проведения опыта

Table 1 – Scheme of the experiment

Группа / Group	Особенности кормления / Feeding features
Контрольная / Control	Основной рацион (ОР) с соевым шротом / Basic ration (BD) with soybean meal
1-опытная / experimental	ОР с замещением 50% шрота соевого на кормовой белковый концентрат «Волжский» / BD with replacement of 50% of soybean meal with Volzhsky feed protein concentrate
2-опытная / experimental	ОР с замещением 75% шрота соевого на кормовой белковый концентрат «Волжский» / BD with replacement of 75% of soybean meal with Volzhsky feed protein concentrate
3-опытная / experimental	ОР с замещением 100% шрота соевого на кормовой белковый концентрат «Волжский» / BD with replacement of 100% of soybean meal with feed protein concentrate "Volzhsky"

Во время проведения научно-хозяйственного опыта для кур всех подопытных групп были созданы одинаковые условия содержания, которые соответствовали руководству по работе с птицей кросса Хайсекс Браун и методическим рекомендациям ВНИТИП (плотность посадки, фронт кормления и поения, параметры микроклимата).

Во время проведения исследования птица, контрольной группы получала основной рацион. Куры-несушки 1-опытной группы получали основной рацион, в котором 50% шрота соевого было заменено на кормовой белковый концентрат «Волжский». Курам-несушкам 2-опытной группы шрот соевый в рационе заменяли кормовым белковым концентратом «Волжский» на 75%. Курам-несушкам 3-опытной группы шрот соевый был заменен на кормовой белковый концентрат «Волжский» на 100 %.

Питательность комбикормов, используемых для птицы всех групп, соответствовала требованиям к кроссу и рекомендациям по кормлению птицы, разработанным ВНИТИП [6].

Клинико-физиологическое состояние и сохранность птицы определяли путем ежедневного ее осмотра.

Во время опыта учитывали следующие показатели: сохранность поголовья, яйценоскость, масса яиц, затраты корма на единицу продукции, морфологические и химические показатели яиц [7].

Результаты и обсуждение. Перед проведением научно-хозяйственных исследований в лабораторных условиях был изучен и проанализирован сравнительный химический состав исследуемых кормовых продуктов (кормовой белковый концентрат «Волжский», соевый шрот).

В ходе проведения лабораторных исследований были получены следующие результаты, кормовой белковый концентрат «Волжский» содержал в своем составе больше сырого протеина на 10,79%, сырой золы на 2,32%, сырого жира на 8,48% и меньше сырой клетчатки – на 3,65%, БЭВ – на 15,94% в сравнении с соевым шротом (рисунок 1).

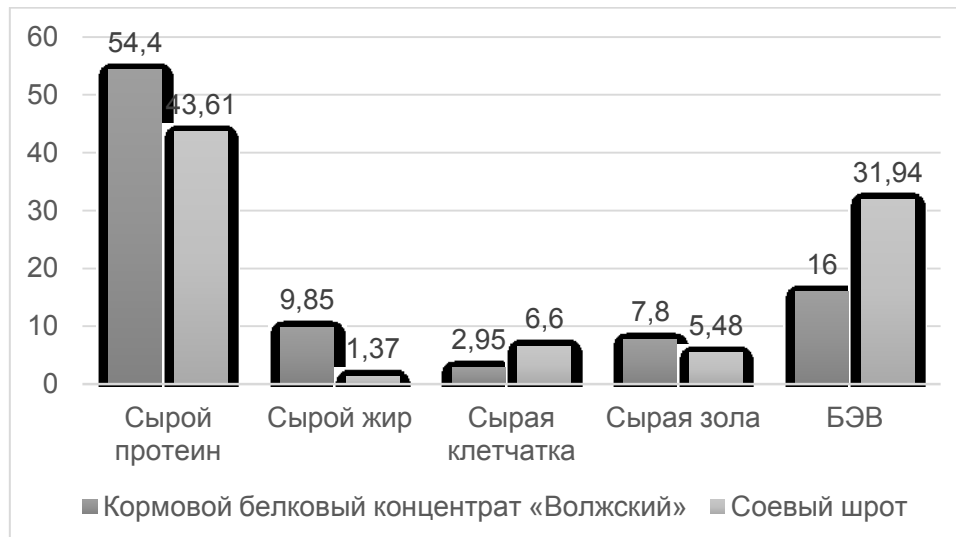


Рисунок 1 – Сравнительный химический состав соевого шрота и кормового белкового концентрата «Волжский», %

Figure 1 – Comparative chemical composition of soybean meal and feed protein concentrate “Volzhsky”, %

На основании выше приведенных данных, кормовой белковый концентрат «Волжский» по своему химическому и аминокислотному составу не уступает соевому шроту, что и повлияло на выбор дальнейшего исследования.

Яичная продуктивность кур-несушек является одним из основных показателей, характеризующих производство продукции птицеводства [8].

Основными критериями, характеристики яичной продуктивности сельскохозяйственной птицы, являются яйценоскость на несушку, масса яиц и выход яйцемассы.

В связи с этим нами была проведена оценка яичной продуктивности кур-несушек подопытных групп (таблица 2).

Таблица 2 – Яичная продуктивность кур-несушек

Table 2 – Egg production of laying hens

Показатель / Index							
Группа / Group	Получено яиц всего, шт. / Total eggs received, pcs.	Среднее количество яиц на 1 несушку, штук / Average number of eggs per 1 layer, pieces	Средняя масса яиц, г / Average egg weight, g	Получено яичной массы, кг / Egg mass obtained, kg	Затраты корма, кг: всего / Feed consumption, kg: total	На 1 кг яйцемассы / Per 1 kg of egg mass	На 10 яиц / Makes 10 eggs
Контрольная / Control	21184	331	63,47±1,90	1344,55	2803,20	2,08	1,33
1-опытная / experimental	21312	333	64,24±2,15	1369,08	2803,20	2,04	1,32
2-опытная / experimental	21632	338	65,13±1,96	1408,89	2803,20	1,99	1,29
3-опытная / experimental	21376	334	64,91±2,04	1387,52	2803,20	2,02	1,31

Сохранность поголовья во всех подопытных группах за период опыта составила 100%.

За время проведения опыта было получено в среднем количество снесённых яиц одной несушкой в 1-опытной группе 333 шт., во 2-опытной группе – 338 шт. и в 3-опытной группе – 334 шт., что было больше, чем в контрольной группе, соответственно на 2 шт., 7 шт. и 3 шт.

Всего яиц за период опыта от кур-несушек было получено 1-опытной 21312 шт., что было на 128 шт. больше, чем у несушек контрольной группы, 2-опытной и 3-опытной – 21632 шт. и 21376 шт., или больше, чем в контроле, на 448 и 192 шт. соответственно (рисунок 2).

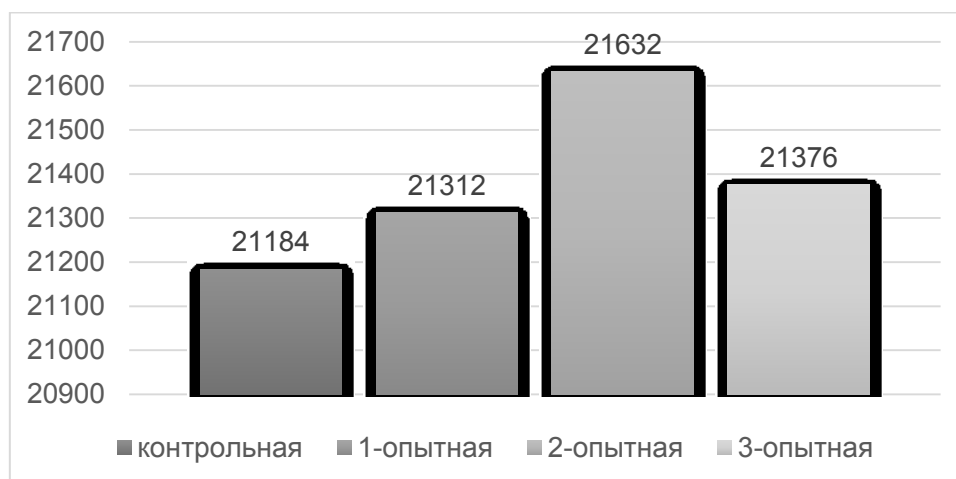


Рисунок 2 – Общее количество яиц, полученных за период опыта, шт.
Figure 2 – Total number of eggs obtained during the experimental period, pcs.

Масса яиц и их внутреннее качество важны как для пищевых, так и для инкубационных яиц [9, 10].

Средняя масса яиц, полученных от кур контрольной группы, составляла 63,47 г, 1-опытной – 64,24 г, 2-опытной – 65,13 г, 3-опытной – 64,91 г. При этом по средней массе яиц опытные группы превосходили контроль на 0,77 г или 1,21%, 1,66 г или 2,62%, г и 1,44 г или 2,27% соответственно.

Важным продуктивным показателем кур-несушек является выход яичной массы, зависящий от яйценоскости и массы яиц [11].

Выход яичной массы в 1, 2 и 3 опытных групп был выше значения показателя в контрольной группе на 24,53 кг, или 1,82%, 64,34 кг, или 4,79% и 42,97 кг или 3,20%.

Затраты корма на единицу продукции были ниже в опытных группах, где в состав комбикорма входил кормовой белковый концентрат «Волжский» взамен соевого шрота.

Затраты корма на 1 кг яйцемассы в 1-опытной группе составили 2,04 кг, во 2-опытной – 1,99 кг и в 3-опытной – 2,02 кг и это было ниже, чем в контрольной группе, на 0,04 кг, 0,09 кг и 0,06 кг соответственно.

Затраты корма на 10 яиц в 1-опытной группе составили 1,32 кг, во 2-опытной группе – 1,29 кг, и в 3-опытной группе – 1,31 кг и были ниже на 0,01 кг, 0,04 кг и 0,02 кг, чем в группе контрольной.

Применение кормового белкового концентрата «Волжский» положительно сказалось на количестве снесенных яиц, их весе, при этом уменьшились расходы на кормление на каждую единицу продукции.

В ходе проведения исследований была проведена оценка качества пищевых куриных яиц, полученных от опытной птицы в период проведения научно-хозяйственного опыта (таблица 3).

В результате проведенных исследований по оценке качества яиц нами было получено, что средняя масса яиц кур-несушек опытных групп имела превосходство над средней массой яиц контрольной группы соответственно на 0,77 г, или 1,21%, 1,66 г, или 2,62%, г и 1,44 г, или 2,27%.

Таблица 3 – Показатели качества яиц кур-несушек
Table 3 – Quality indicators of laying hens' eggs

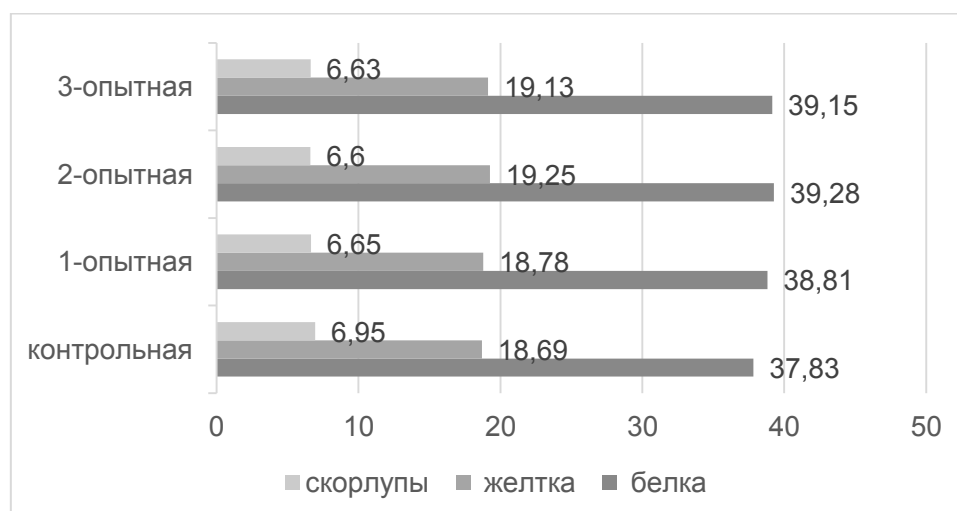
Показатель / Index	Группа / Group			
	Контрольная / Control	1-опытная / experimental	2-опытная / experimental	3-опытная / experimental
Морфологический состав яйца, г / Morphological composition of eggs, g				
Масса яиц / Weight of eggs	63,47±1,90	64,24±2,15	65,13±1,96	64,91±2,04
Масса составных частей яйца, г / Weight of egg components, g				
белка / glair	37,83±1,51	38,81±1,08	39,28 ±1,21	39,15 ±1,15
желтка / vitellus	18,69 ±0,65	18,78±0,36	19,25 ±0,95	19,13 ±0,67
скорлупы / eggshell	6,95±0,31	6,65±0,33	6,60±0,59	6,63±0,70
Доля составных частей, % / Share of components, %				
Белка / glair	59,60±0,15	60,42±0,48	60,31±0,36	60,32±0,42
Желтка / vitellus	29,45±1,33	29,23±0,17	29,56±0,55	29,47±0,34
Скорлупы / eggshell	10,95±1,28	10,35±0,19	10,13±0,10	10,21±0,07
Отношение белок/желток / correlation glair/vitellus	2,02	2,07	2,04	2,05
Индекс формы, % / Egg shape index, %	74,83±0,57	74,87±0,65	75,28±0,33	74,92±0,68
Индекс белка, % / Glair index, %	7,17±0,34	7,21 ±0,54	7,23 ±0,55	7,22 ±0,42
Индекс желтка, % / Vitellus index, %	50,99±1,10	51,02±1,18	51,15±1,31	51,10±1,28
Единицы Хау / Units of Hau	75,10±2,73	75,22±2,19	76,32±2,41	75,75±2,09

По массе составных частей яйца лидировали куры-несушки, у которых был заменен соевый шрот на кормовой белковый концентрат «Волжский».

Так, по массе белка яиц превосходила 2-опытная группа на 3,83%, 3-опытная группа на 3,49% и 1-опытная группа на 2,59% выше, чем в контроле.

По массе желтка яиц также были лучше опытные группы, и они превосходили контрольную группу по данному показателю соответственно на 0,48%, 2,30% и 2,35%.

Масса скорлупы яиц кур-несушек в контрольной группе составила 6,95 г, что в опытных группах был меньше, соответственно, на 0,30 г, 0,35 г и 0,32 г (рисунок 3).

Рисунок 3 – Масса составных частей яйца, г
Figure 3 – Weight of egg components, g

Увеличение массы белка улучшило основные показатели, характеризующие его качество: индекс белка и единицы Хау, превышали контроль в 1-опытной группе на 0,04% и 0,12, во 2-опытной на 0,06% и 1,22 и в 3-опытной на 0,05% и 0,65.

Индекс формы в контрольной группе составил 74,83%, в 1-й опытной – 74,87%, во 2-опытной – 75,28% и в 3-опытной – 74,92% (на 0,04%, 0,45% и 0,09% выше, чем в контрольной группе).

Индекс желтка в контрольной группе составил 50,99% в 1-й опытной – 51,02%, во 2-опытной – 51,15% и в 3-опытной – 51,10% (на 0,03%, 0,16% и 0,11% выше, чем в контрольной группе).

В результате проведения опыта по исследованию морфологического состава пищевых яиц можно сделать вывод о том, что замена соевого шрота на кормовой белковый концентрат «Волжский» в рационе кур-несушек привела к увеличению массы яйца, индекса формы, белка, желтка и других показателей.

Яйцо – один из наиболее питательных и ценных по вкусовым качествам пищевых продуктов. Оно богатый источник белка, жира, витаминов и минералов, что делает его незаменимым в рационе людей. Куриные яйца особенно выделяются своей доступностью и высоким содержанием белка, который необходим для человека. Питательная ценность яиц определяется их составом, свойствами и способностью удовлетворять потребности организма в основных элементах питания. Состав яиц варьируется в зависимости от множества факторов, включая условия кормления птицы [12].

«Пищевая ценность яйца зависит от его качества. А само качество обуславливается строением яйца и его составными элементами» [13].

Химический состав пищевых яиц представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Химический состав яиц, %
Table 4 – Chemical composition of eggs, %

Группа / Group	Показатель / Index					
	Влага / moisture	сухие вещества / Solids	белок / protein	жир / fat	углеводы / carbohydrates	неорганические вещества / Inorganic substances
Белок / glair						
Контрольная / Control	88,211±0,17	11,789±0,22	10,411±0,19	0,024±0,04	0,832±0,0003	0,522±0,09
1-опытная / experimental	88,145±0,04	11,855±0,09	10,466±0,011	0,028±0,06	0,836±0,0008***	0,525±0,07
2-опытная / experimental	88,059±0,10	11,941±0,07	10,525±0,09	0,032±0,12	0,847±0,0006***	0,537±0,06
3-опытная / experimental	88,111±0,11	11,889±0,14	10,483±0,08	0,031±0,09	0,846±0,0004***	0,529±0,06
Желток / vitellus						
Контрольная / Control	48,93±0,22	51,07±0,12	16,16±0,15	32,89±0,05	0,93±0,09	1,09±0,06
1-опытная / experimental	48,75±0,16	51,25±0,19	16,27±0,012	32,95±0,012	0,97±0,014	1,06±0,08
2-опытная / experimental	48,06±0,12**	51,94±0,09***	16,52±0,017	33,10±0,06*	1,14±0,06	1,18±0,08
3-опытная / experimental	48,33±0,08**	51,67±0,15**	16,37±0,09	33,05±0,08	1,07±0,04	1,18±0,01

Примечание: *P>0,95, ** P>0,99, *** P>0,999.

Note: *P>0.95, ** P>0.99, *** P>0.999.

В процессе исследований было установлено увеличение содержания сухих веществ как в белке яиц опытных групп, так и в желтке. Превышение относительно контроля в белке составило в 1-опытной группе на 0,066, или 0,56%, во 2-опытной на 0,152 или 1,29% и в 3-опытной 0,1, или 0,85%, а в желтке соответственно на 0,18, или 0,35 %, 0,87, или 1,70% и 0,6 или 1,17%.

Также в процессе опыта наблюдалось увеличение процента содержания белка в белке яиц у кур-несушек опытных групп. В контрольной группе данный показатель составил 10,411%, во 2-й опытной – 10,525%, что выше, чем в контрольной, на 0,114%, в 3-й опытной – 10,483%, что выше контроля на 0,072% и 1-й опытной – 10,466%, что выше, чем в контроле, на 0,055%, (рисунок 4).



Рисунок 4 – Содержание белка в белке яйца, %
Figure 4 – Protein content in egg white, %

Количество содержания жира в белке яйца контрольной группы было на уровне 0,024%, в 1-й опытной – 0,028%, во 2-й опытной – 0,032% и в 3-й опытной – 0,031%, что выше, чем в контроле, соответственно на 0,004%, 0,008% и 0,007%.

Во 2-й опытной группе кур-несушек содержание углеводов в белке яйца было на уровне 0,847 %, и это значение превосходило контрольную группу птицы на 0,0015%. В 3-й опытной группе кур-несушек данный показатель был на уровне 0,846%, что было больше контрольной группы на 0,014%. В 1-й опытной группе содержание углеводов в белке яйца составляло 0,836%, что больше, чем в контрольной группе, на 0,004%.

По содержанию неорганических веществ в белке яйца опытных групп превосходили контрольную группу. Так, в 1-й опытной группе данный показатель составил 0,525%, что на 0,003% выше; во 2-й опытной группе – 0,537%, что на 0,015% выше, и в 3-й опытной – 0,529%, что на 0,007% выше, чем в контрольной группе.

Наблюдалась тенденция к увеличению белка в желтке в яйцах, которые были получены от опытных групп кур-несушек. В контрольной группе данный показатель был на уровне 16,16%, во 2-й опытной – 16,52%, что больше, чем в контрольной, на 0,36%, в 3-й опытной – 16,37%, что больше контроля на 0,21% и в 1-й опытной – 16,27%, что больше, чем в контроле, на 0,11%.

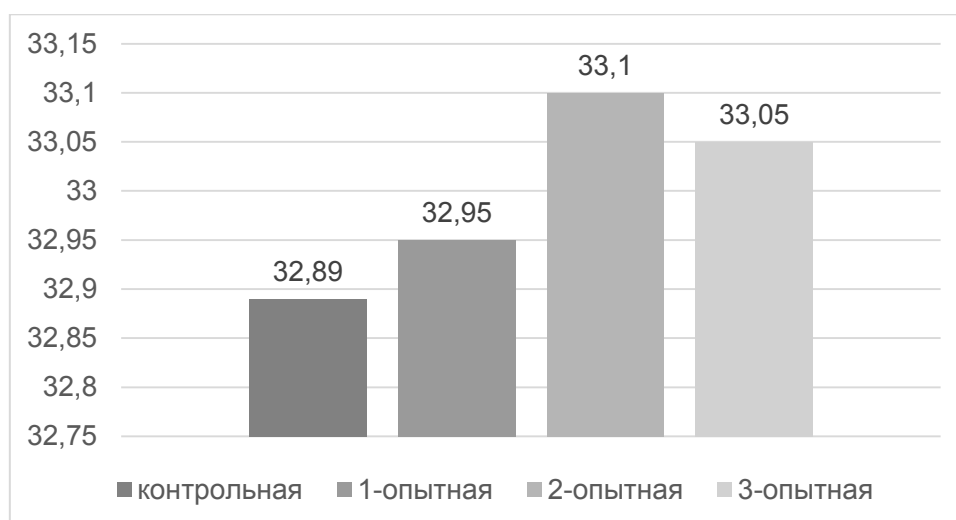


Рисунок 5 – Содержание жира в желтке яйца, %
Figure 5 – Fat content in egg yolk, %

Жира в желтке яиц кур-несушек опытных групп также было больше. Во 2-опытной группе данный показатель составил 33,10%, что было выше, чем в контроле, на 0,21%. В 3-опытной группе количество жира в желтке яиц составило 33,05%, что было выше, чем у контрольной группы, на 0,16%. В 1-опытной группе также наблюдалось увеличение содержание жира в желтке яиц на 0,06% (рисунок 5).

По результатам изучения химического состава яиц количество углеводов в желтке яйца контрольной группы было на отметке 0,93%, а в 1-й опытной – на отметке 0,97%, что выше, чем в контроле, на 0,04%, во 2-й опытной – на отметке 1,14%, что выше, чем в контрольной, на 0,21%, в 3-й опытной – на отметке 1,07%, что на 0,14% выше, чем в контрольной группе.

Заключение. Таким образом, проведенные нами исследования позволяют сделать вывод, что, использование кормового белкового концентрата «Волжский» взамен соевого шрота в кормлении кур-несушек промышленного стада привело к повышению яичной продуктивности и улучшению качества яиц. Всего яиц за период опыта от кур-несушек было получено 1-опытной 21312 шт., что было на 128 шт. больше, чем у несушек контрольной группы, 2-опытной и 3-опытной – 21632 шт. и 21376 шт., или больше, чем в контроле, на 448 и 192 шт. соответственно. Средняя масса яиц, полученных от кур контрольной группы, составляла 63,47 г, 1-опытной – 64,24 г, 2-опытной – 65,13 г, 3-опытной – 64,91 г. При этом по средней массе яиц опытные группы превосходили контроль на 0,77 г или 1,21%, 1,66 г или 2,62%, г и 1,44 г или 2,27% соответственно. Выход яичной массы в 1, 2 и 3 опытных групп был выше значения показателя в контрольной группе на 24,53 кг или 1,82%, 64,34 кг или 4,79% и 42,97 кг или 3,20%. Затраты корма на 1 кг яйцемассы в опытных группах птицы были ниже, чем в контроле на 0,04 кг, 0,09 кг и 0,06 кг. Затраты корма на 10 яиц в 1-опытной группе составили 1,32 кг, во 2-опытной группе – 1,29 кг, и в 3-опытной группе – 1,31 кг и были ниже на 0,01 кг, 0,04 кг и 0,02 кг, чем в группе контрольной. Масса белка яиц кур-несушек в контрольной группе составила 37,83 г, что в опытных группах был выше, соответственно, на 2,59 %, 3,83% и 3,49 %. Масса желтка яиц кур-несушек в контрольной группе составила 18,69 г, что было меньше по сравнению с 1-й, 2-й, 3-й опытными группами, соответственно, на 0,48%, 2,30% и 2,35%. Масса скорлупы яиц кур-несушек в контрольной группе составила 6,95 г, что в опытных группах был меньше, соответственно, на 0,30 г, 0,35 г и 0,32 г. Также в процессе исследований установлено, что в яйцах, полученных от кур-несушек опытных группы, наблюдается тенденция к увеличению белка. В контрольной группе процент содержания белка в белке яйца составил 10,411%, в 1-й опытной – 10,466%, что выше, чем в контроле на 0,055%, во 2-й опытной – 10,525%, что выше, чем в контрольной, на 0,114%, в 3-й опытной – 10,483%, что выше контроля на 0,072%. Содержание жира в желтке яиц 3-опытной группы составило 33,05%, что было выше, чем у контрольной группы на 0,16%, во 2-опытной группе данный показатель был на уровне 33,10%, что также был выше, чем в контроле на 0,21%. В 1-опытной группе содержание жира в желтке яиц составило 32,95%, что также превзошло контроль на 0,06%.

Conclusions. Thus, our studies allow us to conclude that the use of the Volzhsky feed protein concentrate instead of soybean meal in feeding laying hens of an industrial herd led to an increase in egg productivity and improved egg quality. In total, 21,312 eggs were obtained from laying hens during the experiment: 1 experimental group laid 21,312 pieces, which was 128 pieces more than the laying hens of the control group, 2 experimental group and 3 experimental group – 21,632 pieces and 21,376 pieces, or more than in the control group by 448 and 192 pieces, respectively. The average weight of eggs obtained from the hens of the control group was 63.47 g, 1-experimental group – 64.24 g, 2-experimental group – 65.13 g, 3-experimental group – 64.91 g. Moreover, in terms of average egg weight, the experimental groups exceeded the control by 0.77 g or 1.21%, 1.66 g or 2.62%, g and 1.44 g or 2.27%, respectively. The yield of egg mass in the 1st, 2nd and 3rd experimental groups was higher than the value of the indicator in the control group by 24.53 kg or 1.82%, 64.34 kg or 4.79% and 42.97 kg or 3.20%. Feed costs per 1 kg of egg mass in the experimental groups of birds were lower than in the control by 0.04 kg, 0.09 kg and 0.06 kg. The feed consumption per 10 eggs in the 1st experimental group was 1.32 kg, in the 2nd experimental group – 1.29 kg, and in the 3rd experimental group – 1.31 kg, and were lower by 0.01 kg, 0.04 kg and 0.02 kg than in the control group. The protein weight of laying hens' eggs in the control group was 37.83 g, which was higher in the experimental groups by 2.59%, 3.83% and 3.49%, respectively. The yolk weight of laying hens' eggs in the control group was 18.69 g, which was lower compared to the 1st, 2nd and 3rd experimental groups by 0.48%, 2.30% and 2.35%, respectively. The weight of the eggshell of laying hens in the

control group was 6.95 g, which was less in the experimental groups by 0.30 g, 0.35 g and 0.32 g, respectively. It was also established during the research that the eggs obtained from laying hens in the experimental group tend to have an increase in protein. In the control group, the percentage of protein in the egg white was 10.411%, in the 1st experimental group – 10.466%, which is higher than in the control by 0.055%, in the 2nd experimental group – 10.525%, which is higher than in the control by 0.114%, in the 3rd experimental group – 10.483%, which is higher than in the control by 0.072%. The fat content in the yolk of eggs in the 3rd experimental group was 33.05%, which was 0.16% higher than in the control group; in the 2nd experimental group, this figure was 33.10%, which was also 0.21% higher than in the control. In the 1st experimental group, the fat content in the yolk of eggs was 32.95%, which also exceeded the control by 0.06%.

Библиографический список

1. Николаев С. И., Карапетян А. К., Даниленко И. Ю. и др. Яичная продуктивность и переваримость питательных веществ у кур промышленного стада при использовании белкового концентрата «Агро-Матик». Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2024. № 3 (107). С. 350-355.
2. Буряков Н. П., Заикина А. С., Бурякова М. А. и др. Продуктивность и переваримость питательных веществ у кур родительского стада при использовании фитобиотика. Ветеринария и кормление. 2023. № 5. С. 11-14.
3. Бахарев А. А., Суханова С. Ф., Садовиков Н. А. и др. Использование биополимера "хитозан" в рационах кормления цыплят-бройлеров. Вестник Курганской ГСХА. 2023. № 4 (48). С. 30-36.
4. Мустафина А. С. Влияние ультрадисперсного кремния на показатели белкового обмена крови молодня сельскохозяйственной птицы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 4 (78). С. 232-235.
5. Чала Э. Роль насекомых как альтернативного источника белка в кормлении птицы: обзор. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3 (63). С. 155-160.
6. Имангулов Ш. А. и др. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад: ВНИИТИП, 2003. 144 с.
7. Наумова Л. И. Эффективность применения экспериментальных образцов концентрата витамина А в кормлении кур-несушек. Птицеводство. 2024. № 12. С. 37-43.
8. Рябова М. А., Николаев С. И., Шкаленко В. В. и др. Использование кормового концентрата «Сарепта» из растительного сырья в кормлении кур-несушек. Вестник Курганской ГСХА. 2024. № 2 (50). С. 19-26.
9. Farooq M. Egg traits of Fayumi birds under subtropical conditions. Sarad J. Agric. 2001. V. 17. Pp. 141-145.
10. Shi S. R. Egg weight affects some quality traits of chicken eggs. J. Food Agric. Environ. 2009. V. 7. № 2. Pp. 432-434.
11. Калоев Б. С. Лецитин как средство повышения яичной продуктивности кур-несушек. Птицеводство. 2023. № 4. С. 20-25.
12. Кавтарашвили А. Ш. Морфологические и химические показатели качества пищевых яиц кур кросса «Хайсекс Браун» в зависимости от категории. Птицеводство. 2024. № 1. С. 40-47.
13. Фисинин В. И., Гущин В. В., Лукашенко В. С. и др. Пищевая и биологическая ценность яиц и яичных продуктов. Сергиев Посад: ВНИИТИП, 2013. 28 с.

References

1. Nikolaev S. I., Karapetyan A. K., Danilenko I. Yu., et al. Egg productivity and digestibility of nutrients in industrial hens using the protein concentrate "Agro-Matik". Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2024. No 3 (107). Pp. 350-355.
2. Buryakov N. P., Zaikina A. S., Buryakova M. A. et al. Productivity and nutrient digestibility in parent flock chickens under phyto-biotic use. Veterinary medicine and feeding. 2023. No 5. Pp. 11-14.
3. Bakharev A. A., Sukhanova S. F., Sadomov N. A., et al. Use of biopolymer "chitosan" in feeding diets of broiler chickens. Bulletin of the Kurgan GSHA. 2023. No 4 (48). Pp. 30-36.
4. Mustafina A. S. Effect of ultradispersed silicon on protein metabolism indices in the blood of young poultry. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2019. No 4 (78). Pp. 232-235.
5. Chala E. The role of insects as an alternative source of protein in poultry feeding: a review. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2023. No. 3 (63). Pp. 155-160.
6. Imangulov Sh. A., et al. Recommendations for feeding agricultural poultry. Sergiev Posad: VNIITIP, 2003. 144 p.
7. Naumova L. I. Efficiency of using experimental samples of vitamin A concentrate in feeding laying hens. Poultry farming. 2024. No 12. Pp. 37-43.
8. Ryabova M. A., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., et al. Use of feed concentrate "Sarepta" from plant raw materials in feeding laying hens. Bulletin of Kurgan State Agricultural Academy. 2024. No. 2 (50). Pp. 19-26.
9. Farooq M. Egg traits of Fayumi birds under subtropical conditions. Sarad J. Agric. 2001. V. 17. Pp. 141-145.
10. Shi S. R. Egg weight affects some quality traits of chicken eggs. J. Food Agric. Environ. 2009. V. 7. № 2. Pp. 432-434.
11. Kaloev B. S. Lecithin as a means of increasing egg productivity of laying hens. Poultry farming. 2023. No 4. Pp. 20-25.
12. Kavtarashvili A. Sh. Morphological and chemical indicators of the quality of food eggs of the "Hysex Brown" cross hens depending on the category. Poultry farming. 2024. No. 1. Pp. 40-47.
13. Fisinin V. I., Gushchin V. V., Lukashenko V. S., et al. Nutritional and biological value of eggs and egg products. Sergiev Posad: VNITIP, 2013. 28 p.

Информация об авторах

Рябова Мария Алексеевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), e-mail: prosto-marija88@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор биологических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Баймишев Ринат Хамидуллович, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО «Самарский государственный аграрный университет» (Российская Федерация, 446442, Самарская область, г. Кинель, пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2), e-mail: Baimishev_RH@ssaa.ru

Батанов Степан Дмитриевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Удмуртский ГАУ (Российская Федерация, 426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 11), e-mail: stepanbatanov@mail.ru

Author's Information

Ryabova Maria Alekseevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: prosto-marija88@mail.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Biological Sciences, Professor of Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, University Avenue, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Baymishev Rinat Khamidulovich, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department, Samara State Agrarian University (Russian Federation, 446442, Samara Region, Kinel, Ust-Kinelsky settlement, Uchebnaya str., 2), e-mail: Baimishev_RH@ssaa.ru

Batanov Stepan Dmitrievich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Udmurt State Agrarian University (Russian Federation, 426069, Udmurt Republic, Izhevsk, Studencheskaya str., 11), e-mail: stepanbatanov@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-34

THE FEED VALUE OF MUSTARD CONCENTRATE "GORLINKA" AND SUNFLOWER CAKE

^{1,2}Andreeva I. A., ¹Karapetyan A. K., ¹Nikolaev S. I., ¹Danilenko I. Yu., ¹Chehranova S. V.,
¹Shkalenko V. V., ¹Vorontsova E. S.

¹Volgograd State Agrarian University²VNIRO (VolgogradNIRO)

Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: schekhranova@mail.ru

Received 26.11.2024

Submitted 29.01.2025

The research was conducted within the framework of Agreement No. 1 dated 15.01.2021**"The use of compound feeds for Agro-Matic fish in feeding aquaculture facilities" (NPO Agro-Matic LLC)****Abstract**

Introduction. The study of the chemical composition of fish feeds and the creation of diets with actual nutritional value remains one of the key tasks in modern aquaculture. This area not only contributes to the economic development of the industry, but also helps to solve environmental problems associated with the production of feed. The relevance of this area is due to the constant growth in demand for aquaculture products and the need to improve the efficiency and environmental friendliness of production. Research on the composition of amino acids in feed is, in turn, critically important in the development of diets. Knowledge of the qualitative and quantitative composition of amino acids allows you to create compound feeds that optimally meet the needs of specific fish species in them, which ultimately leads to an increase in aquaculture production. **The object of the study.** The objects of the study were sunflower cake and mustard concentrate "Gorlinka". **Materials and methods.** The analysis of the chemical composition of the studied samples was carried out in the laboratory "Analysis of feed and livestock products" at the Department of Feeding and Breeding of farm Animals of the Volgograd State Agrarian University, using the following methods: determination of initial and hygroscopic humidity was carried out by drying samples at a temperature from 60 to 105 °C until a constant mass was reached; the fat content in extraction with ethyl alcohol on the Soxhlet apparatus; the method of Gennenberg and Shtoman was used for the analysis of crude fiber; the crude protein content was determined by Kjeldahl; and the mineral content (ash) was determined through dry salting at a temperature of 450-500 °C. The identification of amino acids in the studied samples was carried out in accordance with GOST R 55569-2013, which covers feed, compound feeds and their raw materials. **Results and conclusions.** The study of the chemical composition of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake revealed a number of differences. The level of crude protein in these feeds is 38.2% for mustard concentrate and 36.4% for sunflower cake, which means that the crude protein content in mustard con-

concentrate "Gorlinka" exceeds that in cake by 1.8%. In addition, it was found that the crude ash content in the concentrate is 0.2% higher, and the nitrogen-free extractive substances level is 3.1% higher compared to sunflower cake. Also, the total amount of amino acids in mustard concentrate "Gorlinka" exceeds the same indicator in sunflower cake by 3.21%. In the studied feed ingredients, the minimum amino acid score was found in leucine+isoleucine. Thus, the rate of the studied amino acid in mustard concentrate "Gorlinka" was 73.06%, which is lower than in sunflower cake by 10.92%. Leucine+isoleucine are the limiting amino acids in these feed ingredients. The amino acid score of mustard concentrate "Gorlinka" mainly differed from the traditionally used feed ingredient (sunflower cake): valine – by 8.76%, histidine – by 44.17%, lysine – by 29.7%, threonine – by 34.27%, tryptophan – by 28.46%. Thus, the results of our study show that the feed value of mustard concentrate "Gorlinka" allows it to be used as a substitute for sunflower cake in fish feed.

Keywords: sunflower cake, mustard concentrate "Gorlinka", crude protein, crude fat, crude ash, crude fiber, chemical composition of feed.

Citation. Andreeva I. A., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Danilenko I. Yu., Chehranova S. V., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S. The feed value of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 331-340 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-34.

The 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.

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

УДК 639.3/6.043.2

КОРМОВАЯ ЦЕННОСТЬ ГОРЧИЧНОГО КОНЦЕНТРАТА «ГОРЛИНКА» И ПОДСОЛНЕЧНОГО ЖМЫХА

^{1,2}Андреева И. А., аспирант

¹Карапетян А. К., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Даниленко И. Ю., кандидат сельскохозяйственных наук

¹Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Шкаленко В. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

¹Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («ВолгоградНИРО»)

г. Волгоград, Российская Федерация

Исследования проведены в рамках договора № 1 от 15.01.2021 г. «Использование комбикормов для рыбы "Агро-Матик" в кормлении объектов аквакультуры» (ООО "НПО Агро-Матик")

Актуальность. Изучение химического состава кормов для рыб и создание рационов с фактической питательной ценностью остается одной из ключевых задач в современной аквакультуре. Это направление не только способствует экономическому развитию индустрии, но и помогает решить экологические проблемы, связанные с производством кормов. Актуальность этого направления обусловлена постоянным ростом спроса на продукты аквакультуры и необходимостью повышения эффективности и экологичности производства. Исследование состава аминокислот в кормах является, в свою очередь, критически важным при разработке рационов. Знание качественного и количественного состава аминокислот позволяет создавать комбикорма, оптимально соответствующие потребностям конкретных видов рыб в них, что в итоге приводит к повышению продукции аквакультуры. **Объект исследования.** Объектами исследования стали подсолнечный жмых и горчичный концентрат «Горлинка». **Материалы и методы.** Анализ химического состава исследуемых образцов осуществлялся в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» на кафедре кормления и разведения сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ с применением следующих методик: определение первоначальной и гигроскопической влажности производили путем высушивания проб при температуре от 60 до 105 °С до достижения постоянной массы; содержание жира в оценивалось с помощью экстракции этиловым спиртом на аппарате Сокслета; для анализа сырой клетчатки использовался метод Генненберга и Штомана; содержание сырого протеина определялось по Къельдалю; а содержание минеральных веществ (золы) определялось через сухое озоление при температуре 450-500 °С. Идентификация аминокислот в исследуемых образцах осуществлялась в соответствии с ГОСТ Р 55569-2013, который охватывает корма, комбикорма и их сырьевые компоненты. **Результаты и выводы.** Исследование химического состава горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха выявило ряд отличий. Уровень сырого протеина в данных кормах составляет 38,2% для горчичного концентрата и 36,4% для подсолнечного жмыха,

что означает, что содержание сырого протеина в горчичном концентрате «Горлинка» превышает таковое в жмыхе на 1,8%. Кроме того, было установлено, что содержание сырой золы в концентрате выше на 0,2%, а уровень БЭВ – на 3,1% по сравнению с подсолнечным жмыхом. Также общая сумма аминокислот в горчичном концентрате «Горлинка» превышает аналогичный показатель в подсолнечном жмыхе на 3,21%. В исследуемых кормовых ингредиентах минимальный аминокислотный скор был выявлен у лейцина+изолейцина. Так, скор по исследуемой аминокислоте в горчичном концентрате «Горлинка» составил 73,06%, что ниже чем в подсолнечном жмыхе на 10,92%. Лейцин+изолейцин являются лимитирующими аминокислотами в данных кормовых ингредиентах. Аминокислотный скор горчичного концентрата «Горлинка» преимущественно отличался от традиционно используемого кормового ингредиента (жмых подсолнечный): по валину – на 8,76%, гистидину – на 44,17%, лизину – на 29,7%, треонину – на 34,27%, триптофану – на 28,46%. Таким образом, результаты нашего исследования показывают, что кормовая ценность горчичного концентрата «Горлинка» позволяет использовать его как заменитель подсолнечного жмыха в рыбных комбикормах.

Ключевые слова: подсолнечный жмых, горчичный концентрат «Горлинка», сырой протеин, сырой жир, сырая зола, сырая клетчатка, химический состав кормов.

Цитирование. Андреева И. А., Карапетян А. К., Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Чехранова С. В., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С. Кормовая ценность горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 331-340. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-34.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликты интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. На настоящий момент добыча как океанских, так и морских биоресурсов сокращается, а запасы внутренних водоемов достаточно ограничены [1]. В результате чего такое направление, как аквакультура, стало более приоритетным направлением обеспечения населения высокоценными продуктами питания [4]. Но, так как данное направление продолжает ускоренно развиваться, возникла проблема производства качественных и полноценных комбикормов для рыбы. К основным питательным веществам, необходимым для оптимального развития рыбы, относятся: протеин, жир, простые и сложные углеводы, незаменимые аминокислоты, а также витамины, минеральные вещества и другие БАД. Помимо этого, огромная роль отводится качеству сырья, которое определяет высокую эффективность в технологии приготовления комбикормов [6, 10, 11].

Тем не менее, возросший интерес к традиционным кормам делает необходимым поиск альтернативных источников, которые могут обладать такими же или лучшими питательными качествами [7, 12]. В Волгоградской области ежегодно наблюдается увеличение посевов местных сельскохозяйственных культур. Одной из них является горчица сарептская, которая успешно растет в нашем регионе. Масло из горчицы пользуется высоким спросом благодаря своим ярким вкусовым характеристикам. Однако в процессе переработки семян в масло образуется горчичный жмых, который содержит антипитательные вещества. Из-за этого данный вид жмыха не разрешено использовать в кормлении животных и птиц [9].

Сотрудники кафедры «Кормление и разведение сельскохозяйственных животных» совместно с ООО Волгоградский горчичный завод «Родос» разработали методику обработки жмыха, полученного из семян горчицы. В результате этой работы был создан кормовой продукт, получивший название горчичный кормовой концентрат «Горлинка». В этом продукте удалось полностью устранить содержание веществ с антипитательными свойствами [8].

Далее были проведены научные исследования и получены положительные результаты по использованию белоксодержащего горчичного концентрата «Горлинка» в кормлении дойных коров, цыплят-бройлеров, яичных кур и ценных пород рыб [5].

В связи с этим целью наших исследований явилось изучить питательную ценность горчичного концентрата «Горлинка» в сравнении с подсолнечным жмыхом, для выявления возможности использования первого в качестве ингредиента комбикорма для карпа.

Объект исследования. Объектами исследования стали подсолнечный жмых и горчичный концентрат «Горлинка».

Материалы и методы. Изучение химического состава испытуемых компонентов, проводили в лаборатории «Анализ кормов и продукции животноводства» расположенной на кафедре кормления и разведения сельскохозяйственных животных ФГБОУ ВО Волгоградского ГАУ, по следующим методикам:

Первоначальная влажность:	Высушивание образцов при температуре 60-65 °С до достижения постоянной массы.
Гигроскопическая влажность:	Высушивание образцов при температуре 105 °С до достижения постоянной массы.
Сырой жир:	Экстрагирование навески этиловым спиртом в аппарате Сокслета.
Сырая клетчатка:	Применение метода Генненберга и Штомана.
Сырой протеин:	Определение по методу Кьельдаля.
Сырая зола:	Метод сухого озоления образца при температуре 450-500 °С.

Идентификация аминокислот проводилась по ГОСТ Р 55569-2013, который регламентирует анализ кормов, комбикормов и комбикормового сырья.

Результаты и обсуждение. Исходя из полученных данных химического анализа горчичный концентрат «Горлинка» демонстрирует более высокую питательную ценность с точки зрения содержания сырого протеина (в исследуемом концентрате выше на 1,8 % по сравнению с подсолнечным жмыхом), что делает его предпочтительным кормом для рыбодводства (рисунок 1).

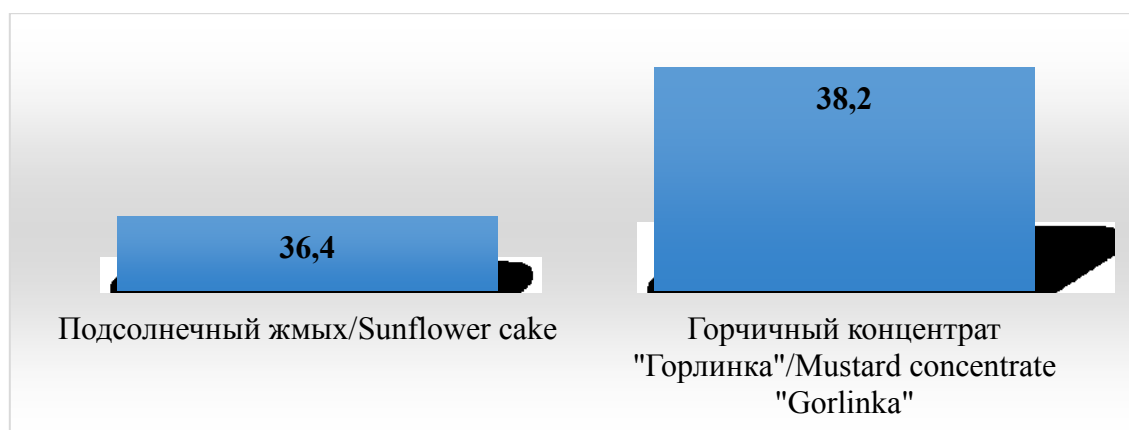


Рисунок 1 – Содержание сырого протеина в подсолнечном жмыхе и горчичном концентрате «Горлинка», %
Figure 1 – Crude protein content in sunflower cake and mustard concentrate "Gorlinka", %

Содержание сырого жира отмечено больше на 0,3% в подсолнечном жмыхе, чем в изучаемом концентрате. При этом следует учитывать и преимущества исследуемого концентрата, имеющего более низкое содержание клетчатки на 4,5% по сравнению с подсолнечным жмыхом, что может способствовать лучшему усваиванию комбикормов. Кроме того, несколько большее содержание сырой золы на 0,2% в горчичном концентрате по сопоставлению со жмыхом указывает на лучший минеральный состав, что также важно для здоровья животных. Благодаря выше сказанному, горчичный концентрат «Горлинка» является хорошим альтернативным кормовым источником, обеспечивая животных и рыб необходимыми питательными веществами.

В настоящее время сбалансированный состав аминокислот в комбикормах для рыб – это обязательное условие при выходе кормового продукта на рынок. Важно при разработке рецептур комбикормов, учитывать соотношение аминокислот между собой и их усвояемость в организме рыб [2].

У рыб, как и у других животных, белки состоят из аминокислот, которые могут быть разделены на три основные категории: незаменимые, заменимые и частично заменимые. Незаменимые аминокислоты – это те аминокислоты, которые организму необходимо получать с пищей, так как они не могут синтезироваться самостоятельно. К ним относятся, например, лейцин, изолейцин, валин, метионин, треонин и другие. Эти аминокислоты играют критически важную роль в росте, развитии и восстановлении тканей. Заменимые аминокислоты – это аминокислоты, которые организм может синтезировать из других веществ и, которые следовательно, не требуют поступления с пищей в обязательном порядке. Среди них можно выделить, например, аланин и глицин. Частично заменимые аминокислоты – это аминокислоты, которые в определенных условиях могут быть синтезированы

организмом, но при некоторых обстоятельствах или в определенных стадиях жизни их также необходимо получать с пищей. Правильный баланс аминокислот в корме имеет решающее значение для здоровья рыб, их роста и воспроизводства. Нехватка незаменимых аминокислот может привести к различным проблемам, включая замедление роста, снижение иммунной функции и увеличение предрасположенности к заболеваниям. Поэтому при кормлении рыб важно учитывать их потребности в этих важных питательных веществах [3].

Данные по аминокислотному составу подсолнечного жмыха и горчичного концентрата «Горлинка» представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительный аминокислотный состав горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха, %

Table 1 – Comparative amino acid composition of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake, %

Показатели питательности / Nutritional indicators	Горчичный концентрат «Горлинка» / Mustard concentrate "Gorlinka"	Жмых подсолнечный / Sunflower cake
Лизин / Lysine	1,71	1,25
Метионин / Methionine	1,09	0,68
Цистин / Cystine	0,55	0,48
Треонин / Threonine	1,36	1,10
Триптофан / Tryptophan	0,44	0,39
Аргинин / Arginine	2,08	2,02
Лейцин+изолейцин / Leucine+isoleucine	2,42	2,16
Валин / Valin	1,52	1,47
Гистидин / Histidine	1,01	0,79
Фенилаланин / Phenylalanine	1,63	1,50
Тирозин / Tyrosine	0,84	0,75
Глицин / Glycine	1,88	1,73
Серин / Serin	1,60	1,24
Пролин / Proline	1,48	1,28
Аланин / Alanin	1,49	1,27
Аспарагин / Asparagine	2,81	2,67
Глутамин / Glutamine	5,74	5,63
Сумма / The amount	29,65	26,41

Лизин представляет собой ограничивающую незаменимую аминокислоту в питании сельскохозяйственных животных и объектов аквакультуры. Его нехватка приводит к нарушениям белкового обмена и снижению продуктивности. Подсолнечный жмых содержит на 0,46% меньше лизина по сравнению с горчичным концентратом «Горлинка».

Недостаток метионина может привести к серьезным последствиям: ухудшению усвоения белков, ослаблению иммунной системы и увеличению восприимчивости к заболеваниям. В подсолнечном жмыхе уровень метионина ниже на 0,41% по сравнению с горчичным концентратом «Горлинка».

При отсутствии цистина в рационе его дефицит компенсируется метионином, что приводит к возрастанию потребности в последнем. В горчичном концентрате «Горлинка» содержание цистина на 0,07% выше, чем в подсолнечном жмыхе.

Треонин участвует в синтезе иммуноглобулинов, что усиливает защитные механизмы организма. Он также необходим для выработки определенных белков, которые способствуют нормализации микробиоты кишечника. В подсолнечном жмыхе треонина на 0,26% меньше по сравнению с горчичным концентратом «Горлинка».

Триптофан – это аминокислота, необходимая для синтеза гемоглобина и формирования белков плазмы в крови. В горчичном концентрате «Горлинка» уровень триптофана на 0,05% превышает его содержание в подсолнечном жмыхе.

Аргинин считается одной из универсальных аминокислот, так как он является предшественником в синтезе белков и мочевины. Эта аминокислота также выполняет ключевую функцию в регуляции эндокринной и репродуктивной систем как животных, птиц, так и объектов аквакультуры. Содержание такой важной аминокислоты на 0,06% больше в горчичном концентрате «Горлинка» по сравнению с подсолнечным жмыхом.

Чрезмерное количество лейцина и изолейцина может уменьшить аппетит, а также тормозить процессы роста и накопления белка в организме. На 0,26% лейцина+изолейцина содержалось меньше в подсолнечном жмыхе в сравнении с горчичным концентратом «Горлинка».

Валин является одной из ключевых незаменимых аминокислот, необходимых для питания рыб. Данный аминокислотный компонент встречается в подсолнечном жмыхе в меньшем объеме (0,05%), чем в горчичном концентрате «Горлинка», который имеет более высокое содержание этого вещества.

Аминокислотой, влияющей на синтез ДНК и белка, является гистидин. Также он считается основным компонентом, который защищает рыбу от изменения pH в результате гипоксии и резкого плавания. Важно отметить, что данная аминокислота способна улучшить органолептические свойства рыбного филе. В горчичном концентрате «Горлинка» содержание гистидина составляет на 0,22% больше, чем в подсолнечном жмыхе.

Фенилаланин и тирозин играют важную роль в синтезе гормонов щитовидной железы и в стимуляции активности пищеварительных ферментов. В горчичном концентрате «Горлинка» содержание фенилаланина превышает уровень, найденный в подсолнечном жмыхе, на 0,13%, в то время как тирозина больше на 0,09%.

Глицин и серин являются аминокислотами, которые играют важную роль в процессах глюконеогенеза, а также в переваривании и усвоении жиров. Эти аминокислоты также способствуют стимуляции потребления корма. В подсолнечном жмыхе содержание глицина на 0,15% ниже, а серина на 0,36% меньше, чем в горчичном концентрате «Горлинка». Кроме того, уровень пролина в подсолнечном жмыхе составляет на 0,20% меньше, чем в горчичном концентрате «Горлинка».

Аланин выполняет важную функцию в обмене веществ у рыб, действуя как носитель азота. В горчичном концентрате «Горлинка» уровень этой аминокислоты превышает уровень в подсолнечном жмыхе на 0,22%.

Аспарагин составляет около 10% аминокислот в белках как растительного, так и животного происхождения. В подсолнечном жмыхе его содержание на 0,14% ниже, чем в горчичном концентрате «Горлинка».

Глутамин полностью расщепляется в кишечнике водных обитателей, и его уровень в подсолнечном жмыхе на 0,11% ниже, чем в горчичном концентрате «Горлинка».

Сумма незаменимых аминокислот в горчичном концентрате «Горлинка» составила 13,26%, в то время как в подсолнечном жмыхе – 11,36%.

Сумма заменимых аминокислот в горчичном концентрате «Горлинка» составила 16,39%, а в подсолнечном жмыхе 15,05% (рисунок 2).

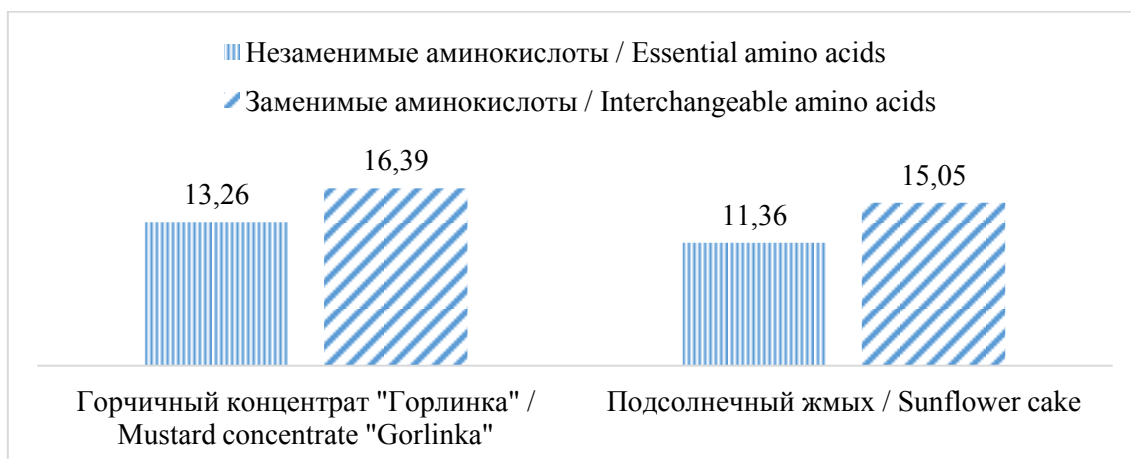


Рисунок 2 – Общая сумма незаменимых и заменимых аминокислот в горчичном концентрате «Горлинка» и подсолнечном жмыхе, %

Figure 2 – The total amount of essential and non-essential amino acids in mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake, %

Общая сумма аминокислот в горчичном концентрате «Горлинка» на 3,21% превышает сумму аминокислот в подсолнечном жмыхе (рисунок 3).

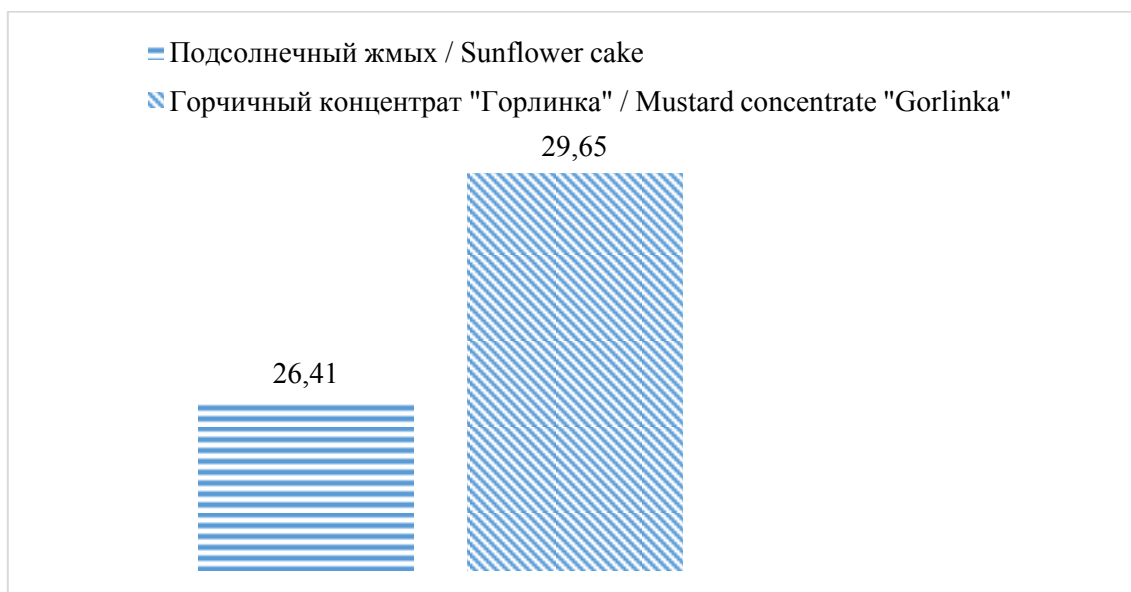


Рисунок 3 – Общая сумма аминокислотного состава горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха, %

Figure 3 – The total amount of amino acid composition of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake, %

Таким образом, горчичный концентрат «Горлинка» превосходит по аминокислотному составу жмых из семян подсолнечника.

Биологическая ценность белковых компонентов продукта зависит от их переваримости и сбалансированности аминокислотного состава. Однако стоит учитывать, что технологические методы обработки и условия хранения могут значительно влиять на биологическую ценность, изменяя структуру белков и их взаимодействие с другими веществами. В связи с этим для оценки биологической ценности проводится анализ аминокислотного сора.

Аминокислотный скор позволяет оценить, насколько аминокислотный состав пищевого продукта отвечает потребностям организма в аминокислотах для белкового синтеза. Выявление ограничивающих аминокислот и их дефицитность осуществляется путем сопоставления процентного содержания аминокислот в исследуемом белке с аналогичным содержанием в идеальном белке, который полностью покрывает потребности организма.

Для расчёта аминокислотного сора белка аминокислотный скор каждой незаменимой аминокислоты в «идеальном» белке ФАО/ВОЗ принимали за 100%, а в исследуемом – определяли процент соответствия. Если значение сора для определенной аминокислоты ниже 100%, данную аминокислоту определяли как лимитирующую.

В исследуемых кормовых ингредиентах минимальный аминокислотный скор был выявлен у лейцина+изолейцина. Так, скор по исследуемой аминокислоте в горчичном концентрате «Горлинка» составил 73,06%, что ниже, чем в подсолнечном жмыхе, на 10,92%. Таким образом лейцин+изолейцин являются лимитирующими аминокислотами в данных кормовых ингредиентах.

Аминокислотный скор горчичного концентрата «Горлинка» преимущественно отличался от традиционно используемого кормового ингредиента (жмых подсолнечный): по валину – на 8,76%, гистидину – на 44,17%, лизину – на 29,7%, треонину – на 34,27%, триптофану – на 28,46% (рисунок 4).

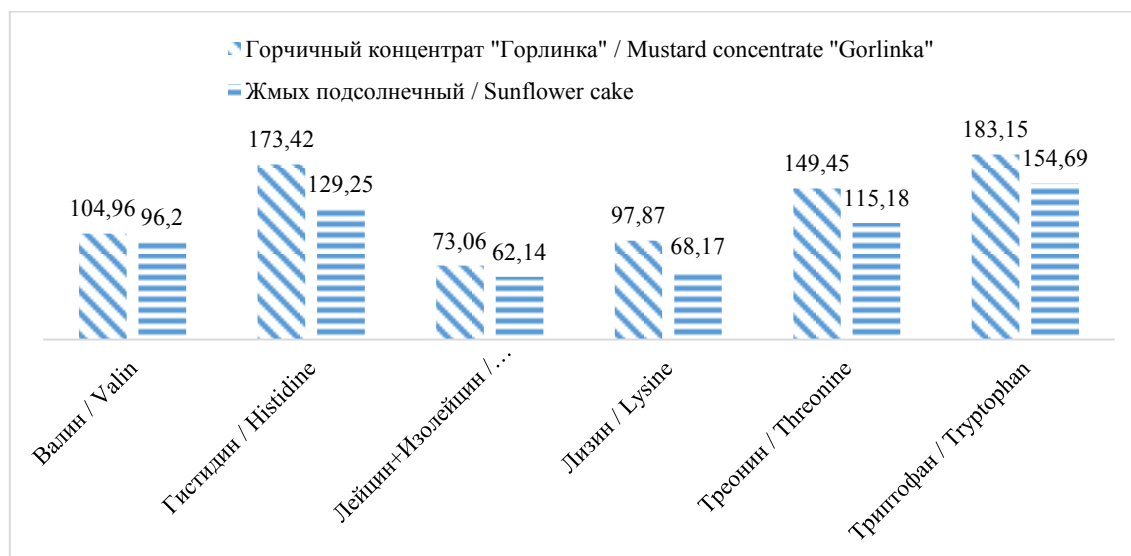


Рисунок 4 – Аминокислотный скор горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха, %
Figure 4 – Amino acid score of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake, %

Заключение. Анализ химического состава горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха выявил следующие различия. Было отмечено несколько большее содержание в исследуемом концентрате, чем в жмыхе подсолнечном, сырого протеина на 1,8%, сырой золы на 0,2% и БЭВ на 3,1%. Также выяснили, что концентрат «Горлинка» обладает более высоким содержанием по сравнению с подсолнечным жмыхом: на 0,46% лизина, на 0,41% метионина, на 0,07 % цистина, на 0,26% треонина, на 0,05% триптофана, на 0,06% аргинина, на 0,26% лейцина и изолейцина, на 0,05% валина, на 0,22% гистидина, на 0,13% фенилаланина, на 0,09% тирозина, на 0,15% глицина, на 0,36% серина, на 0,20% пролина, на 0,22% аланина, на 0,14% аспарагина и на 0,11% глутамина. Аминокислотный скор горчичного концентрата «Горлинка» действительно демонстрирует значительные различия по сравнению с традиционным кормовым ингредиентом, таким, как жмых подсолнечника. Повышение данного показателя по валину, гистидину, лизину, треонину и триптофану указывает на его большую кормовую ценность и потенциал для использования в кормлении рыб. Однако стоит отметить, что лимитирующими аминокислотами в исследуемых кормовых ингредиентах являются лейцин+изолейцин. Так, в горчичном концентрате «Горлинка» скор по исследуемой аминокислоте составил 73,06 %, в подсолнечном жмыхе на 62,14%. Таким образом, изученная нами кормовая ценность горчичного концентрата «Горлинка» позволяет его использовать в качестве замены подсолнечного жмыха в комбикормах, предназначенных для рыб.

Conclusions. The analysis of the chemical composition of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake revealed the following differences. A slightly higher content of crude protein by 1.8%, crude ash by 0.2% and Nitrogen-free extractive substances by 3.1% was noted in the studied concentrate than in sunflower cake. It was also found out that Gorlinka concentrate has a higher content compared to sunflower cake: 0.46% lysine, 0.41% methionine, 0.07% cystine, 0.26% threonine, 0.05% tryptophan, 0.06% arginine, 0.26% leucine and isoleucine, 0.05 % valine, by 0.22% histidine, 0.13% phenylalanine, 0.09% tyrosine, 0.15% glycine, 0.36% serine, 0.20% proline, 0.22 % alanine, 0.14% asparagine and 0.11% glutamine. The amino acid score of mustard concentrate "Gorlinka" really shows significant differences compared to a traditional feed ingredient such as sunflower cake. An increase in this indicator for valine, histidine, lysine, threonine and tryptophan indicates its high feed value and potential for use in fish feeding. However, it is worth noting that the limiting amino acids in the studied feed ingredients are leucine+isoleucine. Thus, in mustard concentrate "Gorlinka", the score for the amino acid under study was 73.06%, in sunflower cake by 62.14%. Thus, the feed value of mustard concentrate "Gorlinka" studied by us allows it to be used as a substitute for sunflower cake in compound feeds intended for fish.

Библиографический список

1. Андреев В. В., Гулиев Р. А. Обмен натрия и калия у рыб при высокой концентрации ионов в воде. Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2008. №3. С. 43-48.
2. Батракова Ю. М., Ставцев А. Э., Японцев А. Э., Морозова Е. А. Повышение продуктивности осетров при использовании отечественных комбикормов. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 69-74.

3. Колмаков В. И., Колмакова А. А. Аминокислоты в перспективных кормах для аквакультуры рыб: обзор экспериментальных данных. Журнал Сибирского федерального университета. Биология. 2020. № 4. С. 424-442.
4. Павловская Л. М., Гапеева Л. А. Прудовая рыба – перспективное сырьё для промышленной переработки. Пищевая промышленность: наука и технологии. 2018. № 3 (41). С. 58-95.
5. Карапетян А. К. и др. Премикс на основе продуктов семян переработки масличных культур в комбикормах для сельскохозяйственной птицы. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (172). С. 115-121.
6. Прокофьева А. А., Быков А. В., Кван О. В. Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе. Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106. № 2. С. 112-126.
7. Рудой Д. В. Рецептура комбикормов для ценных пород рыб с заменой дорогостоящих белковых компонентов протеиновыми зелёными концентратами. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. № 4. С. 83-87.
8. Водяников В. И. и др. Снижение экологической нагрузки на предприятиях, использующих побочные продукты масложировой промышленности. Вестник РАН. 2023. Т. 23. № 3. С. 59-63.
9. Самофалова О. В. и др. Эффективность использования нетрадиционных кормовых ингредиентов в кормлении цыплят-бройлеров и кур-несушек. Птицеводство. 2023. № 2. С. 26-29.
10. Buryakov N. P., et al. An Investigation on the Effects of Partial Replacement of Rapeseed Cake in Ayrshire Dairy Heifers' Diets with By-Product Source of Animal Protein on Body Weight Dynamics, Nutrient Balancing, and Blood Biochemical Markers. Animals. – 2023. Vol. 13. No. 11. P. 1856.
11. Arrutia F., et al. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science & Technology. 2020. V. 100. Pp. 88-102.
12. Halmemies-Beauchet-Filleau A., Rinne M., Lamminen M., et al. Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. animal. 2018. Vol. 12. I. 2. Pp. s295-s309.

References

1. Andreev V. V., Guliev R. A. Sodium and Potassium Exchange in Fish at High Ion Concentration in Water. Oil and gas technologies and environmental safety. 2008. №3. Pp. 43-48.
2. Batrakova Y. M., Stavtsev A. E., Yapontsev A. E., Morozova E. A. Increasing the productivity of sturgeon when using domestic mixed feeds. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2022. № 3 (209). Pp. 69-74.
3. Kolmakov V. I., Kolmakova A. A. Amino acids in promising feeds for fish aquaculture: a review of experimental data. Journal of Siberian Federal University. Biology. 2020. № 4. Pp. 424-442.
4. Pavlovskaya L. M., Gapeeva L. A. Pond fish as a promising raw material for industrial processing. Food industry: science and technology. 2018. № 3 (41). Pp. 58-95.
5. Karapetyan A. K., et al. Premix based on oilseed processing products in mixed feeds for poultry. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2019. № 2 (172). Pp. 115-121.
6. Prokofieva A. A., Bykov A. V., Kvan O. V. Protein Waste as Alternative Sources of Protein in the Diet. Animal husbandry and fodder production. 2023. V. 106. № 2. Pp. 112-126.
7. Rudoy D. V. Formulation of Mixed Feeds for Valuable Fish Species with the Replacement of Expensive Protein Components with Protein Green Concentrates. Bulletin of the Kazan State Agrarian University. 2014. № 4. Pp. 83-87.
8. Vodyannikov V. I., et al. Reducing the Environmental Burden at Enterprises Using By-Products of the Fat-and-Oil Industry. Bulletin of the RANS. 2023. V. 23. № 3. Pp. 59-63.
9. Samofalova O. V., et al. Efficiency of Using Non-Traditional Feed Ingredients in Feeding Broiler Chickens and Laying Hens. Poultry. 2023. № 2. Pp. 26-29.
10. Buryakov N. P., et al. An Investigation on the Effects of Partial Replacement of Rapeseed Cake in Ayrshire Dairy Heifers' Diets with By-Product Source of Animal Protein on Body Weight Dynamics, Nutrient Balancing, and Blood Biochemical Markers. Animals. – 2023. Vol. 13. No. 11. P. 1856.
11. Arrutia F., et al. Oilseeds beyond oil: Press cakes and meals supplying global protein requirements. Trends in Food Science & Technology. 2020. V. 100. Pp. 88-102.
12. Halmemies-Beauchet-Filleau A., Rinne M., Lamminen M., et al. Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. animal. 2018. Vol. 12. I. 2. Pp. s295-s309.

Информация об авторах

Андреева Ирина Александровна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), специалист группы оценки воздействия на водные биоресурсы и среду их обитания ГНЦ РФ ФГБНУ Волгоградский филиал «ВНИРО» («ВолгоградНИРО») (Российская Федерация, 400001, г. Волгоград, ул. Пугачевская, 1), e-mail: andreeva.irishka@volgograd.vniro.ru

Карапетян Анжела Кероповна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Даниленко Ирина Юрьевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: schekhronova@mail.ru

Шкаленко Вера Владимировна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, д. 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Author's Information

Andreeva Irina Aleksandrovna, graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), Specialist of the Aquatic Bioresources and Habitat Impact Assessment Group Volgograd Branch of VNIRO (VolgogradNIRO) (Russian Federation, 400001, Volgograd, Pugachevskaya str., 1), e-mail: andreeva.irishka@volgograd.vniro.ru

Karapetyan Angela Keropovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: a.k.karapetyan@bk.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Danilenko Irina Yurievna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: taranova_15@mail.ru

Chekhranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: shekhranova@mail.ru

Shkalenko Vera Vladimirovna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: vera.shkalenko@mail.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-35

THE EFFICIENCY OF USING OF THE RAPESEED PROTEIN CONCENTRATE IN RAINBOW TROUT FEEDING**Anpodist A. V., Poddubnaya I. V., Zimens Yu. N.**

Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov"
Saratov, Russian Federation

Corresponding author E-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

Received 11.12.2024

Submitted 30.01.2025

Summary

The article presents the results of the efficiency of using rapeseed protein concentrate in feeding rainbow trout. The results of the study showed that the use of rapeseed protein concentrate in feed as a partial replacement for soybean meal has a positive effect on the growth and productivity of rainbow trout. High rates of fish weight growth, as well as the economic efficiency of using rapeseed protein concentrate in feed allow us to recommend it as an alternative to expensive vegetable protein in feeding rainbow trout.

Abstract

Introduction. The use of high-protein plant components is currently a promising direction for expanding the feed base in the production of feed for valuable fish species. In view of the import substitution policy and reducing the cost of feed in the aquaculture sector of the Russian Federation, new promising solutions are needed. One of such solutions is the introduction of rapeseed protein concentrate into the composition of rainbow trout feed. **The object** of the study is rainbow trout, in the feeding of which an alternative plant protein is used – rapeseed protein concentrate. **Materials and methods.** The studies were conducted at the Department of Genetics, Breeding, Animal Feeding and Aquaculture, at the feed mill OOO Prometrica and the Republic of North Ossetia-Alania, Ardon, fish breeding enterprise IRON FISH. **Results and conclusion.** The results of the conducted studies allow us to conclude that 6% of rapeseed protein concentrate, introduced into the compound feed instead of a similar amount of soybean meal, has a positive effect on the efficiency of feeding rainbow trout. Rapeseed protein concentrate exceeds soybean meal in the proportion of fat, which acts as an energy source in the feed, by almost 12%. An increase in fat in the diet leads to a protein-saving effect, since it frees protein used for fish growth from energy costs. The energy superiority of the feed in the experimental fish groups made it possible to achieve better results in fish growth and survival, feed costs for growing 1 kg of fish compared to the control. Reducing the cost of compound feed in the experimental groups due to the introduction of a cheaper component – rapeseed protein concentrate – led to additional profit from fish sales and an increase in the profitability of its cultivation. The obtained research data allow the use of rapeseed protein concentrate as an alternative source of vegetable protein in feed when growing rainbow trout in industrial fish farming conditions.

Keywords: *vegetable protein, rapeseed protein concentrate, rainbow trout, trout feeding, commercial fish farming, aquaculture.*

Citation. Anpodist A. V., Poddubnaya I. V., Zimens Yu. N. The efficiency of using of the rapeseed protein concentrate in rainbow trout feeding. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 340-348 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-35.

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

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

УДК 639.3.043+636.085

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТА РАПСОВОГО БЕЛКА
В КОРМЛЕНИИ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ****Анподист А. В., аспирант****Поддубная И. В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор****Зименс Ю. Н., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент***ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии
имени Н. И. Вавилова»**г. Саратов, Российская Федерация*

Актуальность. Для расширения кормовой базы при производстве кормов для ценных видов рыб в настоящее время перспективным направлением является использование растительных высокобелковых компонентов. Ввиду политики импортозамещения и снижения стоимости кормов в секторе аквакультуры РФ необходимы новые перспективные решения. Одним из таких решений является введение в состав комбикорма радужной форели концентрата рапсового белка.

Объект. Объектом исследования является радужная форель, в кормлении которой используется альтернативный растительный белок – концентрат рапсового белка. **Материалы и методы.** Исследования проводились на базе кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура», на базе комбикормового предприятия ООО «Прометрика» и РСО Осетия-Алания г. Ардон, Рыбоводное предприятие «IRON FISH». **Результаты и выводы.** Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о положительном влиянии концентрата рапсового белка в количестве 6%, введенного в комбикорм взамен аналогичного количества соевого шрота, на эффективность кормления радужной форели. Концентрат рапсового белка превосходит соевый шрот по доле жира, выполняющего роль источника энергии в корме, почти на 12%. Увеличение жира в рационе ведет к белоксберегающему действию, так как освобождает белок, используемый на рост рыб, от энергетических затрат. Энергетическое превосходство кормов опытных групп рыб позволило добиться лучших результатов в приросте и выживаемости рыб, затратах кормов на выращивание 1 кг массы рыбы по сравнению с контролем. Снижение себестоимости комбикормов опытных групп за счет введения более дешевого компонента – концентрата рапсового белка, привело к получению дополнительной прибыли от реализации рыбы и повышению рентабельности ее выращивания.

Полученные данные исследования позволяют использовать концентрат рапсового белка как альтернативный источник растительного белка в корме при выращивании радужной форели в условиях индустриального рыбоводства.

Ключевые слова: растительный белок, концентрат рапсового белка, радужная форель, кормление форели, товарное рыбоводство, аквакультура.

Цитирование. Анподист А. В., Поддубная И. В., Зименс Ю. Н. Эффективность использования концентрата рапсового белка в кормлении радужной форели. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 340-348. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-35.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Традиционно в комбикормах для рыб основным источником белка животного происхождения является рыбная мука. Среди растительных источников белка чаще всего используется соевый шрот. В последние годы растущая стоимость рыбной муки, в связи со снижающейся доступностью на рынке и иногда довольно низким качеством продукта, стимулирует поиск и исследование новых альтернативных источников белка [1]. Если животному источнику белка достаточно сложно найти достойную замену, ввиду разнообразия в его составе незаменимых аминокислот, то для растительного белка список альтернатив достаточно широк [2-8].

Альтернативный источник белка должен удовлетворять следующим требованиям: доступность, конкурентоспособная коммерческая стоимость, а также простота транспортировки и хранения. Кроме того, с учетом аспектов питания ценных видов рыб, а именно радужной форели, альтернативный источник белка должен иметь низкое количество клетчатки – не более 6%, углеводов, включая крахмал, не более 20%, высокий уровень усвояемого белка, а также соответствующий профиль аминокислот и подходящую вкусовую привлекательность [9].

Среди альтернативных источников растительного белка бобовые являются наиболее подходящими ингредиентами, богатыми белком, для применения в аквакормах [9, 10]. Однако бобовые имеют ряд недостатков, таких как широкий диапазон содержания белка,

дисбаланс серосодержащих аминокислот, низкая биодоступность некоторых минералов или микроэлементов, поскольку они связаны с фитиновой кислотой, что, следовательно, создает некоторые проблемы при их использовании в рецептурах аквакормов [2-9]. Тем не менее, обработанные производные белка бобовых, такие как концентрат соевого белка, концентрат рапса, концентрат белого люпина, изолят соевого белка или изолят горохового белка, содержат высокий уровень белка (45-90%) и имеют низкие концентрации антипитательных веществ [9, 11].

Концентрат рапсового белка, как и другие протеиновые концентраты, являются продуктами спиртовой экстракции бобовых, злаковых и других растительных культур, в частности шротов, в ходе которой из них удаляются антипитательные вещества [10, 12].

Целью нашего исследования является проведение оценки эффективности использования в кормлении радужной форели концентрата рапсового белка путем замены части более дорогого компонента в составе комбикорма – соевого шрота.

Материалы и методы. Объектом исследования является радужная форель, в кормлении которой используется альтернативный растительный белок – концентрат рапсового белка (рисунок 1). Форель является одним из наиболее традиционных и распространенных объектов аквакультуры во всем мире. Внимание к радужной форели привлекает то, что она обладает широкой адаптационной способностью, высокой пищевой активностью и скоростью роста, а также вкусовыми достоинствами. Радужная форель – рыба холодных и чистых водоемов (Аринжанов А. Е., 2017).

Исследования проводились на базе кафедры «Генетика, разведение, кормление животных и аквакультура», на базе комбикормового предприятия ООО «Прометрика» и РСО Осетия-Алания г. Ардон, Рыбозаводное предприятие «IRON FISH». Исследование проводилось на протяжении 6 месяцев.



Рисунок 1 – Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*)
Figure 1 – Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)

Для исследования отобрали молодь форели средней массой 250 г и разместили ее в 3 группы, где контрольная группа получала основной рацион корма для лососевых рыб серии «Рост», первая опытная группа вместе с основным рационом получала концентрат рапсового белка в количестве 4%, вторая опытная группа также получала основной рацион корма с концентратом рапсового белка в количестве 6% (таблица 1).

Таблица 1 – Схема исследования
Table 1 – Study scheme

Группа / Group	Период опыта, кол-во дней / Period of experience, number of days	Тип кормления / Feeding Type
Контрольная / Control	190	Полнорационный комбикорм (Основной Рацион) / Complete feed (basic diet)
1-опытная / 1-Test	190	ОР с 9% соевого шрота и 4% концентрат рапсового белка / BD with 9% soybean meal and 4% rapeseed protein concentrate
2-опытная / 2-Test	190	ОР с 7% соевого шрота и 6% концентрат рапсового белка / BD with 7% soybean meal and 6% rapeseed protein concentrate

Особь форели были размещены в бетонные чеки для выращивания. Каждый чек имел размеры: ширина 3,25 м и 30 м длина, глубина составила 1,5 м. В каждый чек было помещено в среднем по 4135 особей. Температура воды в период выращивания варьировала от 14 до 16 °С (рисунок 2).



Рисунок 2 – Место исследования. Выращивание радужной форели в бетонных чеках.

Figure 2 – Study location. Growing rainbow trout in concrete pits.

Для опытных групп радужной форели были разработаны комбикорма, где введен в состав корма концентрат рапсового белка в количестве 4% и 6% от общего количества шрота соевого согласно составу, изготовлен комбикорм на базе ООО «Прометрика», г. Саратов (таблица 2).

Таблица 2 – Состав комбикормов
Table 2 – Composition of the compound feeds

Показатель / Index	Контрольная группа / Control group	1-опытная группа / test group	2-опытная группа / test group
Зародыш пшеничный, % / Wheat germ, %	6,0	6,0	6,0
Мука пшеничная, % / Wheat flour, %	8,0	8,0	8,0
Соевая мука, % / Soybean flour, %	7,0	7,0	7,0
Шрот соевый, % / Soybean meal, %	13,0	9,0	7,0
Глютен кукурузный, % / Corn gluten, %	11,0	11,0	11,0
Рыбная мука, % / Fish meal, %	20,0	20,0	20,0
Мясная мука, % / Meat meal, %	10,0	10,0	10,0
Мясокостная мука, % / Meat and bone meal, %	4,0	4,0	4,0
Рыбий жир, % / Fish oil, %	17,0	17,0	17,0
Концентрат рапсового белка, % / Rapeseed protein concentrate, %	-	4,0	6,0
Премикс форелевый, % / Trout premix, %	1,0	1,0	1,0
Функциональные добавки, % / Functional additives, %	3,0	3,0	3,0

Химический состав комбикормов представлен в таблице 3

Таблица 3 – Химический состав комбикормов
Table 3 – Chemical composition of the compound feeds

Показатель / Index	Контрольная группа / Control group	1-опытная группа / test group	2-опытная группа / test group
Протеин, % / Protein, %	45,75	43,44	42,0
Жир, % / Fat, %	21,2	23,0	24,0
Клетчатка, % / Fiber, %	1,8	1,8	1,8
Зола, % / Ash, %	10,9	9,0	9,0

Кормление радужной форели в период исследования проводилось 4 раза в день. Суточную норму кормления определяли в зависимости от массы тела рыбы и температуры воды согласно общепринятой технологии выращивания. Суточную норму делили на частоту кормления и определяли разовую норму корма. Внесение кормов осуществляли вручную, при этом задавали его маленькими порциями и следили за поедаемостью. Кормовой коэффициент изменялся в пределах 1,05-1,25, в зависимости от температуры воды и массы рыбы.

В начале исследования нами была проведена сравнительная оценка химического состава концентрата рапсового белка и соевого шрота (таблица 4).

Таблица 4 – Химический состав концентрата рапсового белка и соевого шрота, %
Table 4 – Chemical composition of rapeseed protein concentrate and soybean meal, %

Показатель / Index	Концентрат рапсового белка / Rapeseed protein concentrate	Соевый шрот / Soybean meal
Влага / Moisture	7,3	8,6
Сырой протеин / Crude Protein	44,63	49,80
Сырой жир / Crude Fat	14,10	1,20
Сырая клетчатка / Crude fiber	6,00	3,46

Так, концентрат рапсового белка превосходит соевый шрот по доле сырого жира, дополнительного источника энергии в корме, почти на 13%, но уступает по количеству сырого протеина на 5,17%, а количество сырой клетчатки, напротив, выше почти в 2 раза. В целом количество протеина в составе концентрата рапсового белка и соевого шрота было примерно на одном уровне, что и позволило в исследовании заменить часть соевого шрота на концентрат рапсового белка в комбикорме для радужной форели, как близкого по составу компонента корма.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования нами были проведены физико-химические исследования воды, где выращивалась радужная форель. Анализ воды соответствовал нормам, необходимым для выращивания радужной форели, и не имел значительных отличий от установленных стандартов качества воды. Так, кислород составил 10,0 мг/л, РН на уровне 7,0, температура была в пределах 14-16 °С (таблица 5).

Таблица 5 – Физико-химический анализ воды
Table 5 – Physic and chemical analysis of water

Показатель / Index	Значение / Meaning
Температура, °С / Temperature, °С	14,0-16,0
рН	7,0
Кислород, мг/л / Oxygen, mg/l	10,0
Углекислота, мг/л / Carbon dioxide, mg/l	8,0
Солевой аммиак, мг/л / Salt ammonia, mg/l	0,1
Нитриты, мг/л / Nitrites, mg/l	0,2
Нитраты, мг/л / Nitrates, mg/l	0,5
Общее железо, мг/л / Total iron, mg/l	0,7
Хлориды, мг/л / Chlorides, mg/l	2,0
Сульфаты, мг/л / Sulfates, mg/l	3,0
Щелочность, мг/л / Alkalinity, mg/l	1,5

В период выполнения опыта велся количественный учет рыбы и в конце опыта определялась сохранность рыбы; определялась динамика массы рыбы, для чего 1 раз в 10 дней проводилось взвешивание рыбы группами по 10 особей из каждого чека по 5 раз, а затем проводился расчет средней массы рыбы и общей массы рыбы в чеке.

Также в конце исследования по затратам корма был проведен расчет общего количества скормленного корма и рассчитаны затраты корма на 1 кг прироста массы рыбы. Данные исследования приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Рыбоводно-биологические показатели выращивания радужной форели

Table 6 – Fishery and biological indicators of rainbow trout farming

Показатель / Index	Контрольная группа / Control group	1-опытная группа / 1-test group	2-опытная группа / 2-test group
Ихтиомасса в начале опыта, кг / Fish weight at the beginning of the experiment, kg	1055,7	1032,5	1007,7
Ихтиомасса в конце опыта, кг / Fish weight at the end of the experiment, kg	7196,0	7307,6	7857,7
Валовый прирост ихтиомассы, кг / Gross fish weight gain, kg	6140,3	6275,0	6850,0
Масса начальная 1 особи, г / Initial weight of 1 individual, g	255,0±3,79	250,3±2,90	244,0±3,46
Масса конечная 1 особи, г / Final weight of 1 individual, g	1750,0±2,6	1778,0±4,04**	1910,0±4,4***
Абсолютный прирост 1 особи, г / Absolute growth of 1 individual, g	1495,0	1528,0	1666,0
Среднесуточный прирост 1 особи, г / Average daily gain of 1 individual, g	7,5	7,4	8,3
Затраты корма на 1 кг прироста массы рыбы, кг / Feed consumption per 1 kg of fish weight gain, kg	1,41	1,33	1,31
Затраты протеина на 1 кг прироста массы рыбы, кг / Protein consumption per 1 kg of fish weight gain, kg	0,65	0,58	0,55
Сохранность, % / Preservation, %	99,3	99,5	99,6

P≥0,99, *P≥0,999.

Анализируя данные таблицы 6, можно отметить, что при выращивании радужной форели до товарной массы в бетонных чеках за 190 дней наилучший абсолютный прирост был отмечен во 2-й опытной группе и составил 1666 г за опыт, что выше аналогичного показателя в контрольной группе на 11,4%. В целом во всех группах выживаемости рыб была высокой, которая составила чуть более 99%. Наиболее высокий среднесуточный прирост радужной форели – 8,3 г, наблюдался у особей 2-й опытной группы.

Затраты корма на 1 кг прироста массы рыбы имели наименьшее значение во 2-й опытной группе и составили 1,31 кг, в то же время и в 1-й опытной группе результат в сравнении с контрольной группой также имел хороший результат – 1,33 кг затрат на 1 кг прироста массы рыбы. Такой положительный эффект связан с тем, что в опытных группах рыб, получавших дополнительное количество жира за счет включения в состав корма концентрата рапсового белка, ведёт к повышению его калорийности, снижению расхода белка на энергетические цели, что приводит в конечном итоге к увеличению интенсивности роста рыб и снижению кормовых затрат и затрат протеина на 1 кг прироста массы рыбы.

Динамика массы рыбы, представленная на рисунке 3, позволяет наиболее полно отразить положительное влияние внесения в состав корма концентрата рапсового белка. Так, 2-я опытная группа рыб, получавшая 6% концентрата рапсового белка, опережает в росте контрольную группу с середины опыта и планомерно увеличивает свое превосходство вплоть до конца исследования.

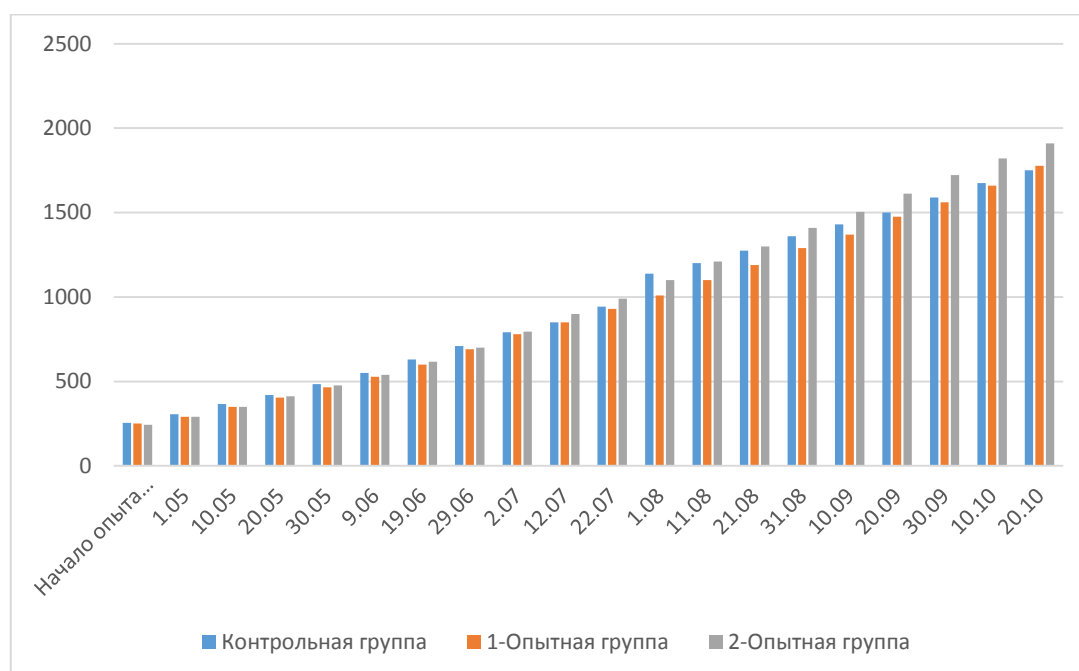


Рисунок 3 – Динамика массы радужной форели при выращивании в промышленных условиях, г
 Figure 3 – Dynamics of rainbow trout weight during farming in industrial conditions, g

Таблица 7 – Экономическая эффективность выращивания радужной форели
 Table 7 – Economic efficiency of rainbow trout farming

Показатель / Index	Группа / Group		
	Контрольная / Control	1-опытная / 1-test group	2-опытная / 2-test group
Ихтиомасса в начале опыта, кг / Fish weight at the beginning of the experiment, kg	1055,70	1032,50	1007,70
Ихтиомасса в конце опыта, кг / Fish weight at the end of the experiment, kg	7196,00	7307,60	7857,70
Прирост, кг / Growth, kg	6140,30	6275,10	6850,00
Стоимость 1 кг посадочного материала, тыс. руб. / Cost of 1 kg of planting material, thousand rubles	850,00	850,00	850,00
Стоимость 1 кг комбикорма, руб. / Cost of 1 kg of compound feed, rubles	350,00	349,52	349,28
Скормлено комбикорма на группу, кг / Feed per group, kg	8664,70	8358,20	8957,40
Затраты кормов на 1 кг прироста, кг / Feed costs per 1 kg of gain, kg	1,41	1,33	1,31
Реализационная цена 1 кг рыбы, руб. / Selling price of 1 kg of fish, rubles	870,00	870,00	870,00
Выручка от реализации рыбы, тыс. руб. / Revenue from fish sales, thousand rubles	5 342 061,00	5 459 337,00	5 959 500,00
Себестоимость 1 кг рыбы, руб. / Cost of 1 kg of fish, rubles	546,14	519,87	507,17
Прибыль от реализации рыбы, млн. руб. / Profit from fish sales, million rubles	1,412	1,660	1,974
Прибыль от реализации 1 кг рыбы, руб. / Profit from the sale of 1 kg of fish, rubles	323,86	350,13	362,83
Дополнительно полученная прибыль от реализации, тыс. руб. / Additional profit from sales, thousand rubles	-	248 282,94	562 243,33
Рентабельность, % / Profitability, %	35,93	43,71	49,54

Расчет экономических показателей по использованию концентрата рапсового белка в качестве альтернативного растительного белка при выращивании радужной форели в промышленных условиях показал высокую его эффективность (таблица 7). Так, стоимость корма в опытных группах рыб была ниже в сравнении с контролем, ввиду низкой стоимости концентрата рапсового белка, и составила за 1 кг 349,52 руб. и 349,28 руб. в 1-й опытной и 2-й опытной группах соответственно. За счет снижения стоимости кормов в опытных группах рыб снизилась и себестоимость 1 кг выращенной рыбы, в 1-й опытной группе на 4,82% и на 7,13% во 2-й опытной группе в сравнении с контрольной группой, соответственно.

На основании полученных данных показатели уровня прибыли и рентабельности возросли в опытных вариантах групп. Уровень рентабельности в опытных группах превысил контрольные цифры на 7,78% и 13,61%, соответственно.

Заключение. Результаты проведенных исследований позволяют сделать вывод о положительном влиянии частичной замены соевого шрота концентратом рапсового белка в кормлении радужной форели. Концентрат рапсового белка превосходит соевый шрот по доле жира, выполняющего роль источника энергии в корме, почти на 13 %. Увеличение жира в рационе ведет к белоксберегающему действию, так как освобождает белок, используемый на рост рыб, от энергетических затрат. Энергетическое превосходство кормов опытных групп рыб, позволило добиться лучших результатов в приросте рыб, выживаемости рыб, затратах кормов на выращивание 1 кг массы рыбы в сравнении с контролем. Сниженная стоимость кормов опытных групп за счет более дешевого по стоимости компонента корма-концентрата рапсового белка позволила повысить рентабельность выращивания рыбы, а также получить дополнительную прибыль от реализации рыбы.

Полученные данные исследования позволяют использовать концентрат рапсового белка как альтернативный источник растительного белка в корме при выращивании радужной форели в условиях промышленного рыбоводства.

Conclusions. The results of the conducted studies allow us to conclude that partial replacement of soybean meal with rapeseed protein concentrate has a positive effect in feeding rainbow trout. Rapeseed protein concentrate exceeds soybean meal in fat content by almost 13%, and fat is known to be an additional source of energy in feed. Increasing fat in the diet is of interest due to its protein-saving effect, as it leads to protein savings for fish growth. The energy superiority of feed in the experimental fish groups allowed us to achieve better results in fish growth, fish survival, and feed costs for growing 1 kg of fish weight, compared to the control. Reduced feed cost in the experimental groups due to the introduction of a low-cost feed component - rapeseed protein concentrate - allowed us to increase the profitability of fish farming, as well as to receive additional profit from fish sales. The obtained research data allow the use of rapeseed protein concentrate as an alternative source of vegetable protein in feed when growing rainbow trout in industrial fish farming conditions.

Библиографический список

1. Hodar A. R., Vasava R. J., Mahavadiya D. R., Joshi N. H. Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: A review. *Journal of Experimental Zoology India*. 2020. No 23 (1). Pp. 13-21.
2. Yue K., Shen Y. An overview of disruptive technologies for aquaculture. *Aquaculture and Fisheries*. 2022. No 7 (2). Pp. 111-120.
3. Zulhisyam A. K., et al. A replacement of plant protein sources as an alternative of fishmeal ingredient for African catfish, *Clarias gariepinus*: A review. *J. Trop. Resour. Sustain. Sci*. 2020. No 8. Pp. 47-59.
4. Abidemi Adekoya, et al. Replacing fishmeal with alternative protein sources in common carp's feed. 2018. V. 22. No 2. Pp. 18-24.
5. Гайваронская С. Соевый концентрат – превосходный источник белка в кормах для объектов аквакультуры. *Комбикорма*. 2019. № 3. С. 36-38.
6. Пахомов В. И., Хлыстунов В. Ф., Брагинцев С. В., Бахчевников О. Н. Состояние и перспективы использования растительного сырья в кормах для аквакультуры (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022. № 23 (3). С. 281-294.
7. Ранделин Д. А., Сложенкина М. И., Эльебьяри Мохсен А. М. Я., Воронцова Е. С., Батракова Ю. М. Рыбоводно-биологическая характеристика сибирского осетра при выращивании на основе комбикормов с белковым концентратом из белого люпина. *Известия НВ АУК*. 2021. № 3 (63). С. 218-226.
8. Ostrowska A., Kozłowska M., Rachwał D., Wnukowski P., Nebesny E., Rosicka-Kaczmarek J. Rapeseed protein-fiber concentrate: chemical composition and functional properties. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 2018. V. 25. No 4 (117). Pp. 86-99.
9. Hekmatpour F., Mozanzadeh M. T. Legumes, Sustainable Alternative Protein Sources for Aquafeeds. *Legumes Research*. 2021. V. 2. Pp. 1-23.
10. Hekmatpour F., Mozanzadeh M. T. Legumes, Sustainable Alternative Protein Sources for Aquafeeds. *Legumes*. London: IntechOpen, 2021.
11. Jia S., Li X., He W., Wu G. Protein-sourced feedstuffs for aquatic animals in nutrition research and aquaculture. *Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism. Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2022. V. 1354. Pp. 237-261.
12. Li P., Wu G. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets. *Amino Acids*. 2020. No 52. Pp. 523-542.

References

1. Hodar A. R., Vasava R. J., Mahavadiya D. R., Joshi N. H. Fish meal and fish oil replacement for aqua feed formulation by using alternative sources: A review. *Journal of Experimental Zoology India*. 2020. No 23 (1). Pp. 13-21.
2. Yue K., Shen Y. An overview of disruptive technologies for aquaculture. *Aquaculture and Fisheries*. 2022. No 7 (2). Pp. 111-120.
3. Zulhisyam A. K., et al. A replacement of plant protein sources as an alternative of fishmeal ingredient for African catfish, *Clarias gariepinus*: A review. *J. Trop. Resour. Sustain. Sci*. 2020. No 8. Pp. 47-59.
4. Abidemi Adekoya, et al. Replacing fishmeal with alternative protein sources in common carp's feed. 2018. V. 22. No 2. Pp. 18-24.
5. Gaivaronskaya S. Soybean concentrate is an excellent source of protein in feed for aquaculture facilities. *Feed*. 2019. № 3. Pp. 36-38.
6. Pakhomov V. I., Khlystunov V. F., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N. Status and prospects for the use of plant raw materials in aquaculture feeds (review). *Agrarian Science of the Euro-North-East*. 2022. № 23 (3). Pp. 281-294.
7. Randelin D. A., Slozhenkina M. I., Elyebyari Mohsen A. M. Y., Vorontsova E. S., Batrakova Y. M. Fish-breeding and biological characteristics of Siberian sturgeon in rearing on the basis of mixed feeds with protein concentrate from white lupine. *Proceedings NV AUK*. 2021. № 3 (63). Pp. 218-226.
8. Ostrowska A., Kozłowska M., Rachwał D., Wnukowski P., Nebesny E., Rosicka-Kaczmarek J. Rapeseed protein-fiber concentrate: chemical composition and functional properties. *ŻYWNOSĆ. Nauka. Technologia. Jakość*. 2018. V. 25. No 4 (117). Pp. 86-99.
9. Hekmatpour F., TMOzanzadeh M. T. Legumes, Sustainable Alternative Protein Sources for Aquafeeds. *Legumes Research*. 2021. V. 2. Pp. 1-23.
10. Hekmatpour F., Mozanzadeh M. T. Legumes, Sustainable Alternative Protein Sources for Aquafeeds. *Legumes*. London: IntechOpen, 2021.
11. Jia S., Li X., He W., Wu G. Protein-sourced feedstuffs for aquatic animals in nutrition research and aquaculture. *Recent Advances in Animal Nutrition and Metabolism. Advances in Experimental Medicine and Biology*. 2022. V. 1354. Pp. 237-261.
12. Li P., Wu G. Composition of amino acids and related nitrogenous nutrients in feedstuffs for animal diets. *Amino Acids*. 2020. No 52. Pp. 523-542.

Информация об авторах

Анподист Анна Владимировна, аспирант, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), e-mail: prometricafish@yandex.ru

Поддубная Ирина Васильевна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), e-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

Зименс Юлия Николаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н. И. Вавилова» (Российская Федерация, 410012, г. Саратов, проспект им. Петра Столыпина, 4/3), e-mail: usya-21@mail.ru

Author's Information

Anpodist Anna Vladimirovna, postgraduate student, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., 4/3), e-mail: prometricafish@yandex.ru

Poddubnaya Irina Vasilievna, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., 4/3), e-mail: poddubnayaiv@yandex.ru

Zimens Yulia Nikolaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Saratov State University of Genetics, Biotechnology and Engineering named after N. I. Vavilov (Russian Federation, 410012, Saratov, Pyotr Stolypin Ave., 4/3), e-mail: usya-21@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-36

THE EFFICIENCY OF USING "ULTRA" PREMIX WHEN FEEDING DAIRY COWS

¹Skrypka S. N., ¹Shvetsov N. N., ²Chekhranova S. V., ²Nikolaev S. I., ²Vorontsova E. S.,
³Ivanov A. V.

¹Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin
Belgorod, Russian Federation

²Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

³Director of LLC AgroVitEx
Mytishchi, Moscow Region, Russian Federation

Corresponding author E-mail: schekhranova@mail.ru

Received 26.11.2024

Submitted 29.01.2025

The study was conducted within the framework of the agreement dated 14.05.2018 no. D/A-2429-18 on the topic: "The effect of using a granular mineral and vitamin complex in cattle diets"

Abstract

Introduction. To ensure high dairy productivity of cows, it is necessary to fulfill a number of requirements that contribute to maintaining high yields for a long time. Of course, a large role in this issue is assigned to properly formulated rations for all the necessary nutrients that help increase animal productivity. We as-

sume the effective introduction of BAS for cows during the new season and the breeding season. It is established that this period accounts for 40-45% or more of the milk produced during the entire lactation. In this situation, it is very important to make a complete feed mixture for dairy cows and apply an effective feed additive. This will make it possible to obtain high milk yields from cows and keep them at a high level for a long time. We chose the "ULTRA" premix as such a feed additive. It belongs to the vitamin and mineral complex. It includes significant components probiotic, prebiotic and phytobiotic. If it is introduced into the applied diet of dairy cows, then a situation of increased milk yields may arise and animal feeding will be optimized. Therefore, the proposed "ULTRA" premix was chosen by us for study on dairy cows in the breeding season, and this topic is relevant. **The object of the study.** The object of the research was selected red-and-white dairy cows. **Materials and methods.** The experiment was conducted in the conditions of JSC Dolzhanskoe, Veidelevsky district, Belgorod region. The selected 48 animals were divided into groups of 12 animals using the method of pairs of animal analogues. The control group was group 1, which was not fed the premix under study. The difference in feeding the other groups was the introduction of the "ULTRA" premix in different dosages, as one of the research objectives was to determine the optimal feeding dose. So, 1, 2 and 3 experimental groups were given premix in the following amounts – 7, 15 and 23 g / head / day, respectively. **Results and conclusions.** The introduction of the "ULTRA" premix into the composition of the feed mixture for cows contributed to better feed digestibility, which had a positive effect on milk production and its quality characteristics. Milk yield increased by 1.45-5.82%, fat in milk – by 0.02-0.07%, protein – by 0.02-0.04%. At the same time, the optimal dose of this supplement was established, which was 15 g/head/day of premix.

Keywords: recipes for feed mixtures, rations of dairy cows, feed mixture intake, milk productivity of cows, profitability of dairy production.

Citation. Skrypka S. N., Shvetsov N. N., Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Ivanov A. V. The efficiency of using "Ultra" premix when feeding dairy cows. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 348-355 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-36.

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

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕМИКСА «ULTRA» ПРИ КОРМЛЕНИИ ДОЙНЫХ КОРОВ

¹Скрыпка С. Н., аспирант

¹Швецов Н. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Чехранова С. В., доктор сельскохозяйственных наук, доцент

²Николаев С. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Воронцова Е. С., кандидат биологических наук

³Иванов А. В., директор по развитию

¹ФГБОУ ВО Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина
г. Белгород, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

³ООО АгроВитЭкс
г. Мытищи, Московская область, Российская Федерация

**Исследование проведено в рамках договора от 14.05.2018. № Д/А-2429-18
по теме: "Влияние использования гранулированного минерально-витаминного
комплекса в рационах крупного рогатого скота"**

Актуальность. Для обеспечения высокой молочной продуктивности коров необходимо выполнить ряд требований, способствующих удержанию высоких удоев продолжительное время. Конечно, большая роль в этом вопросе отводится правильно составленным рационам по всем необходимым питательным веществам, которые способствуют повышению продуктивности животных. Мы предполагаем эффективный ввод БАВ для коров в новотельный период и период раздоя. Установлено, что на этот период приходится 40-45% и более молока, полученного за всю лактацию. При таком положении очень важно составить полнорационную кормосмесь для дойных коров и применить эффективную кормовую добавку. Это в комплексе позволит получать высокие удои от коров и удерживать их продолжительное время на высоком уровне. В качестве такой кормовой добавки мы выбрали премикс «ULTRA». Он относится к витаминно-минеральному комплексу. В него входят значимые компоненты пробиотик, пребиотик и фитобиотик. Если его вводить в применяемый рацион дой-

ных коров, то может возникнуть ситуация увеличения удоев и кормление животных будет оптимизировано. Поэтому предлагаемый премикс «ULTRA» выбран нами для изучения на дойных коровах, находящихся в периоде раздоя и тема эта является актуальной. **Объект исследования.** Объектом исследований были выбраны дойные коровы красно-пестрой породы. **Материалы и методы.** Эксперимент проводили в условиях АО «Должанское» Вейделевского района Белгородской области. Отобранных 48 по методу групп-аналогов животных разделили в группы по 12 голов. Группой контроля являлась 1 группа, которой изучаемый премикс не скармливали. Отличие в кормлении остальных групп состояло во введении премикса «ULTRA» в различных дозировках, так как одной из задач исследований было определить оптимальную дозу скармливания. Так, 1, 2 и 3 опытных групп вводили премикс в следующих количествах – 7, 15 и 23 г/гол./сут. соответственно. **Результаты и выводы.** Введение в состав кормосмеси для коров премикса «ULTRA» способствовало лучшей поедаемости кормов, что положительно отразилось на получении молока и его качественных характеристиках. Отмечено увеличение удоя на 1,45-5,82%, жира в молоке – на 0,02-0,07%, белка – на 0,02-0,04%. При этом была установлена оптимальная доза введения данной добавки, которая составила 15 г/гол./сут. премикса.

Ключевые слова: рецепты кормосмесей, рационы дойных коров, поедаемость кормосмесей, молочная продуктивность коров, рентабельность молочного производства.

Цитирование. Скрыпка С. Н., Швецов Н. Н., Чехранова С. В., Николаев С. И., Воронцова Е. С., Иванов А. В. Эффективность использования премикса «ULTRA» при кормлении дойных коров. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 348-355. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-36.

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. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. За последние годы в скотоводстве произошли некоторые изменения в технологии кормления скота. Все чаще стали применять в кормлении дойного стада различные полнорационные кормосмеси, взамен раздельного скармливания кормов. И молочная продуктивность коров заметно возросла и тем самым возникла необходимость применения различных кормовых добавок, премиксов других БАВ для поддержания суточных удоев животных на высоком уровне [1, 3, 4, 5].

Улучшение кормления включает в себя не только обеспечение крупного рогатого скота качественными традиционными сочными и грубыми кормами, но и введение в их рационы дополнительных источников минералов, витаминов, некоторых других биологически активных веществ [7, 8, 9, 10].

В настоящее время на рынке представлен большой выбор источников минералов, витаминов и других балансирующих и биологически активных добавок [13, 14, 15, 16].

В отдельных исследованиях показаны преимущества использования кормовых добавок в кормлении дойных коров. Например, применение кормовой добавки «АнтиКлос» в составе основного рациона в количестве 50 г/гол./сут. способствует повышению среднесуточных удоев на 9,0% при условии скармливания данной добавки сразу после отёла и в течение периода раздоя. Уникальным достоинством указанной добавки являлась способность положительного влияния на микрофлору рубца (исчезали условно-патогенные и патогенные формы *Streptococcus caprae*, *S. didelphis*, *Mycoplasma conjunctivae*) [2].

Еще одним примером может служить другая кормовая добавка, сертифицированная как лиофилизированная кормовая добавка «Бонака-АПК», которая была испытана на коровах во вторую половину лактации. Ее использование привело к повышению удоев на 24,63% и изменению качественного состава молока [6].

Ряд исследований свидетельствуют о положительных результатах использования различных кормовых добавок, в том числе премиксов, их влиянии на развитие сельскохозяйственных животных. Применение биологически активных компонентов в кормлении животных является актуальным направлением с научной точки зрения и прикладного значения [11, 12].

Целью данной работы явилось изучение действия премикса «ULTRA» на фактическую поедаемость кормосмеси, количественные и качественные показатели молочной продуктивности, экономическую эффективность (прибыль и уровень рентабельности).

Материалы и методы. Для организации проведения опыта отобрали необходимое количество лактирующих коров красно-пестрой породы в период раздоя. Все животные находились в идентичных условиях содержания, получали принятый в хозяйстве основной

рацион (кормосмесь). Эксперимент проводили в условиях АО «Должанское» Вейделевского района Белгородской области. Отобранных 48 по методу групп-аналогов животных разделили в группы по 12 голов. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Схема опыта
Table 1 – Scheme of the experiment

Группа / Group	Количество животных, голов / Number of animals	Особенности кормления / Feeding features	Длительность главного периода опыта, сут. / Duration of the main period of the experiment, days
1	12	ОР (солома ячменная, сено злаковое, силос кукурузный, сенаж бобово-злаковый, жом свекловичный, свежий, патока свекловичная, комбикорм) в виде кормосмеси / Basic diet (barley straw, cereal hay, corn silage, legume-cereal haylage, beet pulp, fresh, beet molasses, mixed feed) in the form of a feed mixture	95
2	12	ОР + 7 г/гол./сут. премикса «ULTRA» / Basic diet + 7 g/head/day premix "ULTRA"	95
3	12	ОР + 15 г/гол./сут. премикса «ULTRA» / Basic diet + 15 g/head/day premix "ULTRA"	95
4	12	ОР + 23 г/гол./сут. премикса «ULTRA» / Basic diet + 23 g/head/day premix "ULTRA"	95

Группой контроля являлась 1 группа, которой изучаемый премикс не скармливали. Отличие в кормлении остальных групп состояло во введении премикса «ULTRA» в различных дозировках, так как одной из задач исследований было определить оптимальную дозу скармливания. Так, 1, 2 и 3 опытных групп вводили премикс в следующих количествах – 7, 15 и 23 г/гол./сут. соответственно.

В ходе опыта вели учет количества потребленной кормосмеси, надоенного молока и содержания в нем жира и белка, расчет затраченных кормов для получения 1 кг молока, а также оценивали экономические показатели.

Результаты и обсуждение. Премикс «ULTRA» представляет собой витаминно-минеральный комплекс. Он дополнительно обогащен пробиотиком, пребиотиком и фитобиотиком. Предназначен для оптимизации кормления сельскохозяйственных животных с целью повышения продуктивных показателей и иммунного и общего статуса, здоровья поголовья.

В его состав входит комплекс органических соединений микроэлементов, витаминов, активные живые дрожжи (*Saccharomyces cerevisiae*), пробиотик (*Bacillus subtilis*), фитобиотик, бета-каротин.

В опыте, который мы проводили в указанном хозяйстве, для кормления коров использовали полнорационную кормосмесь, состав которой представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Количество потребленной кормосмеси (кг/гол./сут.)
Table 2 – Amount of feed mixture consumed (kg/head/day)

Наименование корма / Name of food	Группа / Group			
	1	2	3	4
Солома ячменная / Barley straw	0,3	0,3	0,4	0,3
Сено злаковое / Cereal hay	4,3	4,5	4,7	4,6
Силос кукурузный / Corn silage	24,0	24,2	24,5	24,3
Сенаж бобово-злаковый / Legume-grass haylage	14,1	14,3	14,6	14,4
Жом свекловичный, свежий / Fresh beet pulp	25	25	25	25
Патока свекловичная / Beet molasses	1,5	1,5	1,5	1,5
Комбикорм / Fodder	7,0	7,0	7,0	7,0
Всего потреблено в сутки / Total consumed per day	76,2	76,8	77,7	77,1
Задано в сутки / Set per day	78,9	78,9	78,9	78,9

Заданный рацион подопытными животными поедался не полностью, поэтому вели учет несъеденных остатков. Поедаемость кормов определяли методом контрольных кормлений, которые проводили подекадно за двое смежных суток.

Если рассматривать поедаемость кормов в отдельности, то следует заметить, что солома ячменная имела небольшие остатки в опытных группах. А вот в третьей группе, в которой применяли оптимальную дозу премикса, солома поедалась полностью. Из общего количества задаваемого сена злакового также имелись остатки. Больше остатков сена было в контроле и во второй и четвертой группах. В третьей группе их было меньше, поскольку в ней применяли оптимальное количество премикса, которое способствовало лучшей поедаемости кормосмеси.

Силос кукурузный является основным объёмистым кормом, который коровам скармливают в больших количествах. В третьей группе животные потребляли его с меньшими остатками, если сравнивать с другими группами. Но поедаемость его по группам была разной и составила в первой, второй, третьей и четвертой группах – 96,0; 96,8; 98,0 и 97,2 кг/гол./сут. соответственно.

При разделении остатков по видам кормов, было обнаружено, что сенаж бобово-злаковый также поедался не полностью, больше всего остатков наблюдалось в контрольной группе.

Стоит отметить, что жом свекловичный свежий, патока свекловичная, комбикорм коровами всех групп поедались без остатков.

Таким образом, лучшая поедаемость кормов наблюдалась в третьей группе, где испытываемый премикс «ULTRA» вводили в дозе 15 г/гол./сут.

Суточные удои коров по группам были следующими: в первой группе 27,5±0,41 кг, во второй, третьей и четвертой группах соответственно 27,9±0,51; 29,1±0,47 и 28,8±0,73 кг. Математические расчеты достоверности показали, что она установлена только между первой и третьей группами ($p < 0,05$), где разница составила 5,82%.

Анализ содержания жира в молоке по группам показал, что данный показатель варьировал в диапазоне 4,18-4,25%, что говорит о том, что данный генетический фактор у данной породы находится на высоком уровне. А применение в различных дозировках премикса «ULTRA» способствовало некоторому повышению синтеза жира в молоке коров.

В молоке также определяли концентрацию белка, которая была в границах с 3,37% до 3,41%.

Скармливание изучаемой добавки способствовало повышению в молоке жира на 0,02-0,07%, а белка – на 0,02-0,04%.

При расчете затрат корма на производство 1 кг молока было выявлено, что с введением премикса в состав кормосмеси снижались затраты энергетических кормовых единиц на 0,02-0,03 ЭКЕ.

Следует также отметить хорошие зоогигиенические условия проведения опыта. После поедания кормосмеси животные в секции имели чистое ложе. Подстилкой служила солома. Поэтому они комфортно отдыхали в промежутках между кормлением и доением.

Заключительным этапом исследований служит экономическое обоснование, которое представлено в таблице 3.

Главный период опыта составил 95 дней. За этот период подопытными животными было потреблено разное количество кормосмеси. Оказалось, что во второй, третьей и четвертой группах кормосмесь потреблялась в большем количестве, чем в контроле. Скармливание премикса «ULTRA» видимо способствовало повышению вкусовых качеств, применяемой кормосмеси и потребление ее повышалось. В опытных группах потребление кормосмеси было больше на 0,59-1,43 ц, чем в контрольном варианте. Соответственно и стоимость потребленной кормосмеси была выше на 1,62-5,05 тыс. руб. Сюда же входила и стоимость потребленного премикса.

За главный период опыта молочная продуктивность коров, получавших премикс «ULTRA», возросла и соответственно увеличилась выручка от реализации молока. Наиболее высокой она была в третьей группе животных. Затраты средств, которые были рассчитаны на 1 голову по группам имели небольшие различия. Но оказалось, они были больше в опытных группах из-за применения премикса, который имеет определенную стоимость. Затраты были больше на 0,55-2,41 тыс. руб.

Таблица 3 – Экономическая эффективность использования премикса «ULTRA» для дойных коров
(на 1 голову)

Table 3 – Economic efficiency of using "ULTRA" premix for dairy cows (for 1 animal)

Показатели / Indicators	Группа / Group			
	1	2	3	4
Период кормления, сут. / Feeding period, days	95	95	95	95
Потреблено кормосмеси натуральной влажности, ц / Consumed feed mixture of natural moisture, centners	72,38	72,97	73,81	73,25
В том числе премикса «ULTRA», кг / Including premix "ULTRA", kg	-	0,665	1,425	2,185
Стоимость потребленной кормосмеси, тыс. руб. / Cost of consumed feed mixture, thousand rubles	18,74	20,36	22,25	23,79
В том числе премикса «ULTRA», руб. / Including premix "ULTRA", rubles	-	1463	3135	4807
В % к контролю / In % of control	100	108,6	118,7	126,9
Получено молока за период опыта, ц / Milk received during the experiment period, centners	26,12	26,51	27,64	27,36
Денежные средства от реализации молока, тыс. руб. / Cash from milk sales, thousand rubles	83,58	84,83	88,45	87,55
Затраты, тыс. руб.: на 1 голову / Costs, thousand rubles: for 1 animal	37,66	38,21	39,79	40,07
на 1 ц молока / per 1 cwt of milk	1,442	1,441	1,440	1,465
Прибыль, тыс. руб.: на 1 голову / Profit, thousand rubles: per 1 animal	45,92	46,62	48,66	47,48
на 1 ц молока / per 1 cwt of milk	1,758	1,759	1,760	1,735
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	21,9	22,0	22,3	18,5

Учет молока в опытных группах показал, что большее его количество было получено в группах, где коровам скармливали испытуемый премикс, в результате чего наибольшая прибыль была отмечена в третьей группе и составила 48,66 тыс. руб.

Наибольший уровень рентабельности отмечался в группах второй и третьей и был на уровне 22,0-22,3%. Однако в четвертой группе, где применяли повышенную дозу премикса, уровень рентабельности был ниже контроля на 3,4%. Это объясняется высокой стоимостью премикса и увеличенной дозой его скармливания.

Заключение. Таким образом, введение в состав кормосмеси для коров премикса «ULTRA» способствовало лучшей поедаемости кормов, что положительно отразилось на получении молока и его качественных характеристиках. Отмечено увеличение удоя на 1,45-5,82%, жира в молоке – на 0,02-0,07%, белка – на 0,02-0,04%. При этом была установлена оптимальная доза введения данной добавки, которая составила 15 г/гол./сут. премикса.

Conclusions. Thus, the introduction of the ULTRA premix into the feed mixture for cows contributed to better feed intake, which had a positive effect on milk production and its quality characteristics. There was an increase in milk yield by 1.45-5.82%, fat in milk – by 0.02-0.07%, protein – by 0.02-0.04%. At the same time, the optimal dose of this additive was established, which was 15 g/head/day premix.

Библиографический список

1. Акифьева Г. Е., Гизатулин Р. Ф., Жетписбаева Х. Ш. Влияние гумитона на пищеварение, рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2019. № 1. С. 30-37.
2. Иылдырым Е. А., Ильина Л. А., Филиппова В. А., Калиткина К. А., Дубровин А. В. Состав микрофлоры химуса пищеварительной системы и молочная продуктивность коров в период раздоя под влиянием комплексного биопрепарата. Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24 № 01. С. 46-58.
3. Машарова Н. С., Швецов Н. Н., Походня Г. С., Наумов М. М. Влияние БВМК "РумиМакс-Ц" на рост и рубцовое пищеварение телочек. Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2020. № 2 (16). С. 78-86.

4. Иванова И. Е., Волынкина М. Г., Ковалева О. В., Петрова Ю. А. Влияние минерального премикса в рационе высокопродуктивных коров на обменные процессы в период раздоя. Пермский аграрный вестник. 2018. № 2 (22). С. 129-134.
5. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Сложенкина М. И. и др. Влияние новых кормовых добавок на продуктивность коров красной степной породы. Аграрный вестник Урала. 2023. № 4 (233). С. 61-69.
6. Облогина Е. Ю., Забашта Н. Н., Головкин Е. Н., Синельщикова И. А., Лисовицкая Е. П. Результаты применения кормовой добавки пробиотического действия для повышения продуктивности дойных коров. Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 01. С. 98-107.
7. Чехранова С. В., Агапова О. Ю., Акмалиев Т. А., Ермолова Л. Ф. Влияние премиксов на молочную продуктивность коров. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2013. № 1 (29). С. 131-135.
8. Чехранова С. В., Николаев С. И., Ионов В. В., Куприянов С. Н. Влияние премиксов на рост и развитие молодняка крупного рогатого скота. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2022. № 3 (209). С. 47-51.
9. Гаркушин Е. В., Шубина Т. П. Влияние витаминов и минералов на состояние здоровья и продуктивность крупного рогатого скота. Вестник Донского государственного аграрного университета. 2021. № 1 (39.1). С. 38-41.
10. Тарасова К. Ю., Швецов Н. Н., Иевлев М. Ю., Иванов А. В. Молочная продуктивность коров при использовании в составе кормосмеси премикса «РумиМикс-3». Актуальные вопросы сельскохозяйственной биологии. 2023. № 2 (28). С. 127-130.
11. Николаев С. И., Волколупов Г. В., Чехранова С. В., Акмалиев Т. А. Премиксы на основе рыжикового жмыха в кормлении крупного рогатого скота. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 3 (39). С. 121-127.
12. Швецов Н. Н., Швецова М. Р., Походня Г. С. и др. Продуктивное действие рационов и регламентированного кормления в скотоводстве. Белгород: Белгородский государственный аграрный университет имени В. Я. Горина, 2022. 259 с.
13. Горлов И. Ф., Шахбазова О. П., Кобыляцкий П. С. и др. Совершенствование технологии выращивания молодняка крупного рогатого скота. Молочное и мясное скотоводство. 2014. № 4. С. 5-8.
14. Ahola J. K., Skow T. A., Hunt C. W., Hill R. A. 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. Professional Animal Scientist. 2011. Vol. 27. No 2. Pp. 109-115.
15. Carter J. N., Ludden P. A., Kerley M. S., Eilersieck M., Herring W. O., Berg E. Intramuscular Fat Deposition in Steers Is Accelerated at a Set Body Weight. Professional Animal Scientist. 2002. Vol. 18. No 2. Pp. 135-140.
16. Nikolaev S. I., Randelin A. V., Karapetyan A. K., et al. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Volgograd, 2022. P. 012026.

References

1. Akifieva G. E., Gizatulin R. F., Zhetpisbayeva H. S. Influence of humitane on digestion, growth and development of young cattle. Feeding farm animals and fodder production. 2019. № 1. Pp. 30-37.
2. Yildirim E. A., Ilyina L. A., Filippova V. A., Kalitkina K. A., Dubrovina A. V. The composition of the microflora of the chyme of the digestive system and the milk productivity of cows during the milking period under the influence of a complex biological product. Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. V. 24. No. 01. Pp. 46-58.
3. Masharova N. S., Shvetsov N. N., Pokhodnya G. S., Naumov M. Influence of BVMK "Rumax-C" on calf growth and scar digestion. Topical issues of agricultural biology. 2020. № 2 (16). Pp. 78-86.
4. Ivanova I. E., Volynkina M. G., Kovaleva O. V., Petrov Yu. A. The influence of the mineral premix in the diet of highly productive cows on metabolic processes during the strafe. Perm Agrarian Bulletin. 2018. № 2 (22). Pp. 129-134.
5. Gorlov I. F., Mosolova N. I., Skladenkina M. I., etc. Influence of new feed additives on productivity of red steppe cows. Agrarian Bulletin of the Urals. 2023. № 4 (233). Pp. 61-69.
6. Ologina E. Yu., Zabashta N. N., Golovko E. N., Sinelshchikova I. A., Lisovitskaya E. P. Results of using a probiotic feed additive to increase the productivity of dairy cows. Agrarian Bulletin of the Urals. 2024. V. 24. No 01. Pp. 98-107.
7. Chehranova S. V., Agapova O. Yu., Akmaliev T. A., Ermolova L. F. Influence of premixes on dairy productivity of cows. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2013. № 1 (29). Pp. 131-135.
8. Chehranova S. V., Nikolaev S. I., Ionov V. V., Kupriyanov S. N. The influence of premixes on the growth and development of young cattle. Bulletin of Altai State Agrarian University. 2022. № 3 (209). Pp. 47-51.
9. Garkushin E. V., Shubina T. P. Effects of vitamins and minerals on the health and productivity of cattle. Bulletin of the Don State Agrarian University. 2021. № 1 (39.1). Pp. 38-41.
10. Tarasova K. Yu., Shvetsov N. N., Ievlev M. Yu., Ivanov A. V. Milk productivity of cows when using the RumiMix-3 premix as part of a feed mixture. Topical issues of agricultural biology. 2023. № 2 (28). Pp. 127-130.
11. Nikolaev S. I., Volkolupov G. V., Chehranova S. V., Akmaliev T. A. Premixes based on red cake in feeding cattle. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 3 (39). Pp. 121-127.
12. Shvetsov N. N., Shvetsova M. R., Pokhodnya G. S., et al. Productive effect of diets and regulated feeding in cattle breeding. Belgorod: Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin, 2022. 259 p.
13. Gorlov I. F., Shakhbazova O. P., Kobylatsky P. S., et al. Improving the technology of raising young cattle. Dairy and meat cattle breeding. 2014. № 4. Pp. 5-8.

14. Ahola J. K., Skow T. A., Hunt C. W., Hill R. A. 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. *Professional Animal Scientist*. 2011. Vol. 27. № 2. Pp. 109-115.
15. Carter J. N., Ludden P. A., Kerley M. S., Ellersieck M., Herring W. O., Berg E. Intramuscular Fat Deposition in Steers Is Accelerated at a Set Body Weight. *Professional Animal Scientist*. 2002. Vol. 18. № 2. Pp. 135-140.
16. Nikolaev S. I., Randelin A. V., Karapetyan A. K., et al. The effect of mineral complexes on the growth intensity of young bulls for sustainable agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Volgograd, 2022. P. 012026.

Информация об авторах

Скрыпка Светлана Николаевна, аспирант, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, 24), e-mail: sveta.skrypka@yandex.ru

Швецов Николай Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ имени В. Я. Горина (Российская Федерация, 308503, Белгородская область, Белгородский район, пос. Майский, ул. Вавилова, 24), e-mail: vladimirk50@yandex.ru

Чехранова Светлана Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

Николаев Сергей Иванович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Воронцова Елена Сергеевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Иванов Андрей Викторович, директор по развитию, ООО АгроВитЭкс (Российская Федерация, 141009, Московская область, г. Мытищи, Олимпийский проспект, 10), e-mail: aiwanoff@yandex.ru

Author's Information

Skrypka Svetlana Nikolaevna, postgraduate student, Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maysky village, Vavilova str., 24), e-mail: sveta.skrypka@yandex.ru

Shvetsov Nikolai Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Belgorod State Agrarian University named after V. Ya. Gorin (Russian Federation, 308503, Belgorod region, Belgorod district, Maysky village, Vavilova St., 24), e-mail: vladimirk50@yandex.ru

Chehranova Svetlana Viktorovna, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: schekhranova@mail.ru

Nikolaev Sergey Ivanovich, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: nikolaevvolgau@yandex.ru

Vorontsova Elena Sergeevna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: esvoronts@mail.ru

Ivanov Andrey Viktorovich, Development Director, LLC AgroVitEx (Russian Federation, 141009, Moscow Region, Mytishchi, Olimpiysky Prospekt, 10), e-mail: aiwanoff@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-37

DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF HEAT SYNCHRONIZATION IN SOWS IN A HIGH-TECH COMPLEX

Yudina K. S., Kocharyan V. D.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: kristina.yudina.92@internet.ru

Received 28.12.2024

Submitted 15.02.2025

Abstract

Introduction. One of the key measures in the successful development of pig farms is the regulation of pig reproduction. This is of great importance for determining the volume and timing of pork production. Hormonal synchronization of sexual hunting is an important tool for reproduction management in pig farming, where most animals are obtained by artificial insemination. Synchronization of sexual hunting minimizes the problems associated with the detection of estrus. To check and determine the effectiveness of the estrus synchronization procedure based on the use of hormonal preparations in sows to stimulate the development of follicles and induce ovulation, we conducted a production experiment in the complex TopAgro LLC in the village of Samofalovka, Gorodishchensky district, Volgograd region. **Material and methods.** To determine the effectiveness of using different methods to synchronize sexual hunting in sows after farrowing, we created two experimental groups of sows, each containing 35 pieces. In the first experimental group, the method we developed for synchronizing sexual hunting in sows was used, the hormone program was started 21 days after farrowing, sows were injected with Uteraton intramuscularly at a dose of 5 ml to prevent postpartum latent endometritis and metritis. The next day, vitamin E-selenium was injected into the sows in a dose of 5 ml. Then, if the sows did not come hunting within 12 days after weaning, BUG-Estrophan was administered intramuscularly at a dose of 2 ml. After intramuscular administration of BAG-Estrophan, sows

that came to hunt were artificially inseminated by intrauterine method, and sows that showed no signs of ovulation after 9 days were injected intramuscularly in the morning with Follimag at a dose of 1000 IU. Then, after 3 days, sows with a motionless reflex were sampled, after which they were injected intramuscularly with Uteraton at a dose of 5 ml to increase fertilization and after 30 minutes they were artificially inseminated by intrauterine method, and after 24 hours the sows were re-inseminated. For artificial insemination of sows, semen containing at least 70% sperm was used. In the second experimental group, the hormonal preparations Follimag and Surfagon were used to synchronize sexual hunting. On day 35 after farrowing, the sows received Follimag once at a dose of 1000 IU intramuscularly, then three days later, the sows with an immobility reflex additionally received an injection of the drug Surfagon at the dose of 10 mcg and three hours later, intrauterinely. Results and conclusions. Following the determination of the effectiveness of various methods of synchronizing sexual hunting in sows after farrowing, it was found that the use of the sow synchronization scheme that we developed increased the fertilization percentage in the first experimental group by 11.4% compared to the second group. Thus, the program of synchronization of sexual hunting allows you to manipulate estrus and ovulation, and then also helps to carry out insemination on time, which greatly benefits pig farms by saving labor and producing large batches of evenly growing pigs.

Keywords: *pig breeding, synchronization of sexual heat, artificial insemination of pigs, fertilization of pigs, gestation.*

Citation. Yudina K. S., Kocharyan V. D. Determination of the efficiency of heat synchronization in sows in a high-tech complex. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 355-363 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-37.

Authors' contribution. The authors made a significant contribution to the conduct of the study and the analysis of the obtained data. They read the final version of the study and expressed their approval.

Conflict of interest. There are no conflicts of interest between the authors.

УДК 636.4.082.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОЛОВОЙ ОХОТЫ У СВИНОМАТОК В УСЛОВИЯХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Юдина К. С., аспирант

Кочарян В. Д., кандидат биологических наук, доцент

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время одной из главных задач эффективного развития свиноводческих хозяйств является контроль за процессом размножения свиней. Это имеет огромное значение для определения объема и сроков производства свинины. Гормональная синхронизация половой охоты является важным инструментом управления воспроизводством в свиноводстве, где большинство животных получают путем искусственного осеменения. Синхронизация половой охоты сводит к минимуму проблемы, связанные с обнаружением течки. С целью рассмотрения и определения эффективности процедуры синхронизации течки, основанной на использовании гормональных препаратов у свиноматок для стимуляции развития фолликулов и для индукции овуляции, нами был проведен производственный эксперимент на комплексе ООО «ТопАгро» в п. Самофаловка, Городищенского района, Волгоградской области. **Объект.** В эксперименте использованы взрослые свиноматки породы Ландрас F1, весом 200-250 кг. **Материалы и методы.** Для определения эффективности применения различных способов синхронизации половой охоты у свиноматок после опороса нами было сформировано 2 опытные группы свиноматок в количестве 35 голов в каждой. В первой опытной группе применяли разработанный нами способ синхронизации половой охоты у свиноматок, гормон программу начинали на 21 день после опороса, свиноматкам вводили Утератон внутримышечно в дозе 5 мл для профилактики послеродового скрытого эндометрита и метрита. На следующий день свиноматкам инъецировали витамин Е-селен в дозе 5 мл. Затем, если в течение 12 дней после отъема поросят свиноматки не приходили в охоту, внутримышечно применяли БАГ-Эстрофан в дозе 2 мл. После внутримышечного введения БАГ-Эстрофан свиноматок, пришедших в охоту искусственно осеменяли внутриматочным способом, а свиноматок, не проявивших признаков овуляции, через 9 дней инъецировали утром внутримышечно Фоллимаг в дозе 1000 МЕ. Затем через 3 дня проводили выборку свиноматок с рефлексом неподвижности, после чего им вводили внутримышечно Утератон в дозе 5 мл для повышения оплодотворяемости и через 30 минут искусственно осеменяли внутриматочным способом, а через 24 часа свиноматок повторно осеменяли. Для искусственного осеменения свиноматок использовали семя, в котором не менее 70% спермиев. Во второй опытной группе для синхронизации половой охоты применяли гормональные препараты Фоллимаг и Сурфагон. Свиноматкам на 35 день после опороса вводили Фоллимаг в дозе 1000 МЕ внутримы-

шечно однократно, затем через 3 дня проявившим рефлекс неподвижности свиноматкам дополнительно инъектировали препарат Сурфагон в дозе 10 мкг и через 3 часа их внутриматочным способом осеменяли. **Результаты и выводы.** В результате определения эффективности различных способов синхронизации половой охоты у свиноматок после опороса выявили, что применение разработанной нами схемы синхронизации свиноматок повысило процент оплодотворяемости в опытной первой группе на 11,4% по сравнению со второй группой.

Таким образом, программа синхронизации половой охоты позволяет манипулировать течкой и овуляцией, а затем также способствует проводить осеменение в установленные сроки, что приносит большую пользу свиноводческим фермам за счет экономии рабочей силы и производства больших партий равномерно растущих свиней.

Ключевые слова: свиноводство, синхронизация половой охоты, искусственное осеменение свиней, оплодотворение свиней, супоросность.

Цитирование. Юдина К. С., Кочарян В. Д. Определение эффективности синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 355-363. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-37.

Авторский вклад. Авторы внесли значительный вклад в проведение исследования и анализ полученных данных. Авторы ознакомились с окончательным вариантом исследования и выразили свое одобрение.

Конфликт интересов. Не существует противоречий между интересами авторов.

Введение. В настоящее время одним из главных требований высокотехнологичного развития свинокомплексов является регулирование процесса воспроизводства свиней, так как успешное внедрение свинок в производственные группы является важным компонентом общей продуктивности [2, 4]. Разведение и кормление в свиноводстве одна из главных проблем, решение которых складывается не только из создания оптимальных условий, но и зависит от биотехнических методов и приемов управления репродуктивными процессами [1, 3].

Оптимизация процессов, связанных с искусственным осеменением, имеет большое значение для успеха свиноводства. За последние два десятилетия были достигнуты высокие показатели воспроизводства, что ограничивает дальнейший значительный прогресс [6, 8]. Однако оптимизация программы искусственного осеменения необходима для устойчивого развития свиноводства. Цель исследований состоит не только в том, чтобы сократить количество сперматозоидов, используемых для осеменения одной самки в период охоты, но и в том, чтобы улучшить некоторые практические аспекты управления на свинофермах и в свиноводческих хозяйствах, чтобы преобразовать высокие показатели воспроизводства в более эффективную программу [7, 9].

Как известно, у свиноматок наблюдается широкий диапазон продолжительности течки, который также сопровождается диапазоном от 10 до 85 часов между началом течки и овуляцией. Учитывая жизнеспособность яйцеклеток (до 8 часов после овуляции) и продолжительность жизни сперматозоидов в матке (16-24 часа) [10].

Следовательно, для получения высокой оплодотворяемости обычно проводится тщательное определение стадии охоты и как минимум два искусственных осеменения с максимальным интервалом в 24 часа большим количеством сперматозоидов, пока свиноматки находятся в состоянии эструса. Определение стадии охоты и многократное осеменение отнимают много времени. Поэтому многие хозяйства заинтересованы в переходе на искусственное осеменение в заданное время, в идеале с использованием только одного осеменения. Контроль времени овуляции – единственный способ обеспечить оптимальный временной интервал между овуляцией и искусственным осеменением [9, 11]. Поэтому гормональная синхронизация течки – это стратегия управления, которая облегчает введение самок, пригодных для разведения, в группы осеменения [5].

В настоящее время у свиней наиболее распространённым является протокол для контроля овуляции, включающий использование комбинации эстрогена для стимуляции роста фолликулов, а затем хорионического гонадотропина человека (ХГЧ) для запуска овуляции. Однако обзор литературы выявил множество вариаций таких процедур, что позволяет предположить, что ни один из подходов не даёт стабильных оптимальных результатов [8, 10].

Поэтому важную роль в достижении экономической эффективности играет разработка, улучшение и изменение наиболее распространённых программ синхронизации овуляции у свиноматок, позволяющих сократить затраты труда и время.

Целью нашего исследования является разработка и апробация эффективной гормональной программы синхронизации половой охоты у свиноматок, позволяющей повысить процент оплодотворяемости.

Материалы и методы. Для достижения цели был проведен ряд производственных опытов на предприятии ООО «ТопАгро» п. Самофаловка, Городищенского района, Волгоградской области в 2022-2023 гг. Объектом исследования служили взрослые свиноматки породы Ландрас F1, весом 200-250 кг. Подопытные группы содержались при оптимальном температурном диапазоне 15-17 °С. Свиноматок после отъема поросят и до прихода их в охоту кормили 2 раза в день по рациону лактационного периода. После наступления охоты их рацион меняли.

Для определения эффективности применения различных способов синхронизации половой охоты у свиноматок после опороса нами было сформировано 2 опытные группы свиноматок в количестве 35 голов в каждой.

В первой опытной группе применяли разработанный нами способ синхронизации половой охоты у свиноматок, гормон программу начинали на 21 день после опороса, свиноматкам вводили Утеротон внутримышечно в дозе 5 мл для профилактики послеродового скрытого эндометрита и метрита. На следующий день свиноматкам инъектировали витамин Е-селен в дозе 5 мл. Затем, если в течение 12 дней после отъема поросят свиноматки не приходили в охоту, внутримышечно применяли БАГ-Эстрофан в дозе 2 мл.

После внутримышечного введения БАГ-Эстрофан свиноматок, пришедших в охоту, искусственно осеменяли внутриматочным способом, а свиноматок, не проявивших признаков овуляции, через 9 дней инъектировали в утренние часы внутримышечно Фоллимаг в дозе 1000 МЕ.

Затем через 3 дня проводили выборку свиноматок с рефлексом неподвижности, после чего им вводили внутримышечно Утеротон, в дозе 5 мл, для повышения оплодотворяемости и через 30 минут искусственно осеменяли внутриматочным способом, а через 24 часа свиноматок повторно осеменяли. Для искусственного осеменения свиноматок использовали семя, в котором не менее 70% жизнеспособных спермиев (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема синхронизации половой охоты у свиноматок
Figure 1 – The scheme of synchronization of sexual hunting in sows

Во второй опытной группе для синхронизации половой охоты применяли гормональные препараты Фоллимаг и Сурфагон. Свиноматкам на 35 день после опороса вводили Фоллимаг в дозе 1000 МЕ внутримышечно однократно, затем через 3 дня проявившим рефлекс неподвижности свиноматок дополнительно инъектировали препарат Сурфагон в дозе 10 мкг и через 3 часа их внутриматочным способ осеменяли.

Эффективность применения схем синхронизации половой охоты свиноматок проводили с помощью ультразвуковой диагностики. В качестве УЗИ-сканера использовали аппарат MS Schippers Multiscan.

Ультразвуковую диагностику супоросности проводили в станке, зафиксировав свиноматку в стоячем положении, ультразвуковой датчик прикладывали с правой стороны в окрестностях паха в период с 24-го по 35-й день после осеменения, так как объём жидкости в матке достигает максимума на ранних сроках беременности. В это время относительно легко различить жидкость в матке из-за большого её количества и ограниченного влияния эмбриона и плода. Высокоэхогенные ткани матки, окружающие большие полости с жидкостью в эмбрионах, выглядят ярко-белыми. Поскольку эмбриональные пузырьки с жидкостью после 24-го дня относительно велики (более 4,0 см в ширину), а между маткой и жидкостью наблюдается значительный контраст, обнаружение становится относительно быстрым и надёжным.

Результаты и обсуждение. Сравнительные результаты эффективности различных способов синхронизации половой охоты у свиноматок после опороса определили по количеству супоросных животных с помощью УЗИ. При ультразвуковом исследовании матки на 30-й день после осеменения наблюдали множественные структуры неправильной формы чёрного цвета – это заполненные жидкостью эмбриональные пузырьки, окружённые плотными высокоэхогенными тканями матки, которые выглядят ярко-белыми (рисунок 2). Если при УЗИ исследовании не визуализировали чёткие, множественные, заполненные жидкостью полости в матке то таких свиней считали холостыми. Также, визуализируя только один карман жидкости на 24-35-й день беременности, интерпретировали с осторожностью, поскольку такое изображение может быть связано с визуализацией мочевого пузыря, ложной беременностью, небольшим приплодом, прерывающейся беременностью, кистой яичника или инфекцией матки (рисунок 3)



Рисунок 2 – УЗИ снимки, полученные при трансабдоминальном ультразвуковом исследовании свиноматки на 30-й день беременности

Figure 2 – Ultrasound images obtained during transabdominal ultrasound examination of a sow on the 30th day of pregnancy



Рисунок 3 – УЗИ снимки, на которых полное отсутствие признаков беременности или низкие подозрения на беременность

Figure 3 – Ultrasound images showing complete absence of signs of pregnancy or low suspicion of pregnancy

В результате анализа количества супоросных свиноматок установили, что в первой опытной группе из 35 основных свиноматок супоросными стало 88,5%, а во второй опытной группе 77,1% (рисунок 4).

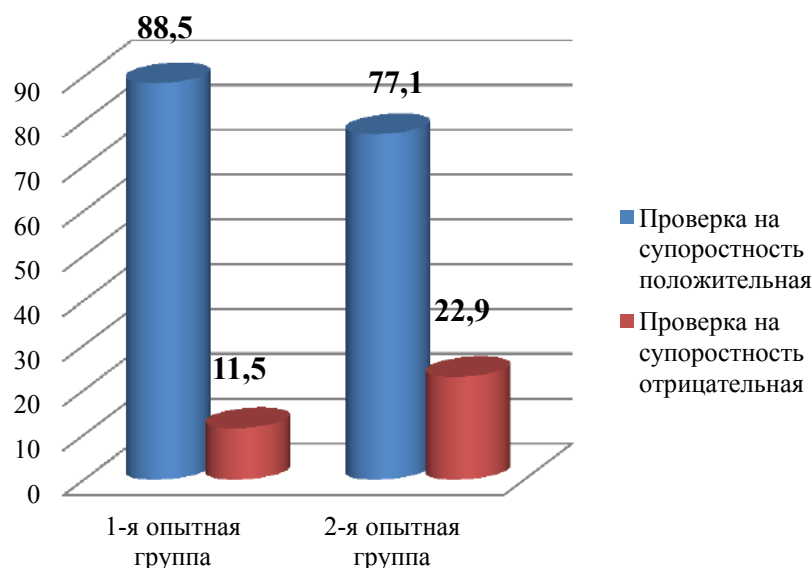


Рисунок 4 – Сравнительный анализ эффективности схем синхронизации у свиноматок после отъема
Figure 4 – Comparative analysis of the effectiveness of synchronization schemes in sows after weaning

Из данных графика видно, что процент супоросных свинок в первой опытной группе больше, чем во второй группе, на 11,4%. Это связано с тем, что в первой опытной группе в день отъема поросят применяли Утеротон для профилактики скрытого метрита и эндометрита. На следующий день применили Е-селен, который влияет на успешное развитие плода, предотвращение задержки роста и недостаточного привеса. Также для повышения оплодотворения применяли за 30 минут до осеменения Утеротон.

Таблица 1 – Воспроизводительные качества синхронизированных свиноматок
Table 1 – Reproductive qualities of synchronized sows

Показатели / Indicators	Опытные группы / Experimental groups	
	Первая / First	Вторая / Second
Количество синхронизированных свиноматок, гол. / Number of synchronized sows, pcs	35	35
Продолжительность супоросности, дней / Duration of gestation, days	113,8±0,15***	114,4±0,19***
Длительность опороса, ч. / Duration of farrowing, hours	1,9±0,21**	2,5±0,23**
Количество живых поросят на опорос, гол. / Number of live piglets per farrowing, pcs	12,1±0,3**	10,8±0,4**
Процент мертворожденных поросят, % / Percentage of stillborn piglets, %	1,9	2,2
Крупноплодность, кг / Large piglets, kg	1,34±0,24	1,31±0,21
Масса гнезда при рождении, кг / Piglet birth weight, kg	12,08±0,44*	10,65±0,34
Процент сохранности поросят, % / Percentage of piglet safety, %	94	91
Время от отъема поросят до половой охоты у свиноматок, суток / Time from weaning piglets to estrus in sows, days	5,4±0,28*	7,1±0,59 *
Живая масса поросенка при отъеме, кг / Piglet live weight at weaning, kg	7,3±0,15*	7,0±0,16*

Примечания: *(P<0,05), ** (P<0,01), *** (P<0,001).
Notes: *(P<0.05), ** (P<0.01), *** (P<0.001).

В результате исследования и анализа показателей воспроизводительных качеств свиноматок выявили, что наиболее продуктивными оказались матки, которым применялся разработанный нами «Способ синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса» (таблица 1). В этой группе наблюдали минимальную продолжительность супоросности $113,8 \pm 0,15$ дней, по сравнению со второй опытной группой, где продолжительность супоросности составляла $114,4 \pm 0,19$ дней ($P < 0,01$). В первой группе было получено поросят больше по сравнению со второй группой, в связи с этим масса гнезда при рождении была также достоверно выше и составила $11,8 \pm 0,44$ кг. Наивысшая сохранность поросят в гнезде составила 94% в первой группе, во второй группе – 91%. При этом мы наблюдаем в первой опытной группе при опоросе повышение количества живых поросят. Также в этой группе у свиноматок время от отъема поросят до проявления стадии возбуждения составило $5,4 \pm 0,28$ суток ($P < 0,05$).

Следует отметить, что поросята первой опытной группы лучше росли и развивались, живая масса поросенка при отъеме была выше, чем во второй опытной группе, на 0,3 кг.

Для более точного определения эффективности нашего разработанного «Способа синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса» (Патент на изобретение № 2814165) мы использовали разработанную нами схему синхронизации половой охоты на площадке С5-1 в течение года, а на площадке С4-7 определяли овуляцию у свиноматок с помощью визуальных признаков половой охоты и хрюка-пробника.

Таким образом, проведя сравнительный анализ производственных показателей на свиноматках ООО «ТопАгро» за 2023 год, получили следующие данные, которые приведены в (таблица 2).

Таблица 2 – Производственные показатели ООО «ТопАгро» за 2023 год
Table 2 – TopAgro LLC's production figures for 2023

Производственные показатели / Production indicators	Факт по площадкам за 12 мес. 2023 год / Fact on sites for 12 months. Year 2023		Итого за 12 мес. по комплексу / Total for 12 months. By the complex
	С5-1	С4-7	
Кол-во осемененных свиноматок, голов / Number of inseminated sows	3617	3514	7131
% осеменения / % insemination	94,6	93,2	93,9
Кол-во супоросных, голов / Number of pregnant animals	3390	3259	6649
% опоросов с группы / % farrowings per group	88,7	90,4	89,5
Кол-во опоросов свиноматок, голов / Number of sow farrowings	3236	3130	6366
Кол-во живорожденных, голов / Number of live births	45112	44091	89203
Кол-во живорожденных на 1 свиноматку, голов / Number of live births per 1 sow	13,94	14,09	14,01
Кол-во отъемных свиноматок, голов / Number of weaned sows	3207	3136	6343
Кол-во, голов / Number of pigs	37462	36261	73723
Кол-во отъемных поросят на 1 свиноматку / Number of weaned piglets per 1 sow	11,95	11,31	11,62
Возраст отъемных поросят, дн. / Age of weaned piglets, days	22,8	28,7	25,7
Среднесуточный привес за подсосный период, г / Average daily weight gain for the suckling period, g	226	170	198
Валовый привес, кг / Gross weight gain, kg	260100	169950	430050
Средний вес 1 отъемной головы, кг / Average weight of 1 detachable head, kg	7,9	5,8	6,9

Из данных таблицы видим, что в 2023 году на площадке С5-1 количество осемененных свиноматок составило 3617 голов, что на 103 свиноматки больше по сравнению с площадкой С4-7, при этом на площадке С5-1 количество супоросных свиноматок на 131 голову больше, чем на площадке С4-7. Это свидетельствует о том, что применение схемы синхронизации половой охоты у свиноматок способствует увеличению оплодотворяемости, тем самым повышается процент осеменения и опоросов. Также из полученных данных можно сделать вывод, что такие показатели, как количество отъемных поросят, среднесуточный привес за подсосный период, валовый привес, средний вес 1 отъемной головы, выше на площадке С5-1, где применялась схема синхронизации половой охоты по сравнению с площадкой С4-7, где половую охоту определяли визуально и с помощью хрюка-пробника.

Заключение. Благодаря полученным данным можно сделать вывод, что гормональная синхронизация репродуктивного цикла позволяет своевременно получать необходимое количество свиноматок с явными признаками половой охоты, повысить процент оплодотворяемости и опоросов, регулировать численность в технологической группе, увеличить производственные показатели на комплексе.

Было установлено, что использование нашего разработанного метода синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологичного комплекса приводит к увеличению оплодотворяемости на 11,4% по сравнению с другой опытной группой. Это позволяет повысить репродуктивные возможности свиноматок и поддерживать необходимый ритм производства на свиноводческом комплексе.

На основании проведенных исследований мы пришли к выводу, что стимуляция и синхронизация не оказывают отрицательного влияния на репродуктивную способность свиноматок, а, наоборот, позволяет сократить срок беременности на 1-2 дня, что позволяет контролировать технологический темп производства.

Таким образом, контроль за опоросом дает возможность производить потомство без простоев, что позволяет снизить затратные расходы, при этом увеличить прибыль за счет выращенного здорового потомства и ведения более продуктивного хозяйства. Благодаря возможности контролировать время овуляции в будущем искусственное осеменение свиней будет включать в себя однократное введение доз спермы, содержащих меньшее количество сперматозоидов.

Conclusions. Based on the data obtained, it can be concluded that hormonal synchronization of the reproductive cycle allows timely production of the required number of sows with obvious signs of estrus, control of the number of technological groups, shortening of the unproductive reproductive period of females, increasing the efficiency of stall use and improving indicators of sow productivity.

It was found that the use of our developed method of synchronization of estrus in sows in the conditions of a high-tech complex (Patent RU2814165C1, publication date 02/23/2024) leads to an increase in fertility by 11.4% compared to another experimental group. This allows for an increase in the reproductive capabilities of sows and maintenance of the required rhythm of production at the pig-breeding complex.

Based on the conducted studies, we came to the conclusion that conducting surveys using stimulation and synchronization does not have a negative impact on piglets and the ability of sows to reproduce. This allows the gestation period to be shortened by 1-2 days in order to maintain and control the technological rhythm of production. Thus, control over farrowing makes it possible to produce offspring without downtime, which allows for a reduction in costs, while increasing profits due to the healthy offspring raised and a more productive farm. Due to the possibility of controlling the time of ovulation, in the future, artificial insemination of pigs will include a single injection of sperm doses containing a smaller number of spermatozoa.

Библиографический список

1. Будевич А., Богданович Д. Новое в синхронизации-стимуляции эструса при искусственном осеменении свиней. Белорусское сельское хозяйство. 2013. № 12. С. 25-29.
2. Шишкин О. Свинки от овуляции до опороса. Ценовик. Сельскохозяйственное обозрение. 2015. № 6. С. 105-107.
3. Перепелюк А. И., Сопова Ю. В. Экономически сбалансированная система регулирования половой функции свиней от синхронизации овуляции до опороса. Перспективное свиноводство: Теория и практика. 2012. № 2. С. 45-48.
4. Богданович Д. М. и др. Новые биотехнологические методы повышения эффективности воспроизводства свиней. Зоотехническая наука Беларуси: сб. науч. тр. Жодино, 2011. Т. 46. Ч. 1. С. 8-16.

5. Богданович Д. М., Бudevич А. И., Зубова Т. В., Шейко Е. И., Линкевич Е. И., Сахончик П. Е., Бровко Т. Н., Кизик Т. Г., Турко М. П. Использование интравaginaльных гормональных имплантов пролонгированного действия в технологии искусственного осеменения свиней. Зоотехническая наука Беларуси. 2013. № 48 (1). С. 31-36.
6. Cassar G., et al. Friendship Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an induced estrus and ovulation. Swine Health Prod. 2005. No 13. Pp. 254-258.
7. Kirkwood R. N., Kauffold J. Advances in breeding management and use of ovulation induction for fixed-time AI Reprod Domest Anim. 2015. No 50. Pp. 85-89.
8. Degenstein K. L., et al. Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. Theriogenology. 2008.
9. Messinis I. E. Ovulation induction: a mini review. Hum Reprod. 2005. No 20 (10). Pp. 2688-2697.
10. Kauffold J., Beckjunker J., Kanora A., Zaremba W. Synchronization of estrus and ovulation in sows not conceiving in a scheduled fixed-time insemination program. Anim Reprod Sci. 2007. V. 97. Pp. 84-93.
11. Martinat-Botté F., Venturi E., Guillouet P., Driancourt M. A., Terqui M. Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropinreleasing hormone agonist (Receptal). Theriogenology. 2009. No 73. Pp. 332-342.

References

1. Budevich A., Bogdanovich D. New in synchronization-stimulation of estrus in artificial insemination of pigs. Belarusian agriculture. 2013. № 12. Pp. 25-29.
2. Shishkin O. Pigs from ovulation to farrowing. Priceman. Agricultural Review. 2015. № 6. Pp. 105-107.
3. Perepelyuk A. I., Sopova Y. V. An economically balanced system for regulating the sexual function of pigs from ovulation synchronization to farrowing. Promising pig breeding: Theory and practice. 2012. № 2. Pp. 45-48.
4. Bogdanovich D. M., et al. New Biotechnological Methods for Improving the Efficiency of Pig Reproduction. Zootechnical Science of Belarus: Collection of Scientific Sciences. Tr. Zhodino, 2011. V. 46. Part 1. Pp. 8-16.
5. Bogdanovich D. M., Budevich A. I., Zubova T. V., Sheiko E. I., Linkevich E. I., Sakhonchik P. E., Brovko T. N., Kizik T. G., Turko M. P. Use of intravaginal hormone implants of prolonged action in the technology of artificial insemination of pigs. Zootechnical Science of Belarus. 2013. № 48 (1). Pp. 31-36.
6. Cassar G., et al. Friendship Effect of single or double insemination on fertility of sows bred at an induced estrus and ovulation. Swine Health Prod. 2005. No 13. Pp. 254-258.
7. Kirkwood R. N., Kauffold J. Advances in breeding management and use of ovulation induction for fixed-time AI Reprod Domest Anim. 2015. No 50. Pp. 85-89.
8. Degenstein K. L., et al. Synchronization of ovulation in cyclic gilts with porcine luteinizing hormone (pLH) and its effects on reproductive function. Theriogenology. 2008.
9. Messinis I. E. Ovulation induction: a mini review. Hum Reprod. 2005. No 20 (10). Pp. 2688-2697.
10. Kauffold J., Beckjunker J., Kanora A., Zaremba W. Synchronization of estrus and ovulation in sows not conceiving in a scheduled fixed-time insemination program. Anim Reprod Sci. 2007. V. 97. Pp. 84-93.
11. Martinat-Botté F., Venturi E., Guillouet P., Driancourt M. A., Terqui M. Induction and synchronization of ovulations of nulliparous and multiparous sows with an injection of gonadotropinreleasing hormone agonist (Receptal). Theriogenology. 2009. No 73. Pp. 332-342.

Информация об авторах

Юдина Кристина Сергеевна, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: kristina.yudina.92@internet.ru

Кочарян Валентина Даниловна, кандидат биологических наук, доцент ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd707@mail.ru

Author's Information

Yudina Kristina Sergeevna, Postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26) e-mail: kristina.yudina.92@internet.ru

Kocharyan Valentina Danilovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Avenue, 26), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7519-5883>, e-mail: kvd707@mail.ru

**АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ /
AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES**

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-38

**DEVELOPMENT OF A DIGITAL SYSTEM FOR AUTOMATED MOVEMENT OF A ROBOTIC
COMPLEX OF MACHINES FOR STACKING POTATOES AND VEGETABLE CROPS
FOR STORAGE****Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Mosyakov M. A.***Federal Scientific Agroengineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: sibirev2011@yandex.ru

Received 30.09.2024

Submitted 28.11.2024

Abstract

Introduction. In order to ensure the proper quality of the main technological operations for the production of planting material, it is necessary to develop machine-technological work complexes in accordance with the strategy of scientific and technological development of the Russian Federation in terms of developing digital systems for automated movement of a robotic complex of machines for storing potatoes and vegetable crops. The article reflects the main provisions for developing a system for the movement of a machine for storing potatoes and vegetable crops in an automated mode, presents a diagram of the machine, the main elements of the digital system of the developed machine, obtained analytical patterns of the functioning of the digital system of automated movement of a robotic complex of machines for storing potatoes and vegetable crops, it is necessary to conduct experimental studies in production conditions of the technological process of movement along the storage facility with the definition of the main indicators for assessing the quality and performance of the machine.

Keywords: *machines for storing root crops, potato storage, vegetable storage, digital systems, storage.*

Citation. Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Mosyakov M. A. Development of a digital system for automated movement of a robotic complex of machines for stacking potatoes and vegetable crops for storage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 364-372 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-38.

Author's contribution. A. S. Dorokhov – conceptualization, A. V. Sibirev – methodology, M. A. Mosyakov – writing – original draft preparation, formal (literature and patent) analysis. The authors carried out theoretical studies and prepared a manuscript based on the results obtained. Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G., Mosyakov M. A. have copyright on the article and are responsible for plagiarism.

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

УДК 631.532.2+631.331.072.3

**РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДВИЖЕНИЯ
РОБОТИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА МАШИН ДЛЯ ЗАКЛАДКИ НА ХРАНЕНИЕ
КАРТОФЕЛЯ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

**Дорохов А. С., академик РАН, доктор технических наук, главный научный сотрудник
Сибирёв А. В., доктор технических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник
Мосяков М. А., кандидат технических наук, старший научный сотрудник**

*Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ
г. Москва, Российская Федерация*

Актуальность. Для обеспечения надлежащего качества выполнения основных технологических операций по производству посадочного материала необходимо обеспечить разработку машинно-технологических комплексов работ в соответствии со стратегией научно-технологического развития РФ в части разработки цифровых системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур.

В статье отражены основные положения разработки системы движения машины для закладки на хранение картофеля и овощных культур в автоматизированном режиме, представлены схема машины, основные элементы цифровой системы разработанной машины, получены аналитические закономерности функционирования цифровой системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур необходимо про-

ведение экспериментальных исследований в производственных условиях выполнения технологического процесса движения по хранилищу с определением основных показателей оценки качества и работоспособности машины.

Ключевые слова: машины для хранения корнеплодов, хранение картофеля, хранение овощных культур, цифровые системы, закладка на хранение.

Цитирование. Дорохов А. С., Сибирев А. В., Мосяков М. А. Разработка цифровой системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 364-372. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-38.

Авторский вклад. А. С. Дорохов – формулирование основной концепции исследования, А. В. Сибирев – разработка методологии исследования, М. А. Мосяков – подготовка начального варианта текста, формирование выводов, литературный и патентный анализ. Авторы выполнили теоретические исследования, на основании полученных результатов подготовили рукопись. А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, М. А. Мосяков имеют на статью авторские права и несут ответственность за плагиат.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Технологический суверенитет Российской Федерации неразрывно связан с обретением продовольственной безопасности страны, что в современных условиях сельскохозяйственного производства невозможно обеспечить без широкого внедрения в конструкции машинно-технологических комплексов автоматизированных систем контроля и управления технологического процесса работы машин [1-3].

В связи с тем, что наиболее энергоемкой технологической операцией производства любой сельскохозяйственной культуры являются операции уборки и послеуборочной обработки урожая, в последнее время наблюдается тенденция оснащения данных машин системами цифрового контроля и управления без использования труда оператора. Кроме того, следует отметить то обстоятельство, что, в отличие от сельскохозяйственных культур с надземным плодоношением, уборка продукции, к примеру, картофеля, приводит к подъёму, помимо товарной продукции, также и больших объемов почвы, которую при дальнейшем выполнении процесса производства картофеля необходимо также обработать до состояния, исключающего ее транспортировку с поля непосредственно на уборочной машине [4, 5].

Аналогичная тенденция прослеживается также и при послеуборочной обработке картофеля и закладке на хранение, от качества выполнения которых зависит сохранность клубней картофеля и последующая урожайность продукции.

Решение данной проблемы невозможно обеспечить без модернизации технологических процессов и их совершенствования в соответствии со стратегией научно-технологического развития РФ, в части разработки цифровых системы автоматизированного движения машин производства картофеля [4-6].

Цель исследований – разработка цифровой системы движения автоматизированной машины для закладки на хранение картофеля и овощных культур.

Материалы и методы. При проведении исследований использованы численные методы решения аналитических зависимостей, автоматизированных алгоритмов обработки изображений для обнаружения вредителей и болезней на растениях картофеля.

При решении намеченных задач базовым подходом являются теоретические исследования процесса работы роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур.

Результаты и обсуждение.

Процесс движения машины для загрузки картофеля и овощных культур в хранилище определяется зависимостью:

$$T_i = \frac{\sum_j l_k}{v_i} + \sum_j \frac{V_j}{W_{ij}}, \quad (1)$$

где l_k – объем перемещений машины для загрузки хранилища, м³;

v_i – поступательная скорость движения машины для загрузки хранилища, м/с;

V_j – объем работ на технологической операции, м³;

W_{ij} – производительность машины для загрузки хранилища на текущей операции, м³/ч;

i – номер рабочего органа машины для загрузки хранилища;

j – номер операции выполняемой машиной для загрузки хранилища.

Отличительной особенностью роботизированного комплекса машин для закладки на хранение, состоящего из автоматизированного подборщика 1 и системы транспортеров 2 с электрофизическими методами воздействия, реализующее УФ-излучение товарной продукции является автоматическая система поворота подборщика, а именно: регулировка ограничения угла поворота производится с помощью датчиков, которые серийно расположены справа и слева на головной части погрузчика, а при дополнительном оснащении – на ходовой части.

Электрический привод колес обеспечивает бесступенчатую регулировку скорости поворота без создающих помехи колебательных движений, что способствует решению проблемы неравномерного заполнения хранилища по причине отсутствия возможности регулировки (рисунок 1).



1 – подборщик автоматизированный; 2 – система транспортеров

1 – automated pick-up; 2 – conveyor system

Рисунок 1 – Общий вид роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур

Figure 1 – General view of the robotic complex of machines for storing potatoes and vegetable crops

Кинематическая схема роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур представлена на рисунке 2.

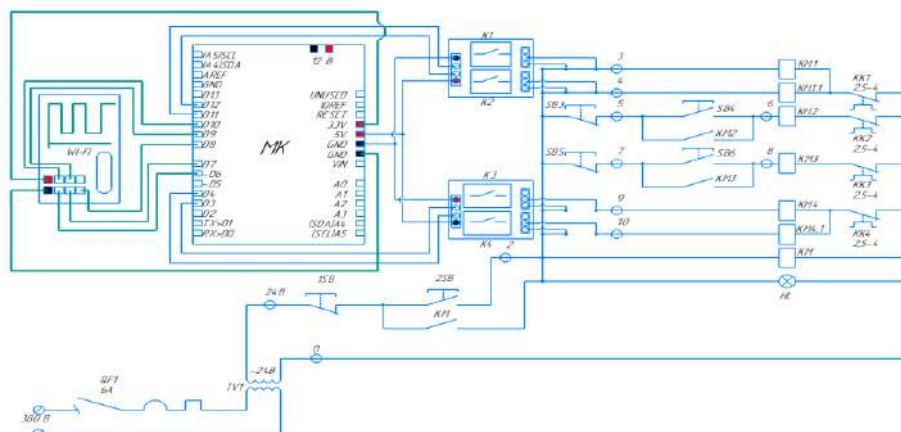


Рисунок 2 – Принципиальная схема управления приводными колесами

Figure 2 – Circuit diagram of drive wheel control

Привод автоматизированного подборщика осуществляется электродвигателем 5 через редуктор от сети переменного тока. При перемещении материала по системе транспортеров 6 и уменьшении объема насыпи в хранилище выполняется включение электродвигателя привода движения подборщика и дальнейшего его перемещения в ворох корнеплодов с последующим распределением по объему хранилища.

Важным показателем работы автоматических и полуавтоматических механизмов является точность позиционирования устройства [7-9].

Этапом совершенствования системы автоматического вождения транспортера-подборщика для закладки на хранение картофеля и овощных культур является осуществление релейно-импульсного принципа управления, который в сочетании со схемой форсированного включения и отключения электромагнитного распределителя позволяет получать высокую и стабильную во времени точность управления положением управляемых колес: от 0,15 до 0,3 градусов.

Если рассматривать самоходную машину как твердое тело, ее движение относительно фиксированной в пространстве системы координат x_0, y_0, z_0 можно описать следующими векторными уравнениями:

$$\begin{cases} \vec{F} = m \frac{d\vec{v}_c}{dt}, \\ \vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}, \end{cases} \quad (2)$$

где $\vec{F}$ и $\vec{M}$ – соответственно главный вектор и главный момент всех внешних сил, действующих на систему;

m – масса машины, кг;

$\vec{v}_c$ – скорость центра масс, м/с;

$\vec{L}$ – момент количества движения машины относительно центра масс, Н/м.

Для того чтобы записать систему уравнений (4) в новой системе координат, заметим, что производная вектора во вращающейся системе координат равна его производной относительно системы координат плюс скорость конца вектора, вызванная вращением координат. Определим производную вектора $\vec{N}$ во вращающейся с угловой скоростью $\vec{\omega}$ системе координат XYZ. Для этого разложим вектор $\vec{N}$ по ортам:

$$\vec{N} = iN_x + jN_y + kN_z, \quad (3)$$

Обозначив через:

$$\frac{\delta \vec{N}}{\delta t} = i \frac{dN_x}{dt} + j \frac{dN_y}{dt} + k \frac{dN_z}{dt}. \quad (4)$$

производную вектора $\vec{N}$ относительно системы координат, связанной с машиной, и учитывая, что:

$$\frac{di}{dt} = \vec{\omega} \cdot i; \frac{dj}{dt} = \vec{\omega} \cdot j; \frac{dk}{dt} = \vec{\omega} \cdot k, \quad (5)$$

Получим:

$$\frac{d\vec{N}}{dt} = \frac{\delta \vec{N}}{\delta t} + (\vec{\omega} \cdot \vec{N}), \quad (6)$$

где $(\vec{\omega} \cdot \vec{N})$ – скорость конца вектора, вызванная вращением системы координат, м/с.

Учитывая выражения (5) и (6) имеем, что:

$$\begin{cases} \vec{F} = m \frac{\delta \vec{v}_c}{\delta t} + m \vec{\omega} \cdot \vec{v}_c, \\ \vec{M} = \frac{\delta \vec{L}}{\delta t} + \vec{\omega} \cdot \vec{L}. \end{cases} \quad (7)$$

Конструкции датчиков – копиров и других устройств ориентации систем автоматического вождения выполняют так, чтобы они реагировали главным образом на изменения положения машины в горизонтальной плоскости [10].

Поэтому движение самоходной машины в качестве объекта в этих системах можно рассматривать как бы происходящим на плоскости и начало координат выбрать так, чтобы ось вращения была главной. Для задач вождения на рабочем гоне можно считать, что управляющее воздействие создает только момент M_p , вращающий машину относительно центра координат, то есть величина возникающей при этом силы, не приводимой к моменту, пренебрежимо мала. Это позволяет полагать, что скорость центра масс неизменна:

$$|\vec{v}_c| = \text{const, или } \frac{\delta \vec{v}_c}{\delta t} = 0. \quad (8)$$

Сделанные допущения позволяют значительно упростить уравнения (10), приведя их к виду:

$$\begin{cases} \vec{F} = \frac{mv_c^2}{p} \vec{n}, \\ \vec{M} = I \frac{d\vec{\omega}}{dt}. \end{cases} \quad (9)$$

где I – момент инерции машины относительно оси, перпендикулярной плоскости движения и проходящей через начало координат, кг м²;

$\vec{n}$ – единичный вектор, направленный вдоль нормали к траектории движения центра координат;

p – радиус кривизны этой траектории, м.

Если при движении транспортера-подборщика направление силы тяги $\vec{P}$ совпадает с направлением вектора скорости $\vec{v}$, то есть $\beta = 0$, то уравнения (8) и (9) примут соответственно следующий вид:

$$\frac{I}{b_3} \ddot{\psi} + \dot{\psi} = \frac{b_1}{b_3} \delta. \quad (10)$$

$$\frac{I}{b_3} \ddot{S} + \dot{S} = v \frac{b_1}{b_3} \delta, \quad (11)$$

а передаточные функции транспортера-подборщика в этом случае будут иметь значения:

$$\begin{cases} W_\psi = \frac{K_1}{(T_0 p + 1)p}, \\ W_S = \frac{K_2}{(T_0 p + 1)p^2}, \end{cases} \quad (12)$$

где $K_1 = \frac{b_1}{b_3} [c^{-1}]$; $K_2 = \frac{vb_1}{b_3} [m \cdot c^{-2}]$; $T_0 = \frac{I}{b_3} [c]$.

Передаточные функции, представленные выражением (19), справедливы для различных самоходных машин: гусеничных и колесных (с жесткой и шарнирно-сочлененной рамами), которые рассматриваются в виде твердого тела, движущегося на плоскости. В нашем случае угол поворота грабельной решетки датчика определяется величиной смещения оси валка относительно середины подборщика. Возникающее изменение положения валка относительно середины подборщика ликвидируется за счет смещения последнего на величину λ , которое достигается изменением направления движения комбайна в результате соответствующего поворота управляемых колес. Величина λ пропорциональна изменению курсового угла ψ (угол поворота комбайна относительно центра тяжести) и изменению расстояния S (боковое смещение комбайна), т.е.:

$$\lambda = K_3 \psi + S. \quad (13)$$

Учитывая, что ψ и S связаны с углом поворота δ управляемых колес передаточными функциями W_ψ и W_S , равенство можно записать так:

$$\lambda = (K_3 W_\psi + W_S) \delta. \quad (14)$$

Отсюда передаточная функция самоходного транспорта-подборщика как объекта в копирующей системе автовождения определяется выражением:

$$W_\lambda = \frac{\lambda(p)}{\delta(p)} = K_3 W_\psi + W_s, \quad (15)$$

или, пользуясь выражениями (22),

$$W_\lambda = \frac{K_1 K_3 p + K_2^*}{(T_0 p + 1) p^2}. \quad (16)$$

На управляемость самоходного транспорта-подборщика существенно влияют расположенный перед передними колесами заглубленный в ворох корнеплодов питатель.

Поэтому динамические характеристики самоходного транспорта-подборщика как объекта вождения определяются уравнениями (15) и (16).

На основании этого для самоходного транспорта-подборщика передаточная функция цифровой системы автоматизированного движения определяется выражением:

$$W_\lambda = \frac{k_2(T_4 p^2 + T_5 p + 1)}{(T_2 p^2 + T_1 p + 1) p^2}, \quad (17)$$

где $T_4 = \frac{K_3}{k_2} T_3 [c^2]$; $T_5 = \frac{K_3 k_1}{k_2} [c]$.

На основе проведённого математического моделирования можно предположить, что в базовом варианте систему навигации и управления роботизированным комплексом машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур необходимо оборудовать спутниковой и инерциальной системами навигации.

Программное обеспечение цифровой системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин (РКМ) состоит из двух частей – операторской и бортовой (рисунок 3).

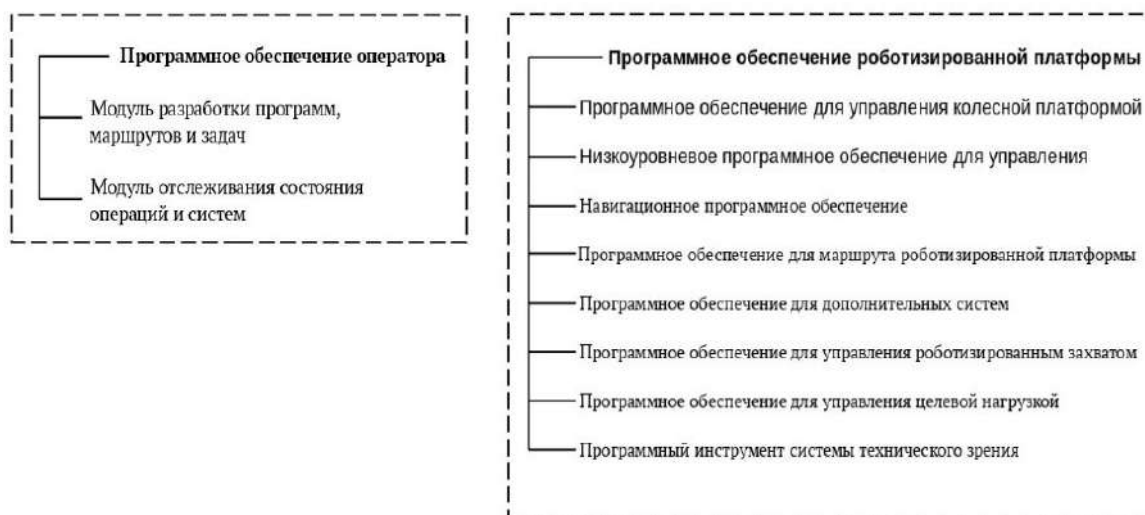
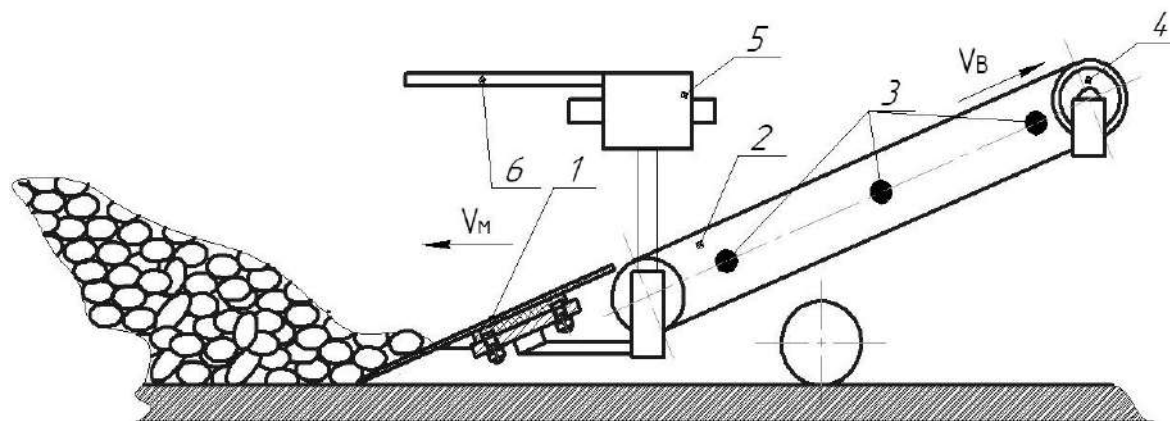


Рисунок 3 – Элементы программного обеспечения цифровой системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин (РКМ) для закладки на хранение картофеля и овощных культур

Figure 3 – Software elements of the digital automated movement system of a robotic machine complex (RCM) for storing potatoes and vegetable crops

Программное обеспечение роботизированного комплекса машин (РКМ) для закладки на хранение картофеля и овощных культур в соответствии с архитектурой было построено по модульному принципу и состояло из следующих основных элементов, представленных на рисунке 3 [11-12] и реализованных в конструкции роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур (рисунок 4).



- 1 – питатель подпорный; 2 – транспортер выгрузной; 3 – датчик инерционный; 4 – ролик обводной;
5 – видекамера; 6 – источник лазерный (диод)
1 – retaining feeder; 2 – unloading conveyor; 3 – inertial sensor; 4 – bypass roller; 5 – video camera;
6 – laser source (diode)

Рисунок 4 – Схема технологического процесса работы роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур
Figure 4 – Scheme of the technological process of the robotic complex of machines for storing potatoes and vegetable crops

Для проверки разработанных аналитических закономерностей функционирования цифровой системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур необходимо проведение экспериментальных исследований в производственных условиях выполнения технологического процесса движения по хранилищу с определением основных показателей оценки качества и работоспособности машины.

Выводы. Разработаны функциональная и электрическая схемы автоматической системы контроля электрофизического воздействия режимных и технологических параметров ориентирующего модуля для закладки на хранение овощных культур и картофеля, определены требуемый уровень УФ-воздействия, проходящего через определённую площадь поверхности биологического объекта в определённый промежуток времени, сила фототока линейного сканирования по объёму биологического объекта.

Установлена функция минимизации перемещения клубненосного вороха по площади хранилища, передаточные функции цифровой системы автоматизированного движения транспортера-подборщика W_ψ и W_s по управляющему воздействию относительно курсового угла и расстояния.

Установлено, что амплитуда полезного сигнала контроллера управления положением манипулятора составляет $\varphi_{\max} = 10^\circ$ при частоте $\omega_\varphi = 10^{-2} \text{с}^{-1}$, амплитуда помехи составляет $\gamma_{\max} = 5^\circ$ с частотой $\omega_\gamma = 8 \text{с}^{-1}$. Полученное значение перемещения гидроцилиндров T_s соответствует максимальной скорости поворота исполнительного механизма извлекающего устройства относительно опорного бруса, соответствующее 3,15 град/с.

Conclusions. Functional and electrical diagrams of the automatic system for monitoring the electrophysical impact of the mode and technological parameters of the orienting module for storing vegetable crops and potatoes have been developed, the required level of UV exposure passing through a certain surface area of a biological object in a certain period of time, the strength of the photocurrent of linear scanning over the volume of a biological object have been determined.

The function of minimizing the movement of tuberous heaps over the storage area, the transfer functions of the digital system of automated movement of the conveyor-pick-up W_ψ and the W_s of the control action relative to the course angle and distance were installed.

It was found that the amplitude of the useful signal of the manipulator position control controller is $\varphi_{\max}=10^\circ$ at the frequency $\omega_\varphi=10^{(-2)} \text{ s}^{(-1)}$, the amplitude of interference is $\gamma_{\max}=5^\circ$ with a frequency of $\omega_\gamma=8 \text{с}^{(-1)}$. The obtained value of the displacement of hydraulic cylinders does T_s correspond to the maximum rotation speed of the actuator of the retrieval device relative to the support beam, corresponding to 3.15 deg/s.

Библиографический список

1. Петухов С. Н. Состояние технического и технологического обеспечения селекции и оригинального семеноводства картофеля. Агротехника и энергообеспечение. 2018. № 4. С. 76-84.
2. Лобачевский Я. П., Ценч Ю. С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022. № 16 (4). С. 4-12.
3. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. № 15 (4). С. 6-10.
4. Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Неменушчая Л. А. Анализ состояния и перспективы развития селекции и семеноводства овощных культур: науч. аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 96 с.
5. Лобачевский Я. П., Бейлис В. М., Ценч Ю. С. Аспекты цифровизации системы технологий и машин. Электротехнологии и электрооборудование в АПК. 2019. № 36. С. 40-45.
6. Казаков С. С., Живаев О. В., Никулин А. В. Конструкционные пути снижения повреждаемости клубней посадочного картофеля при работе цепочно-ложечного высаживающего аппарата. Тракторы и сельхозмашины. 2019. № 3. С. 29-34.
7. Гарист А. В. и др. Отчет Отделения сельскохозяйственных наук РАН о выполнении фундаментальных и поисковых научных исследований в 2017 г. М.: ОСХН РАН, 2018. 412 с.
8. Azizi P., Dehkordi N. S., Farhadi R. Design, Construction and Evaluation of Potato Digger with Rotary Blade. Cercetari Agronomice in Moldova. 2014. Vol. 47. Pp. 5-13.
9. Abd El-Rahman M. M. A. Development and Performance Evaluation of a Simple Grading Machine Suitable for Onion Sets. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering. 2014. V. 2. Pp. 213-226.
10. Dandekar I. et al. Review Paper Based on Design and Development of an Onion Harvesting Machine. Journal of Information and Computational Science. 2019. V. 9. Issue 12. Pp. 333-337.
11. Jothi Shanmugam C., Senthilkumar G. Indigenous Development of Low Cost Harvesting Machine. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 12. Issue 5. Pp. 4489-4490.
12. Bachche S. Deliberation on Design Strategies of Automatic Harvesting Systems: A Survey. Robotics. 2015. V. 4. Issue 2. Pp. 194-222.

References

1. Petukhov S. N. State of Technical and Technological Support of Breeding and Original Potato Seeds. Agricultural technology and energy supply. 2018. № 4. Pp. 76-84.
2. Lobachevsky Y. P., Tsench Y. S. Principles of Formation of Machine Systems and Technologies for Complex Mechanization and Automation of Technological Processes in Crop Production. Agricultural Machinery and Technologies. 2022. № 16 (4). Pp. 4-12.
3. Lobachevsky Y. P., Dorokhov A. S. Digital Technologies and Robotic Technical Means for Agriculture. Agricultural Machinery and Technologies. 2021. № 15 (4). Pp. 6-10.
4. Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Nemenushchaya L. A. Analysis of the state and prospects for the development of breeding and seed production of vegetable crops. analyt. review. Moscow, Rosinformagrotekh Publ., 2019. 96 p.
5. Lobachevsky Y. P., Beilis V. M., Tsench Y. S. Aspects of Digitalization of the System of Technologies and Machines. Electrical technologies and electrical equipment in the agro-industrial complex. 2019. № 36. Pp. 40-45.
6. Kazakov S. S., Zhivaev O. V., Nikulin A. V. Structural ways to reduce the damage of tubers of planting potatoes during the operation of a chain-spoon planting apparatus. Tractors and agricultural machines. 2019. № 3. Pp. 29-34.
7. Report of the Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences on the Performance of Fundamental and Search Scientific Research in 2017. Moscow: RAS, 2018. 412 p.
8. Azizi P., Dehkordi N. S., Farhadi R. Design, Construction and Evaluation of Potato Digger with Rotary Blade. Cercetari Agronomice in Moldova. 2014. Vol. 47. Pp. 5-13.
9. Abd El-Rahman M. M. A. Development and Performance Evaluation of a Simple Grading Machine Suitable for Onion Sets. Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering. 2014. V. 2. Pp. 213-226.
10. Dandekar I. et al. Review Paper Based on Design and Development of an Onion Harvesting Machine. Journal of Information and Computational Science. 2019. V. 9. Issue 12. Pp. 333-337.
11. Jothi Shanmugam C., Senthilkumar G. Indigenous Development of Low Cost Harvesting Machine. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2017. V. 12. Issue 5. Pp. 4489-4490.
12. Bachche S. Deliberation on Design Strategies of Automatic Harvesting Systems: A Survey. Robotics. 2015. V. 4. Issue 2. Pp. 194-222.

Информация об авторах

Дорохов Алексей Семенович, академик РАН, доктор технических наук, главный научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5), <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>; e-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

Сибирёв Алексей Викторович, доктор технических наук, профессор РАН, главный научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5), orcid.org/0000-0002-9442-2276; e-mail: sibirev2011@yandex.ru

Мосяков Максим Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5), orcid.org/0000-0002-5151-7312; e-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

Author's Information

Dorokhov Aleksey Semenovich, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>; e-mail: dorokhov@rgau-msha.ru

Sibirev Aleksey Viktorovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), <https://orcid.org/0000-0002-4758-3843>; e-mail: sibirev2011@yandex.ru

Mosyakov Maksim Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Senior Researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky proezd, 5), orcid.org/0000-0002-5151-7312; e-mail: Maks.Mosyakov@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-39

SUBSTANTIATION OF THE USE OF STRIP SPRAYING TECHNOLOGY IN TOMATO CULTIVATION IN THE ASTRAKHAN REGION

¹Borisenko I. B., ²Gabunshina A. A.

¹Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences
Solenoje Zaymische, Astrakhan Region, Russian Federation

²All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable and Melon Growing –
Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution
«Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»
Kamyzyak, Russian Federation

Corresponding author E-mail: borisenivan@yandex.ru

Received 06.12.2024

Submitted 20.01.2025

Abstract

Introduction. Increasing the production of vegetable products is one of the priority tasks in the development of agro-industrial complex of the Russian Federation. Astrakhan region is currently one of the leaders in the country in tomato production. In 2023, the sown areas of tomatoes of open ground in the industrial sector of vegetable growing in the Astrakhan region, according to Rosstat, were at the level of 12.2 thousand hectares. But the lack of leaf fertilization and protection from pests and diseases leads to a serious risk of productivity and crop quality reduction. In this connection the improvement of tomato cultivation technology elements in Astrakhan region, taking into account the peculiarities of culture, level of mineral nutrition, the use of plant protection products to obtain consistently high yields, remains actual. **Materials and methods.** As the study of strip spraying technology deepens, the characteristics of modern equipment, new approaches, as well as the improvement of existing ones are considered, which is important for understanding the features and parameters of spraying. This helps to identify the main advantages of the application of the studied technology, analyze a variety of factors, from the distribution of the droplet on the leaf surface to minimize stress effects on the environment. **Results and conclusions.** As a result of studying the proposed method of strip spraying in tomato cultivation, it was found that this approach allows to significantly increase the efficiency of using plant protection products and fertilizers. Uniform distribution of the working solution over the leaf surface improves the absorption of nutrition elements, minimizes the losses of the working solution. In addition, economic costs are reduced due to more accurate application of fertilizers and plant protection products.

Keywords: strip spraying, tomato spraying, plant protection products, foliar feeding, spraying technologies.

Citation. Borisenko I. B., Gabunshina A. A. Substantiation of the use of strip spraying technology in tomato cultivation in the Astrakhan region. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 372-379 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-39.

Author's contribution. The authors of this research were directly involved in the planning, execution, and analysis of this research. The authors of the present article have read and approved the submitted final version.

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

УДК 632.931.1:631.816.3:635.64(470.46)

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛОСОВОГО ОПРЫСКИВАНИЯ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ТОМАТОВ В АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ

¹Борисенко И. Б., доктор технических наук, старший научный сотрудник

²Габуншина А. А., младший научный сотрудник

¹ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства –
филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН»
г. Камызяк, Российская Федерация

Актуальность. Увеличение производства овощной продукции является одной из приоритетных задач в развитии АПК Российской Федерации. Астраханская область в настоящее время занимает одно из лидирующих мест в стране по производству томатов. В 2023 году посевные площади

томатов открытого грунта в промышленном секторе овощеводства Астраханской области, по данным Росстата, находились на уровне 12,2 тыс. га. Но отсутствие листовых подкормок и защиты от вредителей и болезней ведет к серьезному риску снижения урожайности и качества плодов. В связи с этим усовершенствование элементов технологии возделывания томатов в Астраханской области с учетом особенностей культуры, уровня минерального питания, применения средств защиты растений для получения стабильно высоких урожаев остается актуальным. **Материалы и методы.** По мере углубления в изучение технологии полосового опрыскивания рассматриваются характеристики современного оборудования, новые подходы, а также совершенствование существующих, что важно для понимания особенностей и параметров опрыскивания. Это помогает выявить основные преимущества применения изучаемой технологии, анализировать множество факторов, от распределения капли по листовой поверхности до минимизации стрессовых воздействий на окружающую среду. **Результаты и выводы.** В результате изучения предложенного способа полосового опрыскивания при выращивании томатов установлено, что данный подход позволяет значительно повысить эффективность использования средств защиты растений и удобрений. Равномерное распределение рабочего раствора по листовой поверхности улучшает поглощение элементов питания, минимизирует потери рабочего раствора. Кроме того, экономические затраты снижаются за счет более точного внесения удобрений и средств защиты растений.

Ключевые слова: полосовое опрыскивание, опрыскивание томата, средства защиты растений, листовая подкормка, технологии опрыскивания.

Цитирование. Борисенко И. Б., Габуншина А. А. Обоснование применения технологии полосового опрыскивания при выращивании томатов в Астраханской области. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 372-379. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-39.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении и анализе данного исследования. Авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Овощи являются важнейшим продуктом питания для потребителей в повседневной жизни, обеспечивая их незаменимыми питательными веществами и витаминами. Питание растений, а также борьба с болезнями и вредителями являются важными факторами при выращивании сельскохозяйственных культур, они влияют не только на рост и внешний вид овощей, но и на их урожайность и качество.

Среди овощных культур в нашей стране томаты занимают одно из ведущих мест. Томат богат пищевыми волокнами, фосфором, железом, незаменимыми аминокислотами, минералами, витаминами и сахарами, что подчеркивает его высокую питательную ценность. На территории Астраханской области находятся крупные производители томатной продукции, поэтому выращиванию томатов в нашем регионе всегда остается актуальным.

Смыкание рядов у томатов происходит в фазе активного роста и формирования густой листовой массы. В это время томаты быстро развиваются, и их листья начинают перекрывать промежутки между рядами посадки, что затрудняет распределение капель рабочего раствора по листовой поверхности. В связи с этим стоит вопрос о разработке новых и совершенствовании существующих технологий возделывания сельскохозяйственных культур.

Применение полосового способа опрыскивания растений позволяет более эффективно и точно вносить рабочие растворы как удобрений, так и средств защиты растений в зависимости от фазы роста и развития, повышая урожайность и снижая эколого-экономические затраты [1]. Поэтому целью исследования является оценка технологии применения полосового опрыскивания при выращивании томатов в Астраханской области с агроэкологической и экономической точек зрения.

Материалы и методы. На практике большинство фермеров продолжают применять сплошное опрыскивание за счет универсальности в плане производительности, так как устройства для полосовой обработки имеют ряд недостатков. Когда систему распыла штангового опрыскивателя доукомплектовывают аппликаторами Dropleg^{UL}, происходит утяжеление конструкции опрыскивателя и, как следствие, увеличение вертикальных колебаний штанги. Факел распыла нижних форсунок на аппликаторе Dropleg^{UL} по-прежнему будет сохранять горизонтальное распыление, что приведет к стрессу культуры и излишнему загрязнению почвы растворами химикатов [2].

Для обработки растений применяют устройства, создающие турбулентно-вихревое движение. При этом раствор распыляется в изолированных друг от друга укрытиях тоннельного типа над рядами культуры и междурядьями. Этот способ несовершенен тем, что необходимо применять устройства сложного типа, которые и так имеют узкую специализацию [3]. Вопрос в том, можно ли адаптировать обычные распылители, чтобы обеспечить распыление рабочего раствора без увеличения риска сноса капель и дополнительных затрат.

Предлагаемый нами способ полосовой обработки растений обеспечивает перераспределение рабочих растворов по полосам. Для точного перераспределения по полосам и охвата всей поверхности стебля и листьев в вертикальной плоскости с обеих сторон растения осуществляют распыление боковыми форсунками, расположенными над междурядьями и с ориентированными конусами распыла навстречу друг к другу под углом 45 градусов. При такой установке угол β пересечения между верхними краями факела распыла с углом 80 градусов составит 170 градусов. При вертикальной установке распылителя угол β равен углу факела распыла, т.е. составляет 80 градусов для форсунок с углом 80 градусов и 110 градусов для форсунок с углом 80 градусов. Соответственно, с изменением угла β требуется различная высота расположения штанги опрыскивателя над поверхностью обрабатываемой культуры с учетом допустимого её колебания.

Высота томатов определяется с учетом фазы развития приходящая на дату опрыскивания. Допустимые перемещения на концах штанги опрыскивателя принимается 0,1-0,15 м.

Высота точки слияния потоков рабочей жидкости от оси форсунок при полосовом опрыскивании зависит от расстояния между распылителями и определяется точкой слияния потоков от боковых форсунок. При размещении корпусов распылителей по центру межполосного пространства для междурядья под конкретную культуру высота точки слияния определяется выражением:

$$H_c = \frac{1}{2} M \cdot tg(\frac{90-\beta}{2})$$

где: M – расстояние между распылителями; β – угол конуса распыла форсунки (для полосового опрыскивания 80 градусов).

Исходя из полевых испытаний опрыскивателя на томатах, с учетом наибольшей ширины растений в период массового плодоношения и размера обрабатываемой полосы в фазе посадки рассадой, высота точки слияния находится в пределах 0,04-0,08 м. При вертикальном расположении распылителя, с учетом расстояния между ними 0,5 м, высота точки слияния потоков рабочей жидкости равна 0,20-0,21 м.

Ширину обрабатываемой полосы (см. рисунок 1) потоком рабочей жидкости, на уровне почвы, следует устанавливать исходя из ширины в поперечной плоскости наземной части томатов и допускаемой величины отклонения от оси движения. Обычно величина отклонения для овощных пропашных культур принимается 0,10-0,12 м.

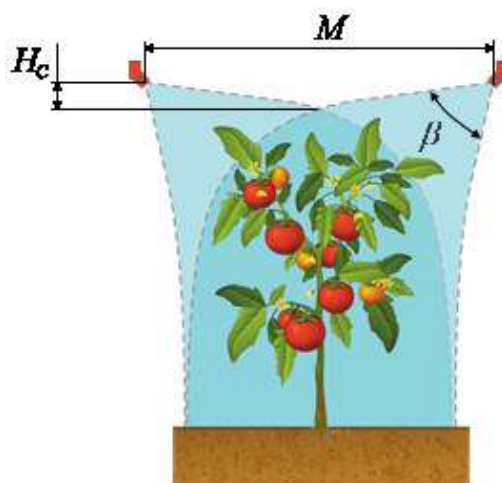


Рисунок 1 – Схема технологического процесса полосового опрыскивания томатов в фазе массового созревания

Figure 1 – Scheme of technological process of strip spraying of tomatoes in the phase of mass ripening

Конструктивная возможность изменения ширины между распылителями позволяет расставить так, чтобы нижние края факела распыла находились в зоне абриса проекции растений на почву. Технологическое постоянство ширины образованного нового потока от слияния потоков распыла боковых форсунок позволяет минимизировать влияние колебаний штанги опрыскивателя на ширину обрабатываемой полосы (распределения рабочего раствора) относительно форсунок с вертикальным распылом. Применение данного способа бокового распыла способствует преобразованию потоков распыла от каждой форсунки в новый, более стабильный поток при их слиянии. Исследуемый способ опрыскивания имеет поток с более постоянными геометрическими параметрами, за счет чего достигается постоянство обрабатываемой полосы в независимости от вертикальных колебаний штанги во время движения. А уменьшение высоты расположения штанги над растениями снижает риск сноса капель. К тому же, данный способ позволяет перемещать распылители по штанге в зависимости от архитектуры культуры, т.е. регулировать ширину обрабатываемой полосы с учетом фазы развития. Такой полосовой подход позволяет снизить гектарный расход рабочего раствора не изменяя норму внесения по полосе. Снижение внесения рабочего раствора будет пропорционально отношения обрабатываемой полосы относительно ширины междурядья (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ширина обрабатываемой полосы в зависимости от фазы роста и развития томатов
Figure 2 – The width of the cultivated strip depending on the phase of growth and development of tomatoes

На рисунке 3 схематично представлен технологический процесс полосового опрыскивания томатов. Для предварительной настройки расположения корпусов распылителей на ширину обрабатываемой ленты при полосовом технологическом процессе опрыскивания был проведен мониторинг развития наземной вегетативной части томатов по дням вегетации. Согласно разработанной методике размеры определялись поперек ряда растений с учетом высоты расположения наибольших показателей и общей высоты ботвы. На каждом участке снимали размеры не менее чем с 10 растений в трехкратной повторности.



Рисунок 3 – Технологический процесс полосового опрыскивания
Figure 3 – Technological process of strip spraying

Результаты и обсуждение. Томату (*Solanum lycopersicum* L.) принадлежит одно из важнейших мест среди овощей с точки зрения экономического и продовольственного значения в нашем регионе. Астраханская область производит 74% всех томатов России.

Растения и плоды томатов сталкиваются с различными проблемами, что влияет на их внешний вид и питательные качества. Нерациональное применение минеральных удобрений, отсутствие грамотной системы защиты растений приводит к негативным последствиям [4-6]. Для того чтобы минимизировать последствия этого воздействия необходимо усовершенствовать агротехнические приемы.

Применение средств защиты растений, хотя и способствует снижению потерь сельскохозяйственной продукции в результате борьбы с вредителями, болезнями, но приводит к загрязнению окружающей среды. Листовая подкормка позволяет обеспечить быстрый и эффективный доступ растений к необходимым микро- и макроэлементам для их роста и развития, поглощая питательные вещества практически сразу после их внесения, что особенно важно в случаях дефицита элементов питания. На растениях томатов, как правило, большая часть рабочего раствора не достигает нижних ярусов листовой поверхности, обратной стороны листа и стебля растений томата, ухудшая равномерность распределения капель, что приводит к неэффективной борьбе с вредителями, болезнями и поступлением необходимых элементов питания [7-11].

В таблице 1 приведены данные, рекомендованные производителями химических средств по защите растений и листовой подкормки по фазам развития. При выращивании томатов в фазе развития 3-5 листьев культуры целесообразно производить полосовое опрыскивание. На этом этапе томат активно развивает вегетативную массу и применение удобрений по листу способствует укреплению иммунитета и усилению роста растений. Применение средств защиты растений в этот период предотвращает появление заболеваний, за счет чего повышается продуктивность и устойчивость растений к стрессам.

Таблица 1 – Обработка растений томатов (полосовое опрыскивание)
Table 1 – Treatment of tomato plants (strip spraying)

Дни / Days	7-14	14-21	21-28	28-35	56-70	70-85	85-100	130
Высота растений, см / Plant height, cm	3	8	15	25	40	55	70	85
Назначение / Appointment	Всходы / Sprouts	Фаза 1-2 листьев культуры / Phase 1-2 leaves of the crop	Фаза 2-4 листьев культуры / Phase 2-4 leaves of the crop	Фаза 3-5 листьев культуры / Phase 3-5 leaves of the crop	Бутонизация / Budding	Цветение / Flowering	Завязывание плодов / Fruit setting	Созревание / Maturation
1. Защита от болезней / Protection from disease				+	+	+	+	+
2. Защита от вредителей / Protection from pests					+	+	+	+
3. Листовая подкормка / Foliar feeding				+	+	+	+	

На протяжении всего вегетационного периода томат атакуют вредители – паутинный клещ, табачный трипс, белокрылка, совка. В основном они находятся на обратной стороне листа, что затрудняет распределение капель рабочего раствора на вредный объект. При этом эффективность препарата снижается, ухудшается состояние растений.

Поэтому при внесении удобрений и средств защиты растений все большее внимание следует уделять таким факторам, как качество распыливания раствора, размер формируемых капель, степень покрытия раствором листовой пластины [12-14].

Кроме того, переход со сплошного на полосовое опрыскивание приводит к снижению гектарной нормы несения рабочего раствора в пределах перераспределения его по полосам воздействия, что снижает соответственно и общий расход действующего вещества. Кроме того, снижение гектарного расхода дополнительно снижает прямые технические затраты из-за уменьшения количества заправок опрыскивателя. Как следствие, снижаются следующие финансовые затраты на 1 гектар: затраты на средства защиты и питания растений; ГСМ; содержание трактора; содержание опрыскивателя; заработная плата механизатора и обслуживающего персонала.

Piotr Rybacki и др. изучали технологию полосового опрыскивания на посадках моркови [15]. В эксперименте, проведенном в 2015-2018 годах, оценивалось влияние гербицидов на урожайность моркови. Опыливание осуществлялось за счет регулирования форсунки и изменения расстояния до обрабатываемой поверхности. Это позволило добиться точного внесения гербицидов, что обеспечило снижение расхода гербицидов и уменьшение риска загрязнения окружающей среды по сравнению с традиционным способом опрыскивания. В фазу активного роста моркови, когда листья начали смыкаться, применялись защитные экраны, которые отодвигали листья и обеспечивали возможность опрыскивания боковых сторон грядок. Авторы доказали, что существенной разницы между традиционным и полосовым способами опрыскивания нет. Общая и товарная урожайность, а также качественные показатели моркови, при обоих способах статистически не различались.

A Santosh Kumar, Manjeet Singh and Mahesh K Narang изучали новую технологию опрыскивания на хлопчатнике [16]. В Пенджабском сельскохозяйственном университете на кафедре сельскохозяйственной техники и энергетики ими была разработана платформа с высоким клиренсом для двухколесных тракторов с системой опрыскивания. Установка оснащена: автоматическим вращающимся пистолетом-распылителем, штангой со стандартными форсунками и аппликатором Dropleg^{UL}. Стандартными форсунками обрабатывалась верхняя часть растений, а с помощью форсунок на аппликаторе Dropleg^{UL} рабочий раствор попадал внутрь растений, к стеблям и на нижнюю часть листьев хлопчатника, что эффективно сказалось на популяции белокрылки. В результате 65-75% взрослых особей белокрылки были уничтожены, по сравнению с ранцевым опрыскивателем, с помощью которого было уничтожено только 50-65%.

Заключение. Разработанное технологическое и техническое решение позволяют регулировать процесс полосового опрыскивания за счет изменения ширины обрабатываемой полосы, снизить высоту расположения штанги над растениями в 2-3 раза, что способствует точному внесению средств защиты растений и удобрений при выращивании томатов с учетом фазы развития, уменьшить снос и испарение рабочего раствора. Данный подход позволяет снизить гектарную норму внесения средств защиты растений и минимизировать их воздействие на окружающую среду. Кроме того, внедрение полосового опрыскивания позволяет сократить затраты на средства защиты и питания растений; ГСМ; содержание трактора; содержание опрыскивателя; заработную плату. Нет необходимости в дополнительных затратах на специальные устройства для полосового опрыскивания, так как специалист оперативно может настроить оборудование под конкретную фазу роста и развития растений с учетом архитектурных особенностей. Результаты исследования подчеркивают важность дальнейшего развития и внедрения данной технологии на предприятиях, что открывает новые возможности для эффективного и экологически безопасного выращивания томатов.

Conclusions. The developed technological and technical solutions allow to regulate the process of strip spraying by changing the width of the treated strip, to reduce the height of the boom above the plants in 2-3 times, which contributes to the accurate introduction of plant protection products and fertilizers in the cultivation of tomatoes taking into account the phase of development, to reduce drift and evaporation of the working solution. This approach allows to reduce the hectare rate of plant protection products application and minimize their impact on the environment. In addition, the introduction of strip spraying allows to reduce the cost of plant protection and nutrition products; fuel and lubricants; tractor maintenance; sprayer maintenance; wages. There is no need for additional costs for special devices for strip spraying, as a specialist can quickly adjust the equipment to the specific phase of plant growth and development, taking into account the architectural features. The results of the study emphasize the importance of further development and implementation of this technology in enterprises, which opens up new opportunities for efficient and environmentally friendly tomato cultivation.

Библиографический список

1. Борисенко И. Б. Научные аспекты технической модернизации опрыскивателей для химической защиты подсолнечника. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 340-349.
2. Борисенко И. Б. Теоретическое обоснование равномерности нанесения рабочего раствора на объект воздействия при обработке пропашных культур способом полосового опрыскивания. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 4 (64). С. 296-305.
3. Ivić S., Andrejčuk A., Družeta S. Autonomous control for multi-agent non-uniform spraying. Applied Soft Computing. 2019. Pp. 742-760.
4. Matthews G.A., Thomas N. Working towards more efficient application of pesticides. Pest Management Science. 2000. № 56. Pp. 974-976.
5. Wang S., Xu T., Li X. Development Status and Perspectives of Crop Protection Machinery and Techniques for Vegetables. Horticulturae. 2022. V. 8. P. 166.
6. Yujiang G, Huibo H. E., Huaying L. I.*, Daming W., Mian Z. Design and experimental study of a vehicle-mounted fertilizing and spraying machine. INMATEH - Agricultural Engineering. 2023. V. 69 (1). Pp. 55-64.
7. Foster H. C., Sperry B. P., Reynolds D. B., Kruger G. R., Clause S. Reducing herbicide particle drift: effect of hooded sprayer and spray quality. Weed Tech. 2018. V. 32 (6). Pp. 714-721.
8. Singh S. S., Dwivedi S. K. Evaluation of different newer chemical pesticides through on farm testing (OFTs) against major pests and diseases of vegetable crops. Progress. Hortic. 2020. V. 52. Pp. 193-198.
9. Li X., Lu D., Wang S., Fan D., Zhou H., Lv X. Simulation and test on droplet distribution and deposition of fixed-pipe cold fogging system in greenhouse. Trans. CSAM 2020. V. 51 (Suppl. S2). Pp. 261-267.
10. Nguyen T. M.; Le N. T. T., Havukainen J., Hannaway D.B. Pesticide use in vegetable production: A survey of Vietnamese farmers' knowledge. Plant Protect. Sci. 2018. V. 54. Pp. 203-214.
11. Wise J. C., Miles L. A., Acimovic D., Vandervoort C., Isaacs R., Miles T. D. Sprayer Type and Water Volume Influence Spatial Patterns of Pesticide Deposition and Control of Diseases and Insect Pests of Highbush Blueberries. Int. J. Fruit Sci. 2020. V. 20 (Suppl. S3). Pp. 1805-1818.
12. Wang S., Li X., Liu Y. et al. Comparison of a new knapsack mist sprayer and three traditional sprayers for pesticide application in plastic tunnel greenhouse. Phytoparasitica. 2022. V. 50. Pp. 177-190.
13. Musiu E. M., Qi L., Wu Y. Spray deposition and distribution on the targets and losses to the ground as affected by application volume rate, airflow rate and target position. Crop Prot. 2019. V. 116. Pp. 170-180.
14. Failla S., Romano, E. Effect of spray application technique on spray deposition and losses in a greenhouse vegetable nursery. Sustainability. 2020. V. 12. P. 7052.
15. Rybacki P., Przygodziński P., Blecharczyk A., Kowalik I. Strip spraying technology for precise herbicide application in carrot fields. Open Chemistry. 2022. V. 20. Pp. 287-296.
16. Santosh K., Manjeet S., Mahesh K. N. New efficient spray technology for cotton crop. Indian Farming. 2020. V. 70 (05). Pp. 13-15.

References

1. Borisenko I. B., Meznikova M. V., Ulybina E. I. Scientific aspects of the technical modernization of the sprayers for chemical protection of sunflower. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2020. № 4 (60). Pp. 340-349.
2. Borisenko I. B. Theoretical justification of the uniform application of a working solution on the impacted object during the treatment of around crops by the method of strip spraying. Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp. 2021. № 4 (64). Pp. 296-305.
3. Ivić S., Andrejčuk A., Družeta S. Autonomous control for multi-agent non-uniform spraying. Applied Soft Computing. 2019. Pp. 742-760.
4. Matthews G.A., Thomas N. Working towards more efficient application of pesticides. Pest Management Science. 2000. № 56. Pp. 974-976.
5. Wang S., Xu T., Li X. Development Status and Perspectives of Crop Protection Machinery and Techniques for Vegetables. Horticulturae. 2022. V. 8. P. 166.
6. Yujiang G, Huibo H. E., Huaying L. I.*, Daming W., Mian Z. Design and experimental study of a vehicle-mounted fertilizing and spraying machine. INMATEH - Agricultural Engineering. 2023. V. 69 (1). Pp. 55-64.
7. Foster H. C., Sperry B. P., Reynolds D. B., Kruger G. R., Clause S. Reducing herbicide particle drift: effect of hooded sprayer and spray quality. Weed Tech. 2018. V. 32 (6). Pp. 714-721.
8. Singh S. S., Dwivedi S. K. Evaluation of different newer chemical pesticides through on farm testing (OFTs) against major pests and diseases of vegetable crops. Progress. Hortic. 2020. V. 52. Pp. 193-198.
9. Li X., Lu D., Wang S., Fan D., Zhou H., Lv X. Simulation and test on droplet distribution and deposition of fixed-pipe cold fogging system in greenhouse. Trans. CSAM 2020. V. 51 (Suppl. S2). Pp. 261-267.
10. Nguyen T. M.; Le N. T. T., Havukainen J., Hannaway D.B. Pesticide use in vegetable production: A survey of Vietnamese farmers' knowledge. Plant Protect. Sci. 2018. V. 54. Pp. 203-214.
11. Wise J. C., Miles L. A., Acimovic D., Vandervoort C., Isaacs R., Miles T. D. Sprayer Type and Water Volume Influence Spatial Patterns of Pesticide Deposition and Control of Diseases and Insect Pests of Highbush Blueberries. Int. J. Fruit Sci. 2020. V. 20 (Suppl. S3). Pp. 1805-1818.
12. Wang S., Li X., Liu Y. et al. Comparison of a new knapsack mist sprayer and three traditional sprayers for pesticide application in plastic tunnel greenhouse. Phytoparasitica. 2022. V. 50. Pp. 177-190.
13. Musiu E. M., Qi L., Wu Y. Spray deposition and distribution on the targets and losses to the ground as affected by application volume rate, airflow rate and target position. Crop Prot. 2019. V. 116. Pp. 170-180.

14. Failla S., Romano, E. Effect of spray application technique on spray deposition and losses in a greenhouse vegetable nursery. *Sustainability*. 2020. V. 12. P. 7052.

15. Rybacki P., Przygodziński P., Blecharczyk A., Kowalik I. Strip spraying technology for precise herbicide application in carrot fields. *Open Chemistry*. 2022. V. 20. Pp. 287-296.

16. Santosh K., Manjeet S., Mahesh K. N. New efficient spray technology for cotton crop. *Indian Farming*. 2020. V. 70 (05). Pp. 13-15.

Информация об авторах

Борисенко Иван Борисович, доктор технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН» (Российская Федерация, 416251, Астраханская область, Черноярский район, с. Солёное Займище, квартал Северный, 8) <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, e-mail: borisenivan@yandex.ru
Габуншина Алтана Анатольевна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого овощеводства и бахчеводства – филиал ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (Российская Федерация, 416341, Астраханская область, г. Камызяк, ул. Любича, 16), <https://orcid.org/0000-0001-8782-1474>, e-mail: altana.gabunshina@yandex.ru

Author's Information

Borisenko Ivan Borisovich, Doctor of Engineering Sciences, senior researcher, Agrarian Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (Russian Federation, Astrakhan region, Chernoyarsky district, Solenoe Zaymische Village, Severny Quarter, 8) <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-6486-9210>, e-mail: borisenivan@yandex.ru

Gabunshina Altana Anatolyevna, junior researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Vegetable Growing and Melon Growing – Branch of the Federal State Budgetary Institution «Caspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences» (Russian Federation, 416341, Astrakhan Region, Kamyzyak, Lyubich st., 16), <https://orcid.org/0000-0001-8782-1474>, e-mail: altana.gabunshina@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-40

THE IMPROVING OF THE QUALITY OF NATURAL WATERS USING ZEOLITE FLASKS

Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Gizzatova G. L., Bochkova I. A., Bocharnikova O. V., Soloviev A. V.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: masha2008-1988@mail.ru

Received 11.12.2024

Submitted 21.01.2025

Summary

The article presents the results of a study of surface water sources for the presence of excess concentrations of chemical elements. Data on seasonal changes in the concentration of total iron, ammonia and urea were obtained. An improvement in the quality of natural water was obtained using zeolite flasks used as a sorption filter loading.

Abstract

Introduction. Under conditions of anthropogenic impact, the volume of urea intake into the environment is not compensated by the rate of their microbial utilization. As a consequence of this metabolic imbalance in the environment, including water, the level of nitrogenous pollutant increases. In our opinion, the use of natural sorbents as filtration loading to reduce the concentration of urea (urea) and nitrogenous pollutants is relevant. Application of natural zeolite sorbent provides reduction of chemical substances concentration by more than 90%, its service life is from 2 to 5 years, which is much higher than that of synthetic ones. Due to this the economic effect increases and the ecological load decreases at realization of water treatment processes. **Object.** The objects of research are surface waters of Volgograd region. **Materials and methods.** The research was conducted at the Department of Chemistry and Microbiology of the Volgograd State Agrarian University. Bertlo and photocolormetric methods were used. **Results and conclusions.** As a result of the research the graphs of seasonal fluctuations of concentration of total iron, ammonium nitrogen salts and urea in water bodies of Volgograd region were obtained. Based on the results of the study, it can be argued that there is a need to improve the quality of surface water for further use for irrigation of agricultural crops. Experimental studies have been carried out.

Keywords: quality of natural waters, natural sorbents, zeolite, urea (urea), ammonium nitrogen salts.

Citation. Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Gizzatova G. L., Bochkova I. A., Bocharnikova O. V., Soloviev A. V. The improving of the quality of natural waters using zeolite flasks. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 379-385 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-40.

The 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 631.6.03

**УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРИРОДНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ЦЕОЛИТОВЫХ ОПОК****Бочарников В. С.**, доктор технических наук, профессор**Денисова М. А.**, кандидат технических наук, доцент**Гиззатова Г. Л.**, кандидат технических наук**Бочкова И. А.**, кандидат сельскохозяйственных наук**Бочарникова О. В.**, доктор технических наук, профессор**Соловьев А. В.**, кандидат технических наук, доцентФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. В условиях антропогенного воздействия объемы поступления мочевины в окружающую среду не компенсируются скоростью их микробиальной утилизации. Как следствие этого метаболического дисбаланса в окружающей среде, в том числе в воде, повышается уровень азотистого поллютанта. На наш взгляд, использование именно природных сорбентов в качестве фильтрационной загрузки для снижения концентрации карбамидов (мочевины) и азотистых поллютантов, является актуальным. Применение природного сорбента цеолита обеспечивает снижение концентрации химических веществ более чем на 90%, срок его эксплуатации составляет от 2 до 5 лет, что намного выше, чем у применяемых синтетических. За счет этого увеличивается экономический эффект и снижается экологическая нагрузка при реализации процессов водоочистки. **Объект.** Объектами исследования являются поверхностные воды Волгоградской области. **Материалы и методы.** Исследования проводились на кафедре «Химия и микробиология» ФГБОУ ВО Волгоградского государственного аграрного университета. Использовались методы Бертло и фотоколориметрический. **Результаты и выводы.** В результате исследований были получены графики сезонных колебаний концентрации общего железа, аммонийных солей азота и карбамида в водных объектах Волгоградской области. Исходя из результатов исследования, можно утверждать, что есть необходимость улучшения качества поверхностных вод для дальнейшего их использования для полива сельскохозяйственных культур. Выполнены экспериментальные исследования использования цеолитовых опок в качестве фильтрующей загрузки сорбционного фильтра. Был подобран фракционный состав зерен цеолита 4,0 мм. Оптимальное время фильтрации составило 4 часа, за этот период концентрация общего железа и аммиака снизилась на 99%, что обеспечило соответствие воды санитарным нормам.

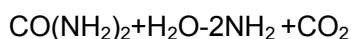
Ключевые слова: качество природных вод, природные сорбенты, цеолит, карбамид (мочевина), аммонийные соли азота.

Цитирование. Бочарников В. С., Денисова М. А., Гиззатова Г. Л., Бочкова И. А., Бочарникова О. В., Соловьев А. В. Улучшение качества природных вод с использованием цеолитовых опок. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 379-386. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-40.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Природные воды являются основным источником водных ресурсов, к ним относятся реки, озера, пруды и т.д. Данные воды не всегда соответствуют санитарным нормам, поэтому есть необходимость для улучшения их качества [1, 2, 3]. Обеспечение качественной водой фермерских хозяйств в частности и сельскохозяйственного производства в целом, является важной задачей, решение которой способствует повышению его эффективности [4, 5]. При изучении поверхностных водных источников Волгоградской области, можно отметить присутствие аммонийных солей азота, а также карбамида. Следствием этого являются природные поллютанты зоогенного и антропогенного происхождения. В ареале крупных городов карбамид и аммонийные соли поступают в поверхностные воды со сточными водами, особую роль в образовании солей следует отнести к реакции биотического гидролиза карбамида, под действием микробного фермента уреазы:



Помимо аммонийных солей и карбамида в поверхностных водах присутствуют соединения общего железа. Для улучшения качества природной воды в современном мире применяют сорбционную фильтрацию [6, 7] и другие биологические и физические методы [8, 9]. Технология сорбционной фильтрации представляет собой применение пористого сорбента, который используется в качестве фильтрационной загрузки [10, 11]. В настоящее время количество сорбентов огромное количество, как природных, так и синтетических. В основном на производствах используют синтетические сорбенты, так как они являются более дешевым материалом, но срок их службы намного меньше, чем у природных [12, 13].

Рассмотрим цеолитовые опки природного происхождения, их пористая кристаллическая решетка работает подобно губке. Сорбент хорошо удаляет из воды многие химические загрязнители [14, 15, 16], такие как аммонийные соединения, все виды железа и тяжелые металлы. Срок службы варьируется от 2 до 5 лет в зависимости от качества загрязнения поверхностного источника [17, 18].

Целью данного исследования является применение природных цеолитовых опок в качестве фильтрационного материала для снижения концентрации аммонийных солей, карбамида и железа из поверхностных водоисточников.

Материалы и методы. Объектами исследования являются поверхностные водоисточники, такие как пруд с. Червленое, река Волга, река Червленая, канал имени Ленина.

Уровень аммонийных солей азота, карбамид определяли с помощью индофинольной реакции Бертло. Общее железо исследовалось фотоколориметрическим методом.

Исследования проводились с учетом сезонных колебаний. Уровень аммонийного азота показал, что последний наиболее высок в летнее время года, тогда как в холодное время концентрация аммонийного азота идет на убыль. Сезонное исследование содержания карбамида показало, что максимальное содержание приходится на март месяц, тогда как летнее время года характеризовалось более низким уровнем. Содержание железа в водных источниках колебалось практически на одном уровне независимо от сезонного периода.

Нами предлагается сорбент для снижения концентрации химических элементов в поверхностных водоисточниках при помощи цеолитовых опок. Данный сорбент будет использован в качестве сорбционной загрузки фильтра. Цеолитовые опки обладают высокими свойствами сорбции, то есть поглощением и закупориванием химических примесей в своих порах.

Для загрузки фильтра была подобрана фракция цеолитовых опок при помощи сита размером 4,0 мм.

Результаты и обсуждения. Содержание аммиака в исследуемых природных водах заметно колебалось, достигая максимума в пруду с. Червленое. В канале и реке аммиак не значительно превышал принятой предельно допустимой концентрации (ПДК = 118 мкмоль/л) результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Концентрация аммонийных солей азота в исследуемых водах.

Table 1 – Concentration of ammonium nitrogen salts in the studied waters.

Исследуемые водоисточники / Studied water sources	Концентрация содержания аммонийных солей азота (мкмоль/л) / Concentration of ammonium nitrogen salts (μmol/L)
Пруд / Pond	150
Канал имени Ленина / Lenin Canal	120,2
Река Червленая / Chervlena River	124,8
Река Волга / Volga River	127,1

При исследовании сезонных колебаний аммонийных солей азота показало превышение предельной концентрации в летний период времени, как в холодное время концентрация падает, результаты приведены на рисунке 1.

Из данных на рисунке 1 видно, что концентрация аммонийных солей азота в стоячих и проточных водоемах была практически идентичной.

В условиях скопления людских масс объемы поступления карбамида (мочевины) в окружающую среду не компенсируются скоростью их микробиальной утилизации. Как следствие этого метаболического дисбаланса в окружающей среде, в том числе в воде, повышается уровень азотистого поллютанта.

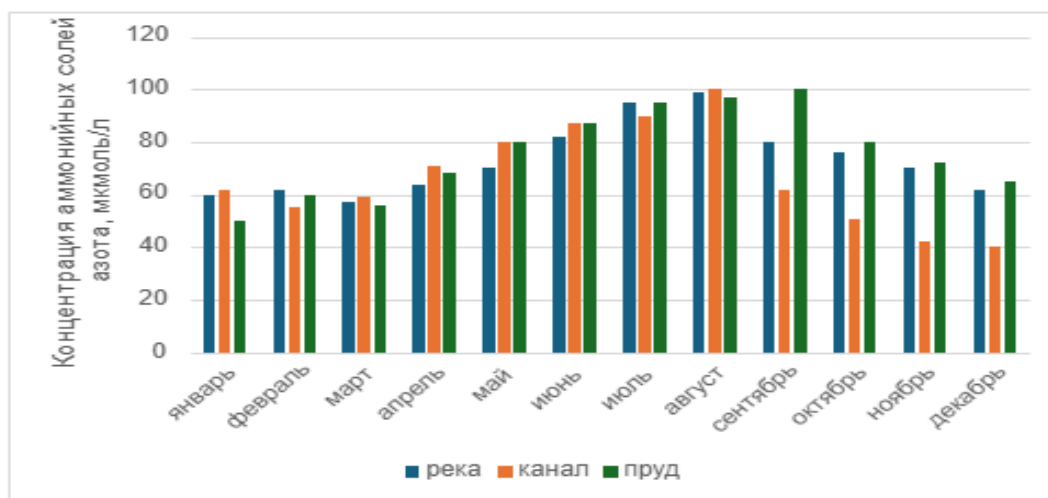


Рисунок 1 – Сезонные колебания концентрации аммонийных солей азота
Figure 1 – Seasonal fluctuations of ammonium nitrogen salts concentration

Результаты исследования содержания карбамида в естественных водоемах пригородной зоны приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрация карбамида в поверхностных водоисточниках
Table 2 – Urea concentration in surface water sources

Исследуемый объект / Investigated object	Карбамид (мкмоль/л) / Urea ($\mu\text{mol/L}$)
Пруд / Pond	10,3
Канал имени Ленина / Lenin Canal	6,7
Река Червлёная / Chervlena River	6,7
Река Волга / Volga River	8,7

Из приведенных результатов в таблице 2 видно, что в естественных водоемах уровень мочевины был заметно ниже и не превышал принятой санитарно-гигиенической нормы (ПДК=1300 мкмоль/л). В силу простоты и чувствительности разработанного метода количественного определения мочевины в образцах воды его вполне можно использовать в санитарно-гигиенических исследованиях для оценки загрязнения водоемов.

При исследовании сезонных колебаний карбамида показало превышение предельной концентрации в весенний период времени, как в летнее время концентрация падает, результаты приведены на рисунке 2.

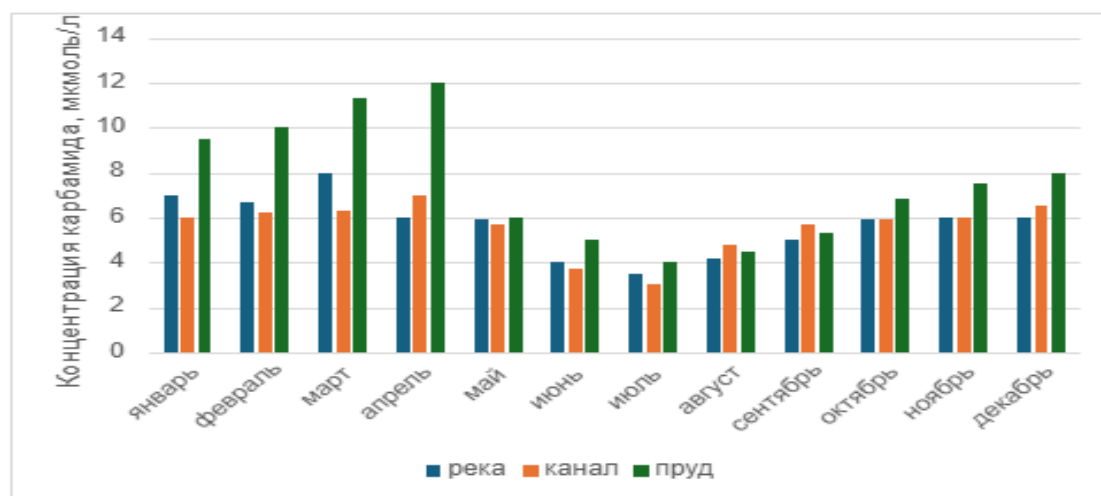


Рисунок 2 – Сезонные колебания концентрации карбамида в исследуемых водоемах
Figure 2 – Seasonal fluctuations of urea concentration in the studied water bodies

При сопоставлении концентраций « NH_3 » и « $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ » наблюдается обратная корреляция между ними. В связи с этим предлагается ввести в практику экологических исследований «аммонийно-мочевинный индекс», т.е. отношение содержания аммиака к уровню мочевины в образцах воды.

На рисунке 3 приведены исследования сезонных колебаний общего железа в исследуемых водных источниках.

Из графика видно, что в различные сезонные периоды концентрация общего железа находилась в интервале от 3,0–4,8 мг/л.

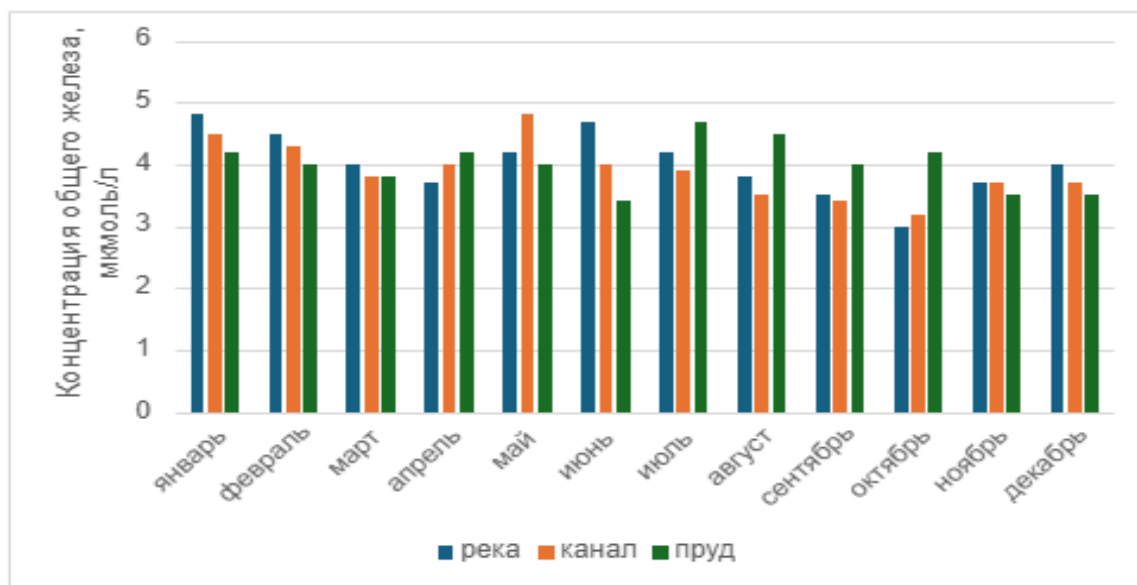


Рисунок 3 – Сезонные колебания общего железа в исследуемых водоисточниках

Figure 3 – Seasonal variations of total iron in the studied water sources

Исходя из результатов исследования, можно утверждать, что есть необходимость улучшения качества поверхностных вод для дальнейшего их использования для полива сельскохозяйственных культур.

Для очистки исследуемой воды нами был собран лабораторный фильтр в виде цилиндра с загрузкой из цеолита фракцией 4,0 мм. Фильтрование проводили в течение 4 часов. После фильтрования был выполнен химический анализ исследуемой воды на предмет снижения концентрации химических примесей.

Таблица 3 – Концентрация исследуемых химических примесей в исследуемых поверхностных водоисточниках

Table 3 – Concentration of investigated chemical impurities in the studied surface water sources

Наименование водоисточника / Name of water source	Карбамид мкмоль/л / Urea $\mu\text{mol/L}$	Аммонийные соли азота мкмоль/л / Ammonium nitrogen salts $\mu\text{mol/L}$	Общее железо мг/л / Total iron mg/l
Пруд / Pond	10,3	117,8	2,85
Канал имени Ленина / Lenin Canal	6,7	118,0	3,0
Река Червленая / Chervlena River	6,7	117,9	3,05
Река Волга / Volga River	8,7	118,03	3,0

Из таблицы видно, что концентрация общего железа и аммонийных солей азота была снижена до предельно допустимой концентрации, а карбамид остался на том же уровне, так как соответствует санитарным нормам.

Заключение. Получены положительные результаты проведенных исследований, в частности по снижению концентрации химических примесей до предельно допустимой концентрации при помощи цеолитовых опок.

Получены показатели по снижению концентрации общего железа и аммонийных солей азота на 99% при фильтровании через цеолитовую загрузку в течение 4 часов. Карбамиды остались с неизменными показателями, их содержание не превышало санитарные нормы. Поэтому можно утверждать, что полученные результаты подтверждают эффективность применения цеолитовых опок при необходимости снижения концентрации в воде общего железа и аммонийных солей азота, что позволяет применять очищенную воду в качестве поливной для сельскохозяйственных культур.

Conclusions. Positive results of the conducted researches were obtained, in particular on reduction of concentration of chemical impurities to the maximum permissible concentration by means of zeolite opoks.

The indicators on reduction of concentration of total iron and ammonium nitrogen salts by 99% at filtration through zeolite loading during 4 hours were obtained. Urea remained with unchanged indicators, their content did not exceed sanitary norms. Therefore, it can be stated that the obtained results confirm the effectiveness of zeolite ops when it is necessary to reduce the concentration of total iron and ammonium nitrogen salts in water, which allows the use of treated water as irrigation water for agricultural crops.

Библиографический список

1. Alekseeva T. P., Burmistrova T. I., Trunova N. M., Naumova L. B., Shilyaeva L. P. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil. Tomsk, 2017. V. 33. I. 4. Pp. 85-91
2. Ignatkina D. O., Batmanov V. P., Belogorodskaya M. Yu., Gizzatova G. L. Innovative solutions to improve the purification method of chromium-containing waste water. Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development: Materials Science and Engineering. 2021. P. 012092.
3. Ovchinnikov A. S. et al. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga. The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. V. 341. P. 012107.
4. Popova L. et al. Prospects for the Digitalization of Regional Agro-industrial Complex. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Switzerland : Springer Nature, 2020. Vol. 111. Pp. 687-694.
5. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Мещеряков М. П., Бочарникова О. В. Агротехника возделывания овощных культур в условиях орошения. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2017. № 4(48). С. 10-16.
6. Денисова М. А., Бочарников В. С. Каскадный способ фильтрования сточных вод с использованием ферритовых реагентов. Мелиорация и водное хозяйство. 2019. № 4. С. 20-23.
7. Москалев Е. В., Кудряшов А. Ф., Рабин А. В. Применение графенового сорбента в фильтрах для очистки поверхностных вод и горячей воды. Экология и промышленность России. 2017. Т. 21. № 12. С. 18-23.
8. Чертков М. П. Применение биологических методов очистки воды при водоподготовке и очистке сточных вод. Российский инженер. 2017. № 1. С. 44-49.
9. Назаров В. Д., Назаров М. В. Электрохимические фильтры для очистки природных и сточных вод. Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2017. № 5 (113). С. 16-24.
10. Feng X., Wang X., Chen Z., Chen J. Nitrogen removal from iron oxide red wastewater via partial nitrification-Anammox based on two-stage zeolite biological aerated filter. Bioresource Technology. 2019. Pp. 17-24.
11. Овчинников А. С., Бочарников В. С., Денисова М. А. Технология очистки стоков птицеводческих предприятий с использованием природных сорбентов при добавлении ферритной суспензии. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (1). С. 15-22.
12. Kazeminejadfar F., Hojati M. R. 2019 Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropyldistarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications. Journal of Applied Polymer Science. 2019. No 136 (16). P. 4736.
13. Юрков А. К., Козлова И. А., Бирюлин С. В. Исследование возможности применения угольных фильтров для очистки радоносодержащей воды. Уральский геофизический вестник. 2018. № 2 (32). С. 67-70.
14. Федотова Ю. В., Спицын А. А. Очистка сточных вод лесохимических производств. Евразийский союз ученых. 2019. № 12-5 (69). С. 46-51.
15. Smolyanichenko A. S., Yakovleva E. V. Optimization of the process of industrial wastewater treatment by disaggregation of phase-dispersed contaminants. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14. No 6. Pp. 34-50.
16. Hajiyeva S. R., Shamilov N. T., Bayramov G. I., Rakida N. M. Ecological effective treatment of industrial wastewater formed in the oil-producing industry by coagulation method. Azerbaijan Chemical Journal. 2021. № 3. Pp. 63-66.
17. Kochetov G., Prikhna T., Kovalchuk O., Samchenko D. 2018 Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. No 3. Pp. 52-60.
18. Фадеев А. Б., Кручинина Н. Е., Зайцева А. Д. Очистка сточных вод от комплексных соединений меди Успехи в химии и химической технологии. 2019. Т. 33. № 5 (215). С. 93-95.

References

1. Alekseeva T. P., Burmistrova T. I., Trunova N. M., Naumova L. B., Shilyaeva L. P. Assessment of effectiveness of zeolite in acceleration of oil degradation in soil. Tomsk, 2017. V. 33. I. 4. Pp. 85-91
2. Ignatkina D. O., Batmanov V. P., Belogorodskaya M. Yu., Gizzatova G. L. Innovative solutions to improve the purification method of chromium-containing waste water. Construction and Architecture: Theory and Practice of Innovative Development: Materials Science and Engineering. 2021. P. 012092.
3. Ovchinnikov A. S. et al. State of the small rivers of the Volga basin within the lower Volga. The proceedings of the conference AgroCON-2019. Kurgan: IOP Publishing Ltd, 2019. V. 341. P. 012107.
4. Popova L. et al. Prospects for the Digitalization of Regional Agro-industrial Complex. Digital Future Economic Growth, Social Adaptation, and Technological Perspectives. Switzerland : Springer Nature, 2020. Vol. 111. Pp. 687-694.
5. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Meshcheryakov M. P., Bocharnikova O. V. Agricultural technology of vegetable crops cultivation under irrigation conditions. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2017. № 4(48). Pp. 10-16.
6. Denisova M. A., Bocharnikov V. S. Cascade method of wastewater filtration using ferrite reagents. Land reclamation and water management. 2019. № 4. Pp. 20-23.
7. Moskalev E. V., Kudryashov A. F., Rabin A. V. Application of graphene sorbent in filters for cleaning surface waters and hot water. Ecology and Industry of Russia. 2017. V. 21. № 12. Pp. 18-23.
8. Chertkov M. P. Application of biological methods of water purification in water preparation and wastewater treatment. Russian engineer. 2017. № 1. Pp. 44-49.
9. Nazarov V. D., Nazarov M. V. Electrochemical filters for natural and wastewater treatment. Water treatment. Water supply. 2017. № 5 (113). Pp. 16-24.
10. Feng X., Wang X., Chen Z., Chen J. Nitrogen removal from iron oxide red wastewater via partial nitrification-Anammox based on two-stage zeolite biological aerated filter. Bioresource Technology. 2019. Pp. 17-24.
11. Ovchinnikov A. S., Bocharnikov V. S., Denisova M. A. Technology of Wastewater Treatment of Poultry Enterprises Using Natural Sorbents with the Addition of Ferritic Suspension. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2019. № 1 (1). Pp. 15-22.
12. Kazeminejad F., Hojati M. R. 2019 Preparation of superabsorbent composite based on acrylic acid-hydroxypropyldistarch phosphate and clinoptilolite for agricultural applications. Journal of Applied Polymer Science. 2019. No 136 (16). P. 4736.
13. Yurkov A. K., Kozlova I. A., Biryulin S. V. Study of the Possibility of Using Carbon Filters for Purification of Radon-Containing Water. Ural Geophysical Bulletin. 2018. № 2 (32). Pp. 67-70.
14. Fedotova Yu. V., Spitsyn A. A. Wastewater Treatment of Timber Chemical Industries. Eurasian Union of Scientists. 2019. № 12-5 (69). Pp. 46-51.
15. Smolyanichenko A. S., Yakovleva E. V. Optimization of the process of industrial wastewater treatment by disaggregation of phase-dispersed contaminants. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022. Vol. 14. No 6. Pp. 34-50.
16. Hajiyeva S. R., Shamilov N. T., Bayramov G. I., Rakida N. M. Ecological effective treatment of industrial wastewater formed in the oil-producing industry by coagulation method. Azerbaijan Chemical Journal. 2021. № 3. Pp. 63-66.
17. Kochetov G., Prikhna T., Kovalchuk O., Samchenko D. 2018 Research of the treatment of depleted nickel-plating electrolytes by the ferritization method Eastern-European J. of Enterprise Technologies. 2018. No 3. Pp. 52-60.
18. Fadeev A. B., Kruchinina N. E., Zaitseva A. D. Wastewater Treatment from Copper Complex Compounds Advances in Chemistry and Chemical Technology. 2019. V. 33. № 5 (215). Pp. 93-95.

Информация об авторах

Бочарников Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел (8442) 41-81-53, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Денисова Мария Алексеевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел (8442) 41-18-35, e-mail: masha2008-1988@mail.ru

Гиззатова Гульнара Линуровна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел (8442) 41-18-35, e-mail: g.gizzatova@volgau.com

Бочкова Инна Александровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел (8442) 41-18-35, e-mail: i.bochkova@volgau.com

Бочарникова Олеся Владимировна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел (8442) 41-81-53, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Соловьев Александр Витальевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр-т Университетский, 26), тел. 8 (8442) 41-17-84, e-mail: 34asolo@gmail.com

Author's Information

Bocharnikov Viktor Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), (8442) 41-81-53, e-mail: bocharnikov_vs@mail.ru

Denisova Maria Alekseevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), (8442) 41-18-35, e-mail: masha2008-1988@mail.ru

Gizzatova Gulnara Linurovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), (8442) 41-18-35, e-mail: g.gizzatova@volgau.com

Bochkova Inna Aleksandrovna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), (8442) 41-18-35, e-mail: i.bochkova@volgau.com

Bocharnikova Olesya Vladimirovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Avenue, 26), (8442) 41-81-53, e-mail: olesya.bocharnikova@mail.ru

Solovyev Aleksander Vitalyevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), 8 (8442) 41-17-84, e-mail: 34asolo@gmail.com

**MODELING OF SOIL PARTICLE COLMATATION IN ARTIFICIALLY CREATED SOIL LAYERS
FOR THE IMPLEMENTATION OF ORGANIC FARMING**^{1,2}Vasilev S. A., ¹Alekseev V. V., ¹Filippov V. P., ²Vasilyev A. A., ²Zabaluev Y. S., ¹Sirotkina M. E.¹Chuvash state University named after I. N. Ulyanov
Cheboksary, Russian Federation²Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics
Knyaginino, Russian Federation

Corresponding author E-mail: vsa_21@mail.ru

Received 08.11.2024

Submitted 09.01.2025

Abstract

Introduction. The scientific article models the processes of moisture conductivity in the inner layers of the soil for the implementation of organic farming. The migration of soil particles through its thickness is a complex process that affects the condition of the soil by changing its structure and properties. The movement of gravitational water in the soil is accompanied by the transfer of small particles, colloids and solutes. At the same time, water can both wash out particles from the upper horizons and transfer them to the lower ones. It is proposed to reduce and prevent internal erosion/suffusion by creating artificial layers-structure-forming agents in the soil. The purpose of such a layer is to regulate the water regime and strengthen the soil structure. **Object.** The purpose of the scientific work is to model the processes of moisture conductivity in the inner layers of the soil, taking into account the specified characteristics of the artificially created layer for the implementation of organic farming. **Materials and methods.** Numerical methods were used to describe the processes of soil moisture flow, in the form of meltwater or irrigation. Dependences reflecting the relationship between the coefficient of moisture conductivity and the pressure of soil moisture were used as the basis for calculating the moisture conductivity function. The application of these dependencies combines the positive aspects of the Terzaghi-Kazagrande model, since it describes the conditions for the onset of suffusion based on the critical pressure gradient and the Skempton model, since it takes into account the granulometric composition of the soil and the criterion of particle stability. **Results and conclusions.** The dependences of the main hydrophysical characteristics obtained for the layers, as well as the relationship between moisture conductivity and soil moisture pressure, were used in the developed program for calculating moisture profiles by numerical methods. The analysis of soil moisture isolines and vectors of soil moisture movement at the boundary and inside the soil layers allowed us to establish how the soil moisture current lines are refracted when crossing the boundary between the layers. By adjusting the characteristics of an artificially created layer, it is possible to obtain cases when the flow direction changes so that the density and length of the current lines increases in a new artificially created layer and soil particles washed out of the overlying layers will be filtered out mainly in it.

Keywords: moisture conduction processes, colmatation, soil particles, internal layers of soil, organic farming.**Citation.** Vasilev S. A., Alekseev V. V., Filippov V. P., Vasilyev A. A., Zabaluev Yu. S., Sirotkina M. E. Modeling of soil particle colmatation in artificially created soil layers for the implementation of organic farming. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 386-393 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-41.**Author's contribution.** All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

УДК 631.4

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЬМАТАЦИИ ПОЧВЕННЫХ ЧАСТИЦ В ИСКУССТВЕННО
СОЗДАВАЕМЫХ СЛОЯХ ПОЧВЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**^{1,2}Васильев С. А., доктор технических наук¹Алексеев В. В., доктор технических наук¹Филиппов В. П., кандидат физико-математических наук²Васильев А. А., кандидат технических наук²Забалуев Ю. С., магистрант¹Сироткина М. Е., кандидат физико-математических наук¹Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова
г. Чебоксары, Российская Федерация²Нижегородский государственный инженерно-экономический университет,
г. Княгинино, Российская Федерация

Аннотация. В научной статье смоделированы процессы влагопроводности во внутренних слоях почвы для реализации органического земледелия. Миграция частиц почвы через ее толщу является сложным процессом, влияющим на состояние почвы путем изменения ее структуры и свойств. Перемещение гравитационной воды в почве сопровождается переносом мелких частиц,

коллоидов и растворенных веществ. При этом вода может, как вымывать частицы из верхних горизонтов, так и переносить их в нижние. Снижение и предотвращение внутренней эрозии/суффозии предлагается осуществлять путем создания искусственных слоев-структурообразователей в почве. Назначение такого слоя – регулирование водного режима и укрепление структуры почвы. **Объект.** Целью научной работы является моделирование процессов влагопроводности во внутренних слоях почвы с учетом заданных характеристик искусственно создаваемого слоя для реализации органического земледелия. **Материалы и методы.** Для описания процессов протекания почвенной влаги, в виде талых вод или при орошении, использовались численные методы. В основе вычислений функции влагопроводности использовались зависимости, отражающие связь между коэффициентом влагопроводности и давлением почвенной влаги. Применение этих зависимостей сочетает положительные моменты модели Терцаги-Казагранде, поскольку описывает условия начала суффозии на основе критического градиента напора и модели Скемптона, поскольку учитывает гранулометрический состав почвы и критерий устойчивости частиц. **Результаты и выводы.** Полученные для слоев зависимости основной гидрофизической характеристики, а также связи между влагопроводностью и давлением почвенной влаги использовались в разработанной программе по расчету профилей увлажнения численными методами. Анализ изолиний влажности почвы и векторов перемещения почвенной влаги на границе и внутри слоев почвы позволил установить, как преломляются линии тока почвенной влаги при пересечении границы между слоями. Регулируя характеристики искусственно создаваемого слоя, можно получить случаи, когда направление потока меняется так, что густота и протяженность линий тока увеличивается в новом, искусственно созданном слое и смывается из вышележащих слоев, частицы почвы будут отфильтрованы преимущественно в нем.

Ключевые слова: процессы влагопроводности, кольматация, почвенные частицы, внутренние слои почвы, органическое земледелие.

Цитирование. Васильев С. А., Алексеев В. В., Филиппов В. П., Васильев А. А., Забалуев Ю. С., Сироткина М. Е. Моделирование кольматации почвенных частиц в искусственно создаваемых слоях почвы для реализации органического земледелия. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 386-393. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-41.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Внутренняя эрозия в почвах – процесс разрушения и выноса частиц почвы внутри ее профиля, который происходит под действием движущейся воды [1]. Этот процесс может приводить к образованию внутренних полостей, каналов и других форм разрушения почвенной структуры. Одними из наиболее опасных явлений, приводящих к внутренней эрозии являются суффозия (вынос мелких частиц почвы потоком фильтрующейся воды) и пайпинг (формирование узких вертикальных каналов, по которым происходит ускоренный вынос частиц). Наиболее подвержены внутренней эрозии легкие, песчаные и супесчаные почвы. Из-за рыхлой, слабосвязанной структуры при высоких градиентах напора в них идет интенсивная эрозия вследствие быстрой фильтрации воды.

Миграция частиц почвы через ее толщу является сложным процессом, влияющим на состояние почвы путем изменения ее структуры и свойств. Перемещение гравитационной воды в почве сопровождается переносом мелких частиц, коллоидов и растворенных веществ [2]. При этом вода может как вымывать частицы из верхних горизонтов, так и переносить их в нижние. Необходимо упомянуть, что другие механизмы миграции, как, например, биологические (перенос частиц корнями растений, микроорганизмами, червями и почвенными животными) и физико-химические (выветривание, растворение минералов), в большинстве случаев имеют гораздо менее выраженный эффект.

Знания о движении почвенной воды важны не только для урожайности и эффективности использования оросительной воды [3], но и для понимания миграции питательных веществ и загрязнений, водного баланса и верхних пределов водоудерживающей способности [4]. Чтобы повысить эффективность орошения и минимизировать глубокую фильтрацию, исследователи попытались изучить свойства почвы и движение почвенной воды в оросительных системах с помощью экспериментов в почвенных резервуарах, численного моделирования и полевых экспериментов [5]. С помощью полевых экспериментов Н. Kumar в 2022 году [6] исследовали специфичные для участка гидравлические свойства почвы в системе орошения с центральным кругом и представили методологию оптимизации специфичной для участка полевой

емкости и пороговых значений орошения. Кроме того, в некоторых исследованиях также изучалось движение почвенной воды при орошении через каналы, орошении по бороздам и естественном выпадении осадков [7] с помощью моделирования и экспериментов. Однако, в отличие от инфильтрации из точечного источника капельного орошения и инфильтрации из равномерного источника по площади при орошении через каналы, орошении по бороздам и выпадении осадков, распределение воды при орошении дождеванием неравномерно. Это усложняет изучение движения почвенной воды в условиях искусственного и естественного дождевания экспериментальными и имитационными методами.

Хорошее понимание почвенных условий и ожидаемого расхода воды с профилем почвы полезно для рационального проектирования систем орошения дождеванием и правильной работы дождевателей [8]. Однако эти исследования были ограничены оценкой перераспределения почвенной влаги в системах орошения с центральным кругом. Исследования, проведенные по движению почвенной влаги при орошении дождеванием, могут быть дополнены более всесторонним анализом систем орошения с фиксированным оросителем и рабочим давлением дождевателей.

Численные модели стали незаменимыми инструментами для оценки и экстраполяции процессов транспортировки воды и питательных веществ в корневых зонах орошаемых систем [8]. Все более широкое применение моделей было выполнено при визуализации процессов, связанных с орошением и удобрением [9]. COMSOL Multiphysics – это общая среда конечно-элементного моделирования, которая позволяет пользователям разрабатывать сложные численные модели с различной геометрией и несколькими управляющими уравнениями. Модуль течения в подповерхностных слоях COMSOL включает функциональность для моделирования однофазного и многофазного потока в пористых материалах. Он обеспечивает вероятность моделирования движения почвенной воды при орошении.

Многими учеными для описания движения воды в ненасыщенных пористых средах, используется уравнение Ричардса, которое учитывает капиллярные и гравитационные силы, действующие на воду в почве:

$$\partial\theta/\partial t = \nabla(K(\theta) \nabla (h + z)), \quad (1)$$

где θ – влажность почвы, K – коэффициент фильтрации, h – давление почвенной влаги, z – высота.

Кроме этого, перенос растворенных веществ и взвешенных частиц в почве описывается уравнением конвективно-диффузионного переноса:

$$\partial C/\partial t = \nabla(D \nabla C - v C), \quad (2)$$

где C – концентрация частиц, t – время, D – коэффициент диффузии, v – скорость фильтрации.

Для изучения миграции частиц почвы с нисходящим гравитационным потоком влаги можно использовать имитационное моделирование, в данном случае потоков почвенной влаги и вероятностной оценкой поглощения содержащихся в ней частиц почвенной толщей [10]. Снижение и предотвращение внутренней эрозии/суффозии предлагается осуществлять путем создания искусственных слоев-структурообразователей в почве. Назначение такого слоя – регулирование водного режима и укрепление структуры почвы. Касательно суффозии понимание механизмов миграции частиц почвы имеет большое значение как для оценки почвенных процессов, так и их регулирования.

Объект исследования. Целью научной работы является моделирование процессов влагопроводности во внутренних слоях почвы с учетом заданных характеристик искусственно создаваемого слоя для реализации органического земледелия.

Материалы и методы. В данной работе для описания процессов протекания почвенной влаги, в виде талых вод [11] или при орошении, использовались численные методы. В основе вычислений – функции влагопроводности как зависимости, отражающие связь между коэффициентом влагопроводности и давлением почвенной влаги. При использовании численных методов для оценки интенсивности миграции почвенных частиц целесообразно объединить с седиментационными моделями уравнение Дарси:

$$q = -k(\partial p/\partial x), \quad (3)$$

где $q = dQ/dt$ – удельный расход воды, $k=k(w)$.

Согласно ранее полученным нами формулам зависимости давления почвенной влаги и коэффициента влагопроводности от влажности имеют вид [1]:

$$p = p' + p'' = \frac{A\Omega_0^3}{w^3} + \Omega_0\sigma_{lg} D(w, \Pi_0), \quad (4)$$

$$K = K_f(\Omega_0, \eta, \Pi_0) \cdot \frac{\lambda \Pi_0^\alpha}{1 - \Pi_0} \left[1 - \left(1 - \frac{w}{\Pi_0} \right)^2 \right], \quad (5)$$

где Ω_0 – объемная удельная поверхность твердой фазы почвы, w – объемная влажность, σ_{lg} – коэффициент поверхностного натяжения, ρ – плотность воды, A – постоянная, $D(w, \Pi_0)$ – функция учитывающая гранулометрический состав, $K_f(\Omega_0, \eta, \Pi_0)$ – коэффициент фильтрации, η – вязкость воды, λ, α – коэффициенты.

Использование формул (4) и (5) сочетает положительные моменты модели Терцаги-Казагранде, поскольку описывает условия начала суффозии на основе критического градиента напора и модели Скемптона, поскольку учитывает гранулометрический состав почвы и критерий устойчивости частиц.

Предварительные исследования проводились на склоновых землях территории землепользования «Семьянское» в Воротынском районе Нижегородской области. На поле площадью 116 га был выбран экспериментальный участок, на котором выращивали зерновую культуру – озимую пшеницу. Почвы исследуемой области в основном представляют серый лесной тип. Они содержат чуть больше перегноя на 3...4%, чем подзолистые почвы, и имеют более значительный гумусовый слой, поэтому относительно плодороднее. Текстура почвы в основном представляет собой суглинок или глину с плохой проницаемостью и не высоким плодородием. Исследуемая область характеризуется умеренно континентальным климатом, со средним годовым количеством осадков 500...550 мм. Атмосферные осадки приводят к сильной эрозии почвы на склоновых землях. Таким образом, процессы инфильтрации осадков играют важную роль в экологических и природоохранных проблемах этого региона. Эрозия почвы и сезонная засуха, особенно в последние годы, в основном происходят в агроэкосистемах этого района, поэтому это исследование было проведено на пахотных землях.

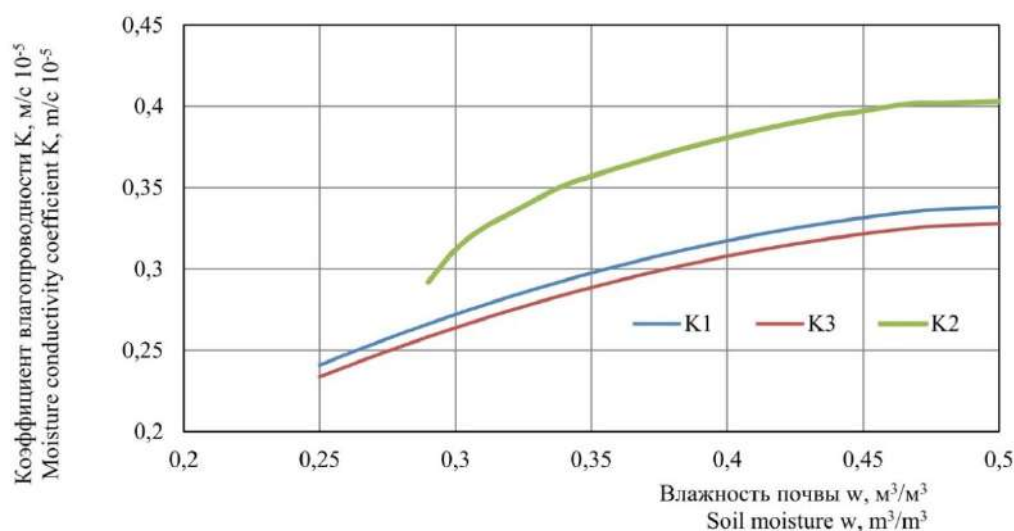
Предварительный эксперимент был проведен для измерения характеристик инфильтрации воды через профиль почвы в сентябре 2024 года (рисунок 1). На каждом участке был выбран квадрат площадью 1 м², на глубину 15 см закладывался искусственный органический пористый слой – измельченная солома толщиной 4...5 см, затем земля была выровнена граблями после удаления поверхностной растительности.



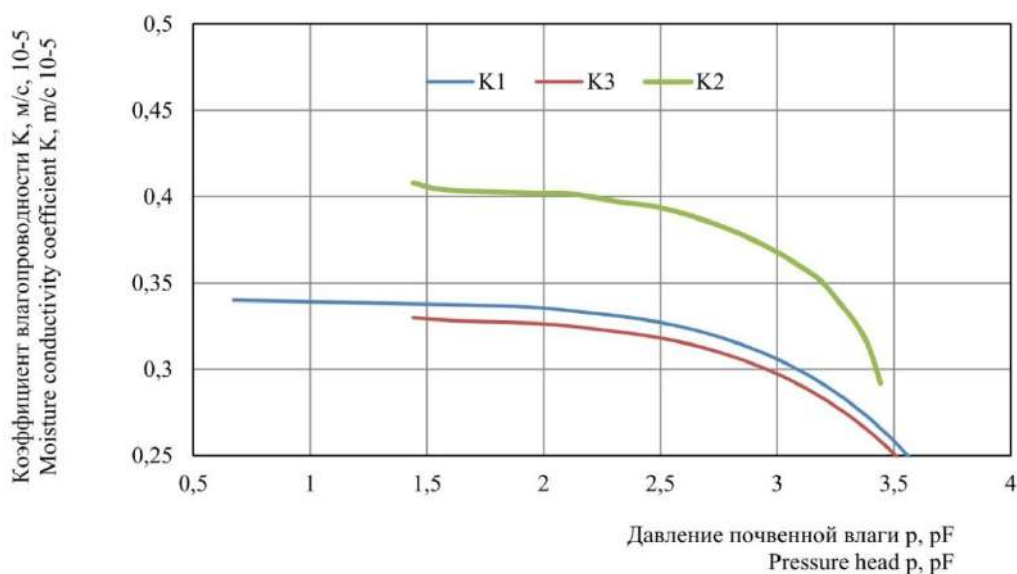
Рисунок 1 – Профиль почвы со слоем измельченной соломы
Figure 1 – Soil profile with a layer of crushed straw

Используя резиновый молоток, металлическое кольцо медленно и равномерно вбивалось в почву, чтобы свести к минимуму нарушение структуры почвы. Вода с известными характеристиками была добавлена с общими объемами 8000 см^3 . Высота столба воды в кольце поддерживалась на уровне 4 см, а скорость инфильтрации рассчитывалась путем регистрации изменений объема воды с течением времени. После инфильтрации кольца накрывали черными пластиковыми листами и оставляли на 24 часа. Результаты предварительных исследований, проведенных по описанной методологии, были приняты к сведению, и будут учтены при дальнейших полевых опытах.

Результаты и обсуждение. Графики функций влагопроводности, подсчитанные для каждого слоя, приведены на рисунке 2.



a)



б)

Рисунок 2 – Функции влагопроводности для трех слоев почвы (K_1 – верхний, K_2 – искусственный, K_3 – нижний): а – зависимость коэффициента влагопроводности от влажности;

б – зависимость коэффициента влагопроводности от давления почвенной влаги

Figure 2 – Moisture conductivity functions for three soil layers (K_1 – upper, K_2 – artificial, K_3 – lower):

a – dependence of the moisture conductivity coefficient on humidity;

b – dependence of the moisture conductivity coefficient on soil moisture pressure

Полученные для трех слоев зависимости основной гидрофизической характеристики, а также связи между влагопроводностью и давлением почвенной влаги $k=k(w)$ и $k=k(p)$, используются в разработанной нами программе по расчету профилей увлажнения численными методами.

Из рисунка 3 видно, как преломляются линии тока почвенной влаги при пересечении границы между слоями. Регулируя характеристики искусственно создаваемого слоя можно получить случаи, когда направление потока меняется так, что густота и протяженность линий тока увеличивается в новом созданном слое. Значит, смытые из вышележащих слоев, частицы почвы будут отфильтрованы преимущественно искусственным слоем.

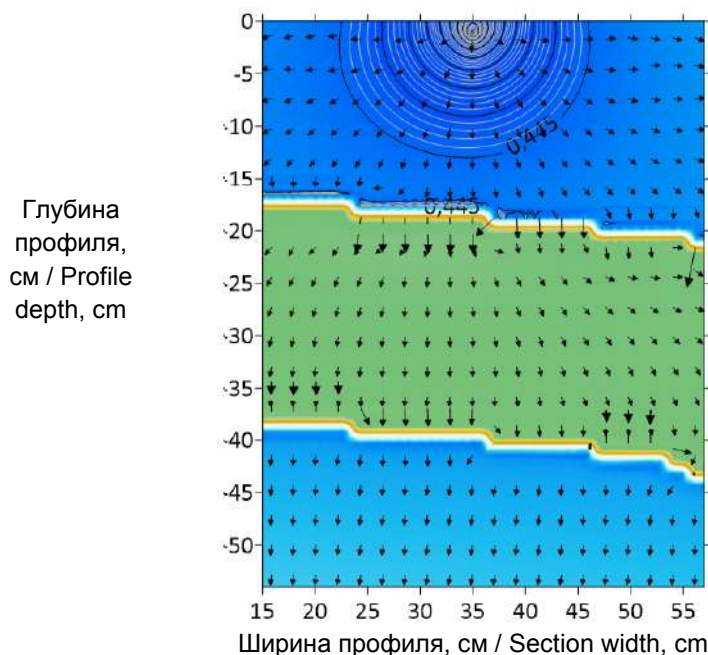


Рисунок 3 – Изолинии влажности почвы и векторы перемещения почвенной влаги на границе и внутри слоев почвы (искусственный слой выделен зеленым)

Figure 3 – Soil moisture isolines and soil moisture displacement vectors at the boundary and inside the soil layers (the artificial layer is highlighted in green)

Как показало компьютерное моделирование, при переходе воды из слоя почвы в искусственный слой направление потока меняется. При этом густота и протяженность линий тока увеличивается в новом созданном слое. Это говорит о том, что частицы почвы, смытые из вышележащих слоев, будут преимущественно отфильтрованы искусственным слоем.

Слой, содержащий опилки или солому, планируется наносить непосредственно поверх слоя «плужной подошвы». Кроме эффекта улавливания почвенных частиц необходимо отметить повышение плодородия и улучшения структуры почвы. Опилки служат пищевым субстратом для почвенных микроорганизмов, что активизирует процессы гумификации и минерализации органического вещества. Органическое вещество, содержащееся в опилках и соломе, обогащает почву питательными веществами, тяжелый уплотненный слой «подошвы» становится более рыхлым и воздухопроницаемым [12].

Выводы. Таким образом, смоделированы процессы влагопроводности во внутренних слоях почвы с учетом заданных характеристик искусственно создаваемого слоя для реализации органического земледелия, в том числе актуальны на склоне [13]. Полученные для слоев зависимости основной гидрофизической характеристики, а также связи между влагопроводностью и давлением почвенной влаги использовались в разработанной программе по расчету профилей увлажнения численными методами. Анализ изолиний влажности почвы и векторов перемещения почвенной влаги на границе и внутри слоев почвы позволил установить, как преломляются линии тока почвенной влаги при пересечении границы между слоями. Регулируя характеристики искусственно создаваемого слоя можно, получить случаи, когда направление потока меняется так, что густота и протяженность линий тока увеличивается в новом, искусственно созданном слое и смытые из вышележащих слоев, частицы почвы будут отфильтрованы преимущественно

в нем. Создание в почвенной толще слоя, содержащего опилки или солому, является важным агротехническим приемом для улучшения ее физических, химических и биологических свойств, что в итоге способствует повышению плодородия и урожайности.

Conclusions. Thus, the processes of moisture conductivity in the inner layers of the soil are modeled, taking into account the specified characteristics of the artificially created layer for the implementation of organic farming, including those relevant on the slope [13]. The dependences of the main hydrophysical characteristics obtained for the layers, as well as the relationship between moisture conductivity and soil moisture pressure, were used in the developed program for calculating moisture profiles by numerical methods. The analysis of soil moisture isolines and vectors of soil moisture movement at the boundary and inside the soil layers allowed us to establish how the soil moisture current lines are refracted when crossing the boundary between the layers. By adjusting the characteristics of an artificially created layer, it is possible to obtain cases when the flow direction changes so that the density and length of the current lines increases in a new artificially created layer and soil particles washed out of the overlying layers will be filtered out mainly in it. The creation of a layer containing sawdust or straw in the soil column is an important agrotechnical technique to improve its physical, chemical and biological properties, which ultimately contributes to increased fertility and yield.

Библиографический список

1. Конюхов В. М., Храмченков М. Г., Чекалин А. Н. Математическое моделирование фильтрационного разрушения грунтов в ходе карстово-суффозионных процессов. Инженерно-физический журнал. 2023. Т. 96. № 1. С. 3-9.
2. Ольгаренко В. И. и др. Роль и динамика инфильтрации в структуре влагообмена зоны аэрации орошаемого поля. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 4. С. 26-39.
3. Алексеев В. С., Чумакова С. В., Русинов А. В. Математическая модель процесса орошения дождевальной машиной сложного рельефа поля. Орошаемое земледелие. 2024. № 1 (44). С. 54-58.
4. Zhou R. X., et al. Identifying soil water movement and water sources of subsurface flow at a hillslope using stable isotope technique. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2023. V. 343. 108286.
5. Пыленок П. И. Применение лизиметров для изучения ресурсоемкости агротехнологий. Инновационные научные исследования. 2023. № 3-2 (27). С. 5-15.
6. Kumar H., et al. Site-specific irrigation scheduling using one-layer soil hydraulic properties and inverse modeling. Agricultural Water Management. 2022. V. 273. 107877.
7. Luo Z., et al. Soil water dynamics and groundwater evolutions of check dams under natural rainfall reduction in semi-arid areas. Journal of Hydrology. 2023. V. 617.
8. Lazarovitch N., et al. Modeling of irrigation and related processes with HYDRUS. Advances in Agronomy. 2023. V. 181. Pp. 79-181.
9. Mondaca-Duarte F. D. Visualization of uncertain leaching fraction and drought exposure as a function of irrigation dosage and frequency. Agricultural Water Management. 2023. V. 283. 108301.
10. Егоров В. П. и др. Определение объема воды в пахотном сечении с разрыхленным подпахотным слоем. Вестник Чувашского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (28). С. 147-152.
11. Барабанов А. Т. Новый подход к прогнозированию склонового стока талых вод на сельскохозяйственных землях в бассейнах Волги и Дона. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 4 (68). С. 21-30.
12. Васильев С. А. и др. Интеллектуальная технология контурного глубокого рыхления с вертикальным мульчированием почвы склоновых земель в системе точного земледелия. Техника и оборудование для села. 2024. № 4 (322). С. 10-13.
13. Васильев С. А. Энергетический подход для построения гидродинамической характеристики водного потока на склоновом агроландшафте. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 194-200.

References

1. Konyukhov V. M., Khranchenkov M. G., Chekalin A. N. Mathematical Modeling of Filtration Destruction of Soils in the Course of Karst-Suffusion Processes. Engineering Physics Journal. 2023. V. 96. № 1. Pp. 3-9.
2. Olgarenko V. I., et al. Role and Dynamics of Infiltration in the Structure of Moisture Exchange of the Aeration Zone of the Irrigated Field. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 4. Pp. 26-39.
3. Alekseev V. S., Chumakova S. V., Rusinov A. V. Mathematical Model of the Irrigation Process by a Sprinkler Machine of a Complex Field Relief. Irrigated agriculture. 2024. № 1 (44). Pp. 54-58.
4. Zhou R. X., et al. Identifying soil water movement and water sources of subsurface flow at a hillslope using stable isotope technique. Agriculture, Ecosystems & Environment. 2023. V. 343. 108286.
5. Pylenok P. I. Application of Lisimeters for the Study of the Resource Intensity of Agricultural Technologies. Innovative scientific research. 2023. № 3-2 (27). Pp. 5-15.
6. Kumar H., et al. Site-specific irrigation scheduling using one-layer soil hydraulic properties and inverse modeling. Agricultural Water Management. 2022. V. 273. 107877.
7. Luo Z., et al. Soil water dynamics and groundwater evolutions of check dams under natural rainfall reduction in semi-arid areas. Journal of Hydrology. 2023. V. 617.
8. Lazarovitch N., et al. Modeling of irrigation and related processes with HYDRUS. Advances in Agronomy. 2023. V. 181. Pp. 79-181.
9. Mondaca-Duarte F. D. Visualization of uncertain leaching fraction and drought exposure as a function of irrigation dosage and frequency. Agricultural Water Management. 2023. V. 283. 108301.
10. Egorov V. P., et al. Determination of the volume of water in the arable section with loosened subsurface layer. Bulletin of the Chuvash State Agrarian University. 2024. № 1 (28). Pp. 147-152.

11. Barabanov A. T. New Approach to Forecasting Slope Runoff of Melt Water on Agricultural Lands in the Volga and Don Basins. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2022. № 4 (68). Pp. 21-30.

12. Vasilyev S. A., et al. Intelligent Technology of Contour Deep Loosening with Vertical Mulching of Soil of Slope Lands in the System of Precision Farming. Machinery and equipment for the village. 2024. № 4 (322). Pp. 10-13.

13. Vasilyev S. A. Energy Approach for Construction of Hydrodynamic Characteristics of Water Flow on Slope Agrolandscape. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2015. № 4 (40). Pp. 194-200.

Информация об авторах

Васильев Сергей Анатольевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (Российская Федерация, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, 15); профессор, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (Российская Федерация, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-7347>, e-mail: vsa_21@mail.ru

Алексеев Виктор Васильевич, доктор технических наук, доцент, профессор, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (Российская Федерация, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, 15).

Васильев Алексей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (Российская Федерация, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7621-748X> E-mail: alexei.21@mail.ru

Филиппов Владимир Петрович, кандидат физико-математических наук, доцент, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (Российская Федерация, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, 15).

Забалуев Юрий Сергеевич, магистр, ассистент, Нижегородский государственный инженерно-экономический университет (Российская Федерация, Нижегородская область, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22а).

Сироткина Марина Евгеньевна, кандидат физико-математических наук, доцент, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова (Российская Федерация, Чувашская Республика, г. Чебоксары, Московский проспект, 15).

Author's Information

Vasiliev Sergey Anatolyevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Head of Department, I. N. Ulianov Chuvash State University (Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15), Professor, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (Russian Federation, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Oktyabrskaya str., 22a), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3346-7347>, e-mail: vsa_21@mail.ru

Alekseev Viktor Vasilyevich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of General Physics at the I. N. Ulyanov Chuvash State University (Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15).

Vasiliev Aleksey Anatolyevich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (Russian Federation, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Oktyabrskaya str., 22a), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7621-748X>, e-mail: alexei.21@mail.ru

Filippov Vladimir Petrovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of the Chuvash State University named after I. N. Ulyanov (Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15).

Zabaluev Yuri Sergeevich, Master's degree, Assistant, Nizhny Novgorod State University of Engineering and Economics (Russian Federation, Nizhny Novgorod region, Knyaginino, Oktyabrskaya str., 22a).

Sirotkina Marina Evgenyevna, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of the Chuvash State University named after I. N. Ulyanov (Russian Federation, Chuvash Republic, Cheboksary, Moskovsky Prospekt, 15).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-42

THE DEVELOPMENT OF THE BEHAVIOR ALGORITHM AND SIMULATION OF THE ROBOTIC DEVICE FOR IDENTIFICATION OF CONTAMINATION AND REMOVAL OF SAMPLES IN MICROCLONAL REPRODUCTION OF PLANTS IN VITRO

¹Lebed N. I., ¹Tseplyaev V. A., ²Tseplyaev A. N., ¹Tokarev K. E.,
Fomin S. D., ¹Rusakov E. G.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture –
branch of the "Federal Scientific Center VNIIGiM named after A. N. Kostyakov"
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: nik8872@yandex.ru

Received 26.11.2024

Submitted 29.01.2025

Abstract

Introduction. The work is devoted to the development, software and hardware implementation and modeling of robotic devices for the implementation of technological processes of microclonal propagation of plants using agricultural biotechnology methods, in particular, monitoring of sterile zones of climatic chambers with identification and removal of contaminated samples. **Materials and research methods.** The object of the research is the operations of continuous monitoring of the sterile zone, detection of contamination and removal of the contaminated sample. To implement these operations, a research wheeled robot based on the

software and hardware product "LEGO Education Mindstorms EV3" or the domestic platform "TRIK" is proposed. Programming and simulation modeling were carried out in the domestic environment for the development and debugging of ground robots and quadcopters "TRIK Studio 2023.1". To implement the contamination identification system based on the TCS230 color detection sensor, the hardware and software platform "Raspberry Pi Pico" with a dual-core controller RP2040 was used. The control algorithm was modeled in the Proteus 8.10 ISIS environment. **Research results and conclusions.** The schemes of sample arrangement in the climatic chamber and the algorithm of the robotic device behavior are proposed, in particular, uninfected and infected samples are located in a circle, and a sector is allocated for removed infected samples with a border of a certain color. An algorithm, specialized software and a diagram of the device behavior have been developed, including a number of stages: collecting information about the object and the environment by means of sensors; implementation of movement along the route and periodic operation of the robotic device; contamination identification and notification; removal of the contaminated sample; return of the robotic device to the route. Modeling of the behavior and control algorithm of the device proved its high efficiency for monitoring the sterile zone of the climate chamber with the following settings of the simulation model physics: realistic physics, sensors, motors.

Keywords: robots, robotic devices, simulation modeling, microclonal propagation, microcontrollers, plant growing, digital colorimetry.

Citation. Lebed N. I., Tseplyaev V. A., Tseplyaev A. N., Tokarev K. E., Fomin S. D., Rusakov E. G. The development of the behavior algorithm and simulation of the robotic device for identification of contamination and removal of samples in microclonal reproduction of plants in vitro. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 393-402 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-42.

Author's contribution. The authors of this study were directly involved in problem formulation, research planning, analysis, presentation of findings, and preparation of proposals for production. The authors of this article reviewed and approved the final version of the article.

Conflict of interest. The authors declare that they have no conflict of interest.

УДК 631.171

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОВЕДЕНИЯ И ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО УСТРОЙСТВА ИДЕНТИФИКАЦИИ КОНТАМИНАЦИИ И УДАЛЕНИЯ ОБРАЗЦОВ ПРИ МИКРОКЛОНАЛЬНОМ РАЗМНОЖЕНИИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ IN VITRO

¹Лебедь Н. И., доктор технических наук

¹Цепляев В. А., кандидат технических наук, доцент

²Цепляев А. Н., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

¹Токарев К. Е., кандидат экономических наук, доцент

¹Фомин Д. С., доктор технических наук, доцент

¹Русаков Е. Г., магистрант

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия –
филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им А. Н. Костякова»

г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Работа посвящена вопросам программно-аппаратной реализации и моделирования робототехнических устройств для осуществления технологических процессов микроклонального размножения растений, в частности мониторинга стерильных зон климатических камер с идентификацией и удалением зараженных образцов. **Материалы и методы исследований.** Объектом исследований приняты операции непрерывного мониторинга стерильной зоны, обнаружения контаминации и удаления зараженного образца. Для реализации указанных операций предлагается исследовательский колесный робот на базе программно-аппаратного продукта «LEGO Education Mindstorms EV3» или отечественной платформы «ТРИК». Программирование и имитационное моделирование осуществлялись в отечественной среде разработки и отладки наземных роботов и квадрокоптеров «TRIK Studio 2023.1». Для реализации системы идентификации контаминации на основе датчика определения цвета TCS230, использовалась аппаратно-программная платформа «Raspberry Pi Pico» с двухъядерным контроллером RP2040. Моделирование алгоритма управления осуществлялось в среде «Proteus 8.10 ISIS». **Результаты исследований и выводы.** Предлагаются схемы расположения образцов в климатической камере и алгоритм поведения робототехнического устройства, в частности незараженные и зараженные образцы располагаются по окружности, а также выделяется сектор для удаленных зараженных образцов с границей определенного цвета. Разработан алгоритм, специализированное программное обеспечение и диаграмма поведения устройства, включающая ряд этапов: сбор информации об объекте и среде посредством сенсоров; реали-

зация движения по маршруту и периодической работы робототехнического устройства; идентификация контаминации и оповещение; удаление зараженного образца; возвращение робототехнического устройства на маршрут. Моделирование поведения и алгоритма управления устройством доказало его высокую эффективность применения для мониторинга стерильной зоны климатической камеры при следующих настройках физики симуляционной модели: реалистичная физика, сенсоры, моторы.

Ключевые слова: роботы, робототехнические устройства, имитационное моделирование, микроклональное размножение, микроконтроллеры, растениеводство, цифровая цветометрия.

Цитирование. Лебедь Н. И., Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Токарев К. Е., Фомин С. Д., Русаков Е. Г. Разработка алгоритма поведения и имитационное моделирование робототехнического устройства идентификации контаминации и удаления образцов при микроклональном размножении растений в условиях *in vitro*. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 393-402. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-42.

Авторский вклад. Авторы настоящего исследования непосредственно участвовали в постановке проблемы, планировании исследования, анализе, в изложении выводов и подготовке предложений производству. Авторы настоящей статьи изучили и одобрили представленный в окончательном виде вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Основное направление получения оздоровленного посадочного материала – микроклональное размножение, преимуществом которого является возможность получения высококачественного семенного и посадочного материала культурных растений в условиях современного сельскохозяйственного производства круглый год. Соблюдение условий стерильности в процессе микроклонального размножения культур определено тем, что растения обладают высокой восприимчивостью к микроорганизмам, подавляющим их рост, и не способны сопротивляться инфекциям. Следует отметить, что питательная среда, на которой выращиваются экспланты, также является идеальной для роста микроорганизмов. Вышеуказанное требует постоянного контроля и оперативного вмешательства при обнаружении факта бактериальной или микотической зараженности в стерильной камере выращивания растений [4, 5, 6, 10].

Идентификация контаминации, как правило, осуществляется визуально специально подготовленными людьми, однако обеспечение визуальной достоверной идентификации контаминации осложнено проблемой, представленной индивидуальными и субъективными факторами, такими как низкая квалификация или ее отсутствие, недостаточный опыт работы и утомляемость исполнителей.

Применение разработанных ранее автоматизированных систем идентификации контаминации характеризовалось достоверным обнаружением факта зараженности, коррелирующей с цветовыми характеристиками контролируемых образцов. По заданному алгоритму далее производилось звуковое, визуальное оповещение, а также удаленное – по каналам связи посредством СМС-оповещения или мессенджера «Telegram». Удаления же образца из стерильной зоны и дальнейшие действия с ним осуществлялись вручную.

Однако реализация физических задач непрерывного мониторинга стерильной зоны, обнаружения контаминации и удаления зараженного образца возможна посредством роботизированной системы.

Следовательно, разработка и внедрение автоматизированных, мехатронных и робототехнических систем [3, 9, 11] для осуществления технологических процессов в микроклональном размножении является актуальной задачей сельскохозяйственной биотехнологии.

Материалы и методы исследований. В качестве объекта исследований приняты технологические операции непрерывного мониторинга стерильной зоны, обнаружения контаминации и удаления зараженного образца в условиях микроклонального размножения растений *in vitro*.

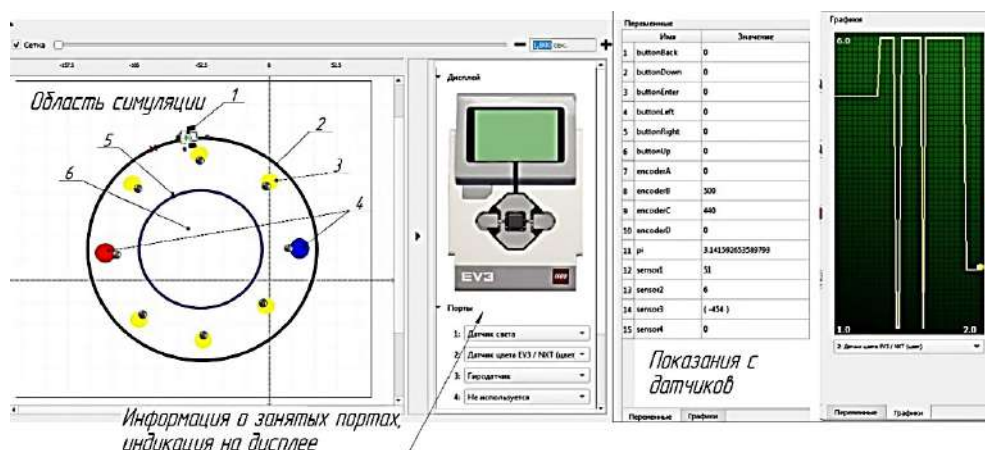
Для реализации указанных операций предлагается исследовательский колесный робот на базе программно-аппаратного продукта «LEGO Education Mindstorms EV3» [1, 2, 7] или отечественной платформы «ТРИК».

Программирование и имитационное моделирование осуществлялись в отечественной среде разработки и отладки наземных роботов и квадрокоптеров «TRIK Studio 2023.1». Программирование в среде осуществляется с использованием визуального языка пиктограмм, далее происходит преобразование в код на языке программирования Python либо подобный ассемблеру для работы с собственным программным обеспечением EV3. Отли-

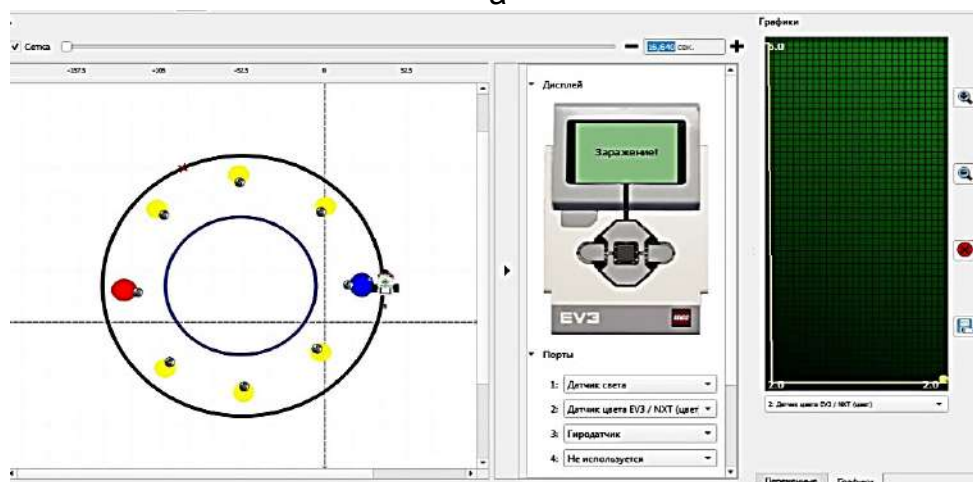
чительной особенностью «TRIK Studio 2023.1» является интерактивный режим имитационного моделирования (рисунок 1), в котором можно пронаблюдать наглядно результат работы программы.

Для реализации системы полезной нагрузки робота, в частности системы идентификации контаминации на основе датчика определения цвета TCS230, использовалась аппаратно-программная платформа «Raspberry Pi Pico» с двухъядерным контроллером RP2040 (2 x ARM Cortex-M0+, 32 бита). Моделирование алгоритма управления предлагаемой системой осуществлялось в среде проектирования электронных устройств «Proteus 8.10 ISIS» [8]. Разработка программного кода проекта проводилась на языке C++.

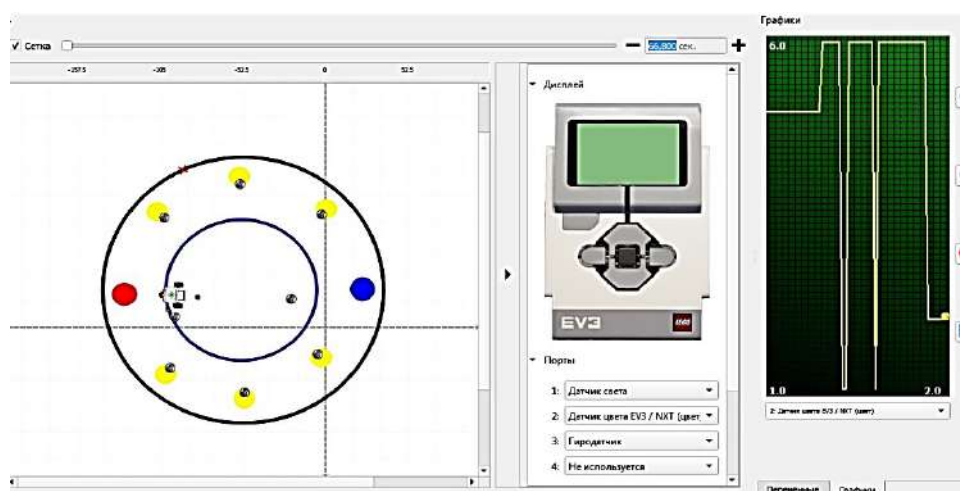
Результаты исследований и их обсуждение. Зоной для реализации мониторинга и удаления заражённых образцов предлагаемым робототехническим устройством является рабочая часть климатической камеры, внутри которой располагаются пробирки с выращиваемым контролируемым растительным материалом (образцы). В первом приближении рассмотрим схемы расположения образцов в климатической камере и движение робота. Нами предлагается расположить пробирки (незараженные и зараженные образцы 3, 4, рисунок 1а) по окружности, а также выделить область для удаленных зараженных образцов 6 (рисунок 1а) с границей 5 в форме круга. Кроме этого, ранее установлено, что при заражении питательной среды или самого экспланта меняется цвет, так, в нормальном состоянии питательная среда либо прозрачная, либо сероватого оттенка, микотическая же и бактериальная заражённость характеризуется красноватым, розоватым и другими оттенками, следовательно, примем для представленной имитационной модели, в качестве примеров, цвета зараженных объектов – синий и красный. Реализация маршрута робота 1 вдоль контролируемых образцов осуществляется посредством движения по черной линии 2 (рисунок 1а) с помощью датчика интенсивности света, подключенного к 1-му порту микрокомпьютера (на базе процессора ARM9, 300 МГц).



а



б



В

Рисунок 1 – Имитационное моделирование робототехнического устройства идентификации и удаления зараженных образцов:

а – начало маршрута, б – определение факта наличия зараженного образца, в – удаление зараженного образца

1 – колесный исследовательский робот (на базе платформы «LEGO Education Mindstorms EV3»),
2 – маршрут, 3 – незаражённый образец, 4 – зараженный образец, 5 – граница сектора удаленных зараженных образцов, 6 – сектор удаленных зараженных образцов

Figure 1 – Simulation modeling of a robotic device for identification and removal of contaminated samples:

а – start of the route, б – determination of the presence of an contaminated sample, в – removal of the contaminated sample

1 – wheeled research robot (based on the LEGO Education Mindstorms EV3 platform), 2 – route,
3 – uncontaminated sample, 4 – contaminated sample, 5 – boundary of the sector of removed contaminated samples, 6 – sector of removed contaminated samples

Предлагаемый алгоритм движения робототехнического устройства представлен на рисунке 2. По этому алгоритму микрокомпьютер непрерывно производит измерения 1 (рисунок 2) датчиком интенсивности света (порт № 1), количества оборотов моторов-колес В, С, положения робота гироскопом (порт № 3), а также определяет характеристики среды и контролируемых образцов датчиком цвета (порт № 2). Далее осуществляется движения по маршруту вдоль черной линии 2 (рисунок 2) посредством реализации схемы релейного регулятора, при этом производится подсчёт количества оборотом мотор-колеса В энкодером. Так, если соблюдается условие «Показания энкодера мотор-колеса В>7000» – производится остановка робота на 5 сек с последующим сбросом показаний датчика. Вышеуказанные действия позволяют реализовать функцию периодической работы робота. Двигаясь вдоль черной линии, устройство определяет цвет образцов и среды, при соблюдении условия «Цвет объекта синий или красный?» производится остановка моторов-колес, подаётся звуковая сигнализация и текстовое оповещение «Заражение!» на 1 сек. Несоблюдение условия возвращает действия устройства к начальным этапам алгоритма 2 (рисунок 2). После вышеуказанной задержки в 1 сек производится калибровка гироскопа (порт № 3) и разворот робота на месте на 90° с последующим прямолинейным движением для удаления зараженного образца путем выталкивания пробирки в штативе до обнаружения датчиком цвета границы сектора удаленных зараженных объектов и соблюдения условия «Цвет синий?». Несоблюдение указанного условия реализует продолжение прямолинейного движения робота. После удаления зараженного образца производится движение робота назад к основному маршруту «черной линии» до соблюдения условия «Цвет черный?», несоблюдение провоцирует дальнейшее движения робота назад. При обнаружении черной линии производится разворот робота на месте на -90°, задержка на 2 сек. и возвращение к начальным этапам 2 алгоритма.

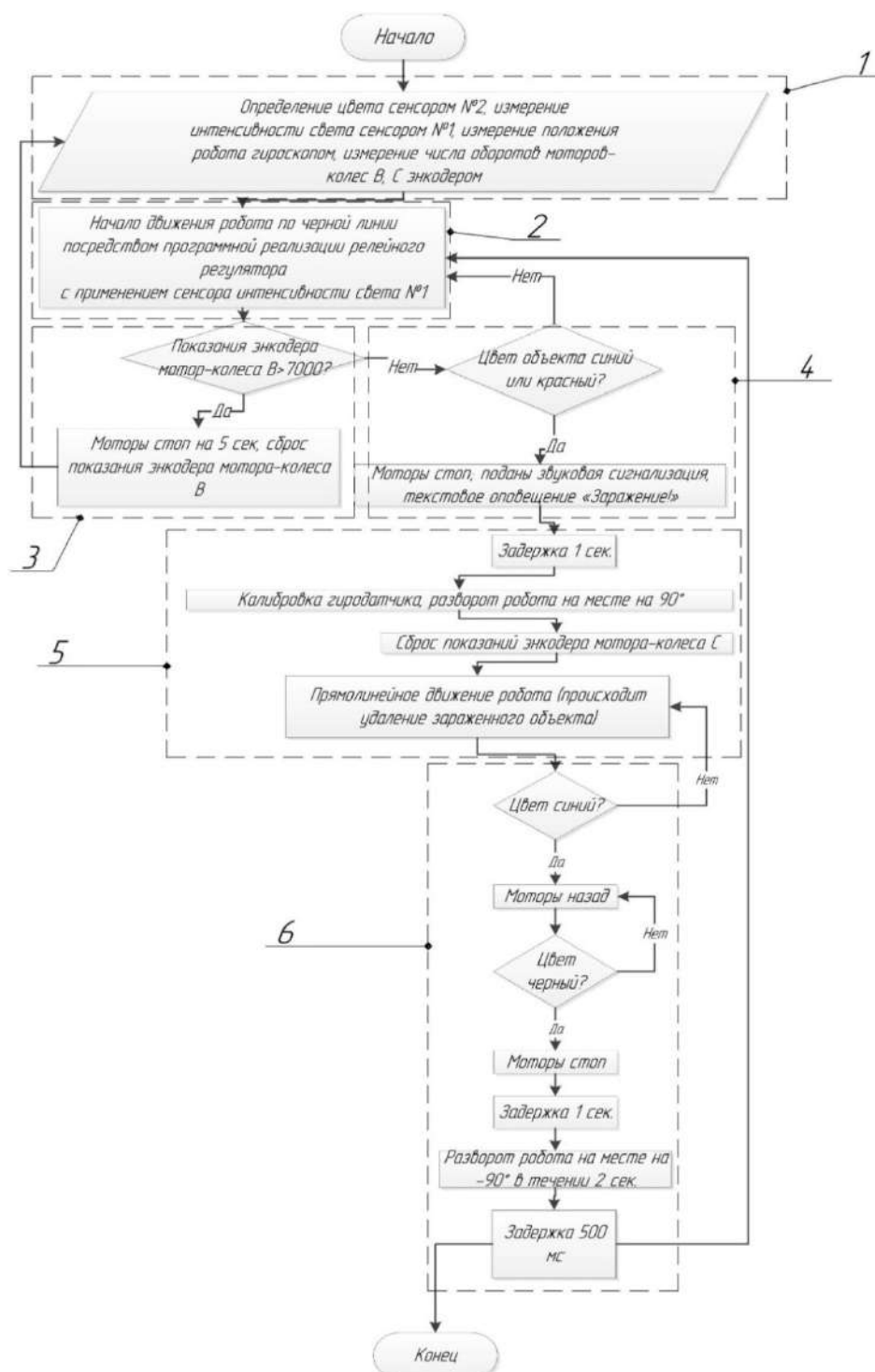


Рисунок 2 – Алгоритм поведения робототехнического устройства идентификации и удаления зараженного образца: 1 – сбор информации об объекте и среде посредством сенсоров; 2, 3 – реализация движения по маршруту и периодической работы робототехнического устройства; 4 – идентификация контаминации и оповещение; 5 – удаление зараженного образца; 6 – возвращение робототехнической системы на маршрут

Figure 2 – Algorithm of behavior of the robotic device for identification and removal of the contaminated sample: 1 – collection of information about the object and the environment by means of sensors; 2, 3 – implementation of movement along the route and periodic operation of the robotic device; 4 – identification of contamination and notification; 5 – removal of the contaminated sample; 6 – return of the robotic system to the route

На рисунке 3 представлена диаграмма поведения робототехнического устройства, разработанная в среде программирования и интерактивного имитационного моделирования «TRIK Studio 2023.1». Диаграмма полностью соответствует алгоритму и включает ряд этапов: сбор информации об объекте и среде посредством сенсоров; реализация движения по маршруту и периодической работы робототехнического устройства; идентификация контаминации и оповещение; удаление зараженного образца; возвращение робототехнического устройства на маршрут. Осуществление этапа № 4 по отклику системы на обнаружение синего или красного цвета реализуется блоком «Switch» (этап № 1), где на остальные оттенки реагирует продолжением движения по маршруту с некоторой периодичностью (этап № 2) посредством программного релейного регулятора блоком «If».

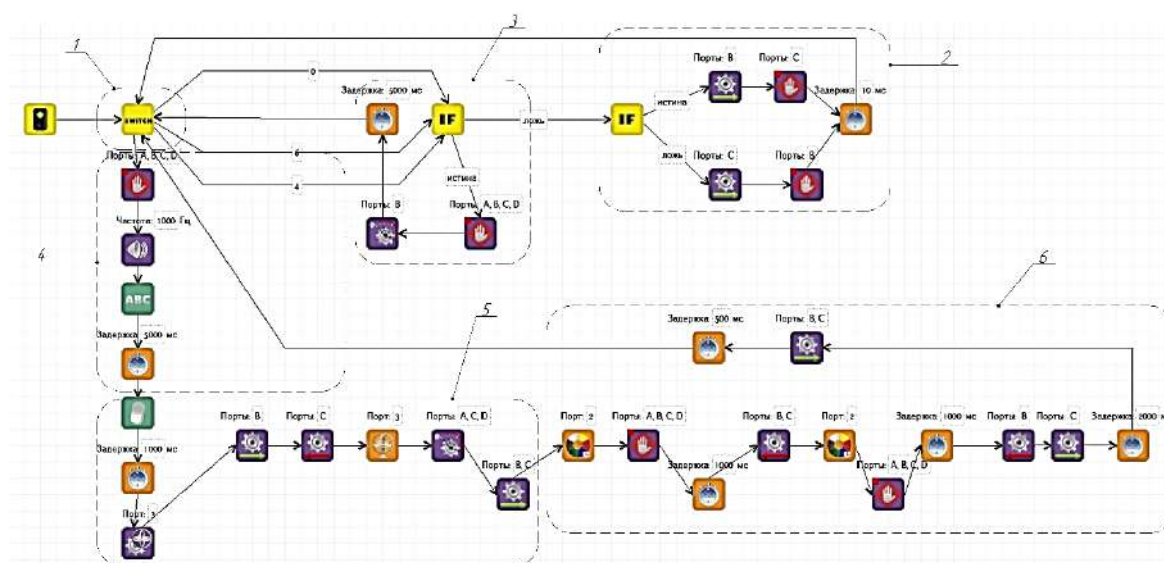


Рисунок 3 – Диаграмма поведения робототехнического устройства: 1 – сбор информации об объекте и среде посредством сенсоров; 2, 3 – реализация движения по маршруту и периодической работы робототехнической системы; 4 – идентификация контаминации и оповещение; 5 – удаление зараженного объекта; 6 – возвращение робототехнической системы на маршрут

Figure 3 – Behavior diagram of a robotic device:

1 – collecting information about an object and the environment using sensors; 2, 3 – implementing movement along a route and periodic operation of the robotic system; 4 – identifying contamination and alerting; 5 – removing the contaminated object; 6 – returning the robotic system to the route

Рассмотрим предлагаемую имитационную модель (рисунок 1). Она характеризует поведение робота в климатической камере для выращивания растений, и модель можно разделить на три действия: начало маршрута, определение факта наличия зараженного образца, удаление зараженного образца. Рабочее окно программы включает область симуляции, индикацию на дисплее и информацию о занятых портах, показания датчиков. Последние позволяют визуализировать информацию как в текстовом, так и в графическом виде. На рисунке 1б представлена ситуация, иллюстрирующая поведение датчика цвета при обнаружении «синего» зараженного объекта, так значения графика по оси ординат меняет свое значение с 6 (белый фон напольной поверхности) до 2 («синий»).

На рисунке 4 представлено моделирование системы полезной нагрузки устройства, в частности идентификация контаминации на основе датчика определения цвета TCS230. В качестве характерной ситуации представлено распознавание красного цвета датчиком при идентификации его как признака зараженного объекта. Датчик TCS230 определяет цветовые характеристики объекта по трем каналам R, G, B и программно обеспечивает установку калибровочных значений для каждого из каналов, что необходимо при подготовке устройства к различным условиям эксплуатации, к примеру, изменение уровня освещенности в рабочей камере с растительными образцами). Изменение калибровочных значений производится из меню системы управления.

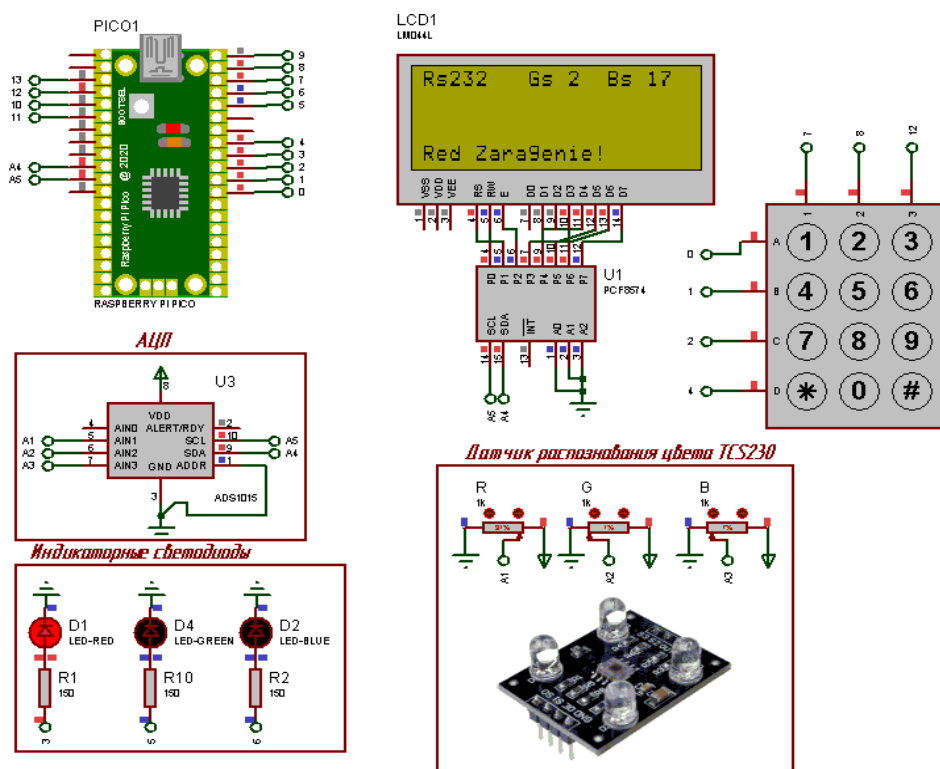


Рисунок 4 – Моделирование работы системы полезной нагрузки робототехнического устройства
Figure 4 – Simulation of the operation of the payload system of a robotic device

Выводы. Для реализации непрерывного мониторинга стерильной зоны, обнаружения контаминации и удаления зараженных образцов в условиях микроклонального размножения растений *in vitro* предлагается исследовательское колесное робототехническое устройство на базе программно-аппаратного продукта «LEGO Education Mindstorms EV3» или отечественной платформы «ТРИК». Программирование и имитационное моделирование осуществлялись в отечественной среде разработки и отладки наземных роботов и квадрокоптеров «TRIK Studio 2023.1».

Система полезной нагрузки робота, в частности системы идентификации контаминации на основе датчика определения цвета TCS230, выполнена на аппаратно-программной платформе «Raspberry Pi Pico», оснащенной двухъядерным контроллером RP2040 (2 x ARM Cortex-M0+, 32 бита). Моделирование алгоритма управления предлагаемой системой осуществлялось в среде проектирования электронных устройств «Proteus 8.10 ISIS». Моделирование поведения и алгоритма управления роботом доказало его высокую эффективность применения для мониторинга стерильной зоны климатической камеры при следующих настройках физики симуляционной модели: реалистичная физика, реалистичные сенсоры, реалистичные моторы.

Разработанные методы и алгоритмы, а также разработанное на их основе специализированное программное обеспечение, позволяют реализовать конкурентоспособную роботизированную систему для отечественной сельскохозяйственной биотехнологии.

Conclusions. To implement continuous monitoring of the sterile zone, detection of contamination and removal of infected samples in the conditions of microclonal reproduction of plants *in vitro*, a research wheeled robotic device based on the software and hardware product "LEGO Education Mindstorms EV3" or the domestic platform "TRIK" is proposed. Programming and simulation modeling were carried out in the domestic environment for the development and debugging of ground robots and quadcopters "TRIK Studio 2023.1".

The robot's payload system, in particular the contamination identification system based on the TCS230 color detection sensor, is made on the Raspberry Pi Pico hardware and software platform, equipped with a dual-core RP2040 controller (2 x ARM Cortex-M0+, 32 bits). The simulation of the control algorithm of the proposed system was carried out in the Proteus 8.10 ISIS electronic device design environment. Modeling the behavior and algorithm of the robot control proved its high efficiency for monitoring the sterile zone of the climatic chamber at the following physics settings of the simulation model: realistic physics, realistic sensors, and realistic motors.

The developed methods and algorithms, as well as the specialized software developed on their basis, make it possible to implement a competitive robotic system for domestic agricultural biotechnology.

Библиографический список

1. Андриевская Н. В., Базаров М. А. Исследование типовых законов автоматического управления с использованием робототехнического комплекса legomindstorms EV3. Научно-технический вестник Поволжья. 2018. № 12. С. 181-184.
2. Андриевская Н. В., Базаров М. А. Решение задачи стабилизации обратного маятника на примере робототехнического комплекса LEGO Mindstorms EV3. Научно-технический вестник Поволжья. 2020. № 1. С. 36-39.
3. Зыков А. В., Юнин В. А., Захаров А. М. Использование робототехнических средств в АПК. Международный научно-исследовательский журнал. 2019. № 3 (81). С. 8-11.
4. Лебедь Н. И., Токарев К. Е., Гапич Д. С. Моделирование параметров работы автоматизированной системы контроля признаков контаминации агрокультур в условиях клонального размножения методами цифровой цветометрии. Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2024. Т. 30. № 1. С. 66-75.
5. Лебедь Н. И., Токарев К. Е., Фомин С. Д. Проектирование и компьютерная реализация комплекса программ для интеллектуального мониторинга роста и развития агробиоценозов в условиях их контролируемого выращивания. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 38-49.
6. Воробьева Н. С. и др. Перспективы роботизации процедуры микроклонального размножения растений. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 4 (72). С. 388-397.
7. Шит М. Л. и др. Специализированные роботы в энергетике. Проблемы региональной энергетики. 2014. № 1 (24). С. 63-70.
8. Тюрин С. Ф., Ковыляев Д. А., Данилова Е. Ю., Городилов А. Ю. Изучение программирования микроконтроллеров в САПР Proteus. Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2021. № 2 (53). С. 69-74.
9. Хвостенко Т. М., Алексанов И. А. Внедрение и проблематика робототехнических средств в АПК. Вестник образовательного консорциума Среднерусский университет. Информационные технологии. 2022. № 2 (20). С. 4-9.
10. Lebed N. I., Tokarev K. E. Hardware and software complex for modeling the modes of operation of an intelligent climate chamber in conditions of maintaining an optimal microclimate. BIO Web of Conferences. 2024. V. 103. P. 00004.
11. Fomin D. S. Differentiated herbicides application on winter wheat crops using offline instructions map. AGROSYM 2021: Book of proceedings. Jahorina, Bosnia and Herzegovina: University East Sarajevo, 2021. Pp. 694-701.

References

1. Andrievskaya N. V., Bazarov M. A. Study of Typical Laws of Automatic Control Using the Legomindstorms EV3 Robotic Complex. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2018. № 12. Pp. 181-184.
2. Andrievskaya N. V., Bazarov M. A. Solving the Problem of Stabilization of a Reverse Pendulum on the Example of the LEGO Mindstorms EV3 Robotic Complex. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region. 2020. № 1. Pp. 36-39.
3. Zykov A. V., Yunin V. A., Zakharov A. M. Use of Robotic Means in the Agro-Industrial Complex. International Research Journal. 2019. № 3 (81). Pp. 8-11.
4. Lebed N. I., Tokarev K. E., Gapich D. S. Modeling of Parameters of the Automated System for Monitoring Signs of Contamination of Agricultural Crops in Conditions of Clonal Propagation by Digital Color Measurement Methods. Bulletin of Tambov State Technical University. 2024. V. 30. № 1. Pp. 66-75.
5. Lebed N. I., Tokarev K. E., Fomin S. D. Design and Computer Implementation of a Set of Programs for Intelligent Monitoring of Growth and Development of Agrobiocenoses in the Conditions of Their Controlled Cultivation. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 4 (72). Pp. 38-49.
6. Vorobyeva N. S., et al. Prospects for robotization of the procedure of microclonal propagation of plants. Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education. 2023. № 4 (72). Pp. 388-397.
7. Shit M. L., et al. Specialized Robots in Power Engineering. Problems of regional energy. 2014. № 1 (24). Pp. 63-70.
8. Tyurin S. F., Kovylyayev D. A., Danilova E. Yu., Gorodilov A. Y. Study of Microcontroller Programming in Proteus CAD Program. Bulletin of Perm University. Mathematics. Mechanics. Informatics. 2021. № 2 (53). Pp. 69-74.
9. Khvostenko T. M., Aleksanov I. A. Implementation and Problems of Robotic Engineering Means in the Agro-Industrial Complex. Bulletin of the Educational Consortium Central Russian University. Information technologies. 2022. № 2 (20). Pp. 4-9.
10. Lebed N. I., Tokarev K. E. Hardware and software complex for modeling the modes of operation of an intelligent climate chamber in conditions of maintaining an optimal microclimate. BIO Web of Conferences. 2024. V. 103. P. 00004.
11. Fomin D. S. Differentiated herbicides application on winter wheat crops using offline instructions map. AGROSYM 2021: Book of proceedings. Jahorina, Bosnia and Herzegovina: University East Sarajevo, 2021. Pp. 694-701.

Информация об авторах

Лебедь Никита Игоревич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), e-mail: nik8872@yandex.ru
Цепляев Виталий Алексеевич, ректор, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), e-mail: volgau@volgau.com

Цепляев Алексей Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им А. Н. Костякова», (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, ул. им. Тимирязева, 9), e-mail: can_volgau@mail.ru
Токарев Кирилл Евгеньевич, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru
Фомин Сергей Денисович, профессор, доктор технических наук, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru
Русаков Евгений Геннадьевич, магистрант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, Университетский пр-т, 26).

Author's Information

Lebed Nikita Igorevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: nik8872@yandex.ru
Tseplyaev Vitaly Alekseevich, Rector, Associate Professor, Candidate of Engineering Sciences, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: volgau@volgau.com
Tseplyaev Aleksey Nikolaevich, Doctor of Agricultural Sciences, Leading Researcher at the Laboratory, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), e-mail: can_volgau@mail.ru
Tokarev Kirill Evgenievich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), e-mail: tokarevke@yandex.ru
Fomin Sergey Denisovich, Professor, Doctor of Engineering Sciences, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284> e-mail: fsd_58@mail.ru
Rusakov Evgeny Gennadievich, Master's student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetsky Ave., 26).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-43

THE DETERMINATION OF THE IRRIGATION RATE FOR DRIP IRRIGATION BASED ON THE AGROPHYSICAL APPROACH

¹Melikhova E. V., ²Kupriyanov A. A.

¹Volgograd State Agrarian University

²All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov" Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: kupriyanov19967@gmail.com

Received 06.12.2024

Submitted 25.01.2025

Abstract

Introduction. The aim of the study was to develop an empirical dependence that allows us to accurately describe the boundaries of the soil moisture contour for various soil conditions. It is noted that drip irrigation forms a moistened area in the soil, or contour, the outlines of which are determined by the properties of the soil and the characteristics of irrigation. The shape and size of the wet zone are important parameters for the design of irrigation systems, as they affect the water efficiency of the root zone of plants. It is emphasized that an accurate mathematical description of the moisture contour is necessary to increase the efficiency of drip irrigation, especially in the conditions of southern black soils with special physical and chemical characteristics. **Materials and methods.** The methodology of the study was based on the data of field experiments, which made it possible to obtain quantitative characteristics of soils, including the content of physical clay, the lowest moisture capacity, the density of soil composition and the degree of humusification. These indicators were used to describe moisture transport in the soil and form a mathematical model of the moisture contour. The depth and radius of the contour of the wet zone were used as key parameters for modeling. The model was developed on the basis of a polynomial relationship between these parameters and experimental data. The obtained empirical formula made it possible to describe the spatial position of the boundary of the moistened contour at different depths of the soil layer. In the study, a mathematical approach was developed to model the boundaries of the moisture area during drip irrigation, which makes it possible to determine the parameters and volumes of moistened soil at different depths. The main methods involved the use of polynomial equations based on soil parameters such as the radius and depth of the moisture contours. **Results and discussion.** The selected approximation models showed that logarithmic and power dependencies most accurately describe the experimental data; however, linear approximation is also possible for practical calculations due to insignificant differences in the coefficient of determination. The coefficients of the model were determined based on the agrophysical characteristics of the soil, such as physical clay and the lowest moisture capacity. For different types of soils, the parameters of the polynomial describing the moisture profile were determined, with the allocation of specific coefficients for medium loamy, heavy loamy and clayey soils. This made it possible to create specific models for each type of soil, taking into account the properties of these soil layers. Calculations of local volumes of moisture contours for

different types of soils were carried out using the method of volumetric analysis of the body of rotation. On the basis of these volumes, a generalized mathematical model was formed to determine the irrigation rate. The calculations showed the dependence of the irrigation rate on the volume of the moisture area, the number of drippers and trees, and the agro-reclamation parameters of the soil. **Conclusion.** The developed model allows not only predicting the required amount of water for irrigation, but also makes it possible to optimize irrigation rates, increasing their efficiency depending on the type of soil and planting scheme. The results of the calculations were presented in tables, showing the differences in irrigation rates for different agro technical conditions. This facilitates accurate and efficient drip irrigation system planning, minimizing water consumption and improving growth conditions for crops.

Keywords: boundaries of the moisture area, drip irrigation of orchards, irrigation rates, polynomial equations, radius of the moisture circuit, depth of the moistening circuit.

Citation. Melikhova E. V., Kupriyanov A. A. The determination of the irrigation rate for drip irrigation based on the agrophysical approach. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 402-410 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-43.

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

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

УДК 631.674

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ ПРИ КАПЕЛЬНОМ ОРОШЕНИИ НА ОСНОВЕ АГРОФИЗИЧЕСКОГО ПОДХОДА

¹Мелихова Е. В., доктор технических наук, доцент

²Куприянов А. А., младший научный сотрудник

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

²Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова»
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Цель исследования заключалась в разработке эмпирической зависимости, которая позволяет с высокой точностью описывать границы контура увлажнения почвы для различных почвенных условий. Во введении отмечается, что капельное орошение формирует в почве увлажненную область, или контур, очертания которого определяются свойствами почвы и характеристиками полива. Форма и размеры увлажненной зоны являются важными параметрами для проектирования систем орошения, поскольку они влияют на эффективность водоснабжения корневой зоны растений. В статье подчеркивается, что точное математическое описание контура увлажнения необходимо для повышения эффективности капельного орошения в условиях южных черноземов с учетом их водно-физических характеристик. **Материалы и методы.** Методология исследования основывалась на данных полевых экспериментов, которые позволили получить количественные характеристики почв, включая содержание физической глины, наименьшую влагоемкость, плотность сложения почвы и степень гумусификации. Эти показатели были использованы для описания влагопереноса в почве и формирования математической модели контура увлажнения. В качестве ключевых параметров для моделирования использовались глубина и радиус контура увлажненной зоны. Модель была разработана на основе полиномиальной зависимости между этими параметрами и экспериментальными данными. Полученная эмпирическая формула позволила описать пространственное положение границы увлажненного контура на разных глубинах почвенного слоя. **Результаты и обсуждение.** В проведенном исследовании был разработан математический подход для моделирования границ области увлажнения при капельном орошении, что позволяет определить параметры и объемы увлажняемой почвы на различных глубинах. Основные методы включали использование полиномиальных уравнений, основанных на параметрах почвы, таких как радиус и глубина контуров увлажнения. Выделенные модели аппроксимации показали, что логарифмическая и степенная зависимости наиболее точно описывают экспериментальные данные, однако, для практических расчетов возможна также линейная аппроксимация из-за незначительных различий в коэффициенте детерминации. Коэффициенты модели были определены на основании агрофизических характеристик почвы, таких как содержание физической глины и наименьшей влагоемкости. Для различных типов почв были определены параметры полинома, описывающего профиль влажности, с выделением конкретных коэффициентов для среднесуглинистых, тяжелосуглинистых и глинистых почв, что позволило создать специфические модели для каждого типа почвы. Были проведены расчеты локальных объемов контуров увлажнения для разных типов почв, используя метод объемного анализа тела вращения. На

основе этих объемов была сформирована обобщенная математическая модель для определения поливной нормы. Расчеты показали зависимость поливной нормы от объема области увлажнения, количества капельниц и деревьев и агрометеорологических параметров почвы. **Выводы.** Разработанная модель позволяет определить поливные нормы в зависимости от типа почвы и схемы посадки яблоневых садов. Результаты расчетов были приведены в таблицах, показывая различия в поливных нормах для разных агротехнических условий. Это способствует точному и эффективному планированию системы капельного орошения, минимизируя расход воды и улучшая условия роста для сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: границы области увлажнения, капельное орошение садов, поливные нормы, полиномиальные уравнения, радиус контура увлажнения, глубина контура увлажнения.

Цитирование. Мелихова Е. В., Куприянов А. А. Определение поливной нормы при капельном орошении на основе агрофизического подхода. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 402-410. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-43.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Моделирование контура увлажнения при капельном орошении играет важную роль в разработке технических решений с целью совершенствования основных конструктивных элементов, таких, как капельницы, капельные ленты, клапаны и др., необходимых для эффективного орошения с учетом характеристик местности, почвы и типа орошаемой культуры.

Научно-методическая база по исследованию влагопереноса, объемов и контуров области увлажнения, определение поливной нормы при капельном орошении создавалась рядом ученых российских и зарубежных научно-исследовательских институтов. Много лет этим вопросом занимаются ученые ВНИИГиМ, РосНИИПМ, ВолГАУ, и другие российские и зарубежные университеты и научно-исследовательские институты. Особый интерес вызвали современные исследования в области моделирования контуров границ области увлажнения – работы Жатканбаевой А. О. [1], Шкуры В. Н., Штанько А. С. [2], Кузнецова Е. Н. [3] и научно-методические подходы к определению поливной нормы с учетом различных факторов и методов моделирования Ахмедова А. Д. [4], Кравчука А. В., Косака В. В. [5], Желязко В. И. [6] Штанько А. С., Шкуры В. Н. [7], Кирейчевой Л. В. [8], Гаппарова С. М. [9] и др. [13].

Для моделирования и построения контура увлажнения необходимо установить величины геометрических параметров и координаты границ зоны увлажнения x и y его верхней и нижней частей, для чего при участии автора разработана нижеследующая методика.

Материалы и методы. Эмпирическую базу для установления закономерностей и математического описания контуров границ области увлажнения составили опытные очертания десяти контуров, полученные в полевых условиях на экспериментальных площадках в пределах метрового слоя почвы. Экспериментальные исследования проводились на почвах южных чернозёмов с различным гранулометрическим составом характерным для Ростовской области. Агрофизические параметры почв опытных участков составляли: содержание физической глины $(\bar{W}_r)_{1,0} = (29,0 - 71,1)\%$ МСП; наименьшая влагоемкость $(\bar{W}_{HB})_{1,0} = (20,0 - 31,0)\%$ МСП; содержание гумуса $(\bar{g}_{гум})_{1,0} = (0,8 - 2,4)\%$ и плотность сложения $(\bar{\gamma}_{об})_{1,0} = (1,29 - 1,44) \text{ т/м}^3$. Примеры очертаний контуров влажности почвы, принятых к анализу и обработке при средних значениях физических характеристик проиллюстрированы: а) среднесуглинистых южных черноземов по метровому слою почвы: $\bar{W}_r = 36,9\%$ МСП; $\bar{W}_{HB} = 21,1\%$ МСП; $\bar{\gamma}_{об} = 1,38 \text{ т/м}^3$; $\bar{g}_{гум} = 1,10\%$ (рисунок 2а); б) тяжелосуглинистых южных черноземов: $\bar{W}_r = 53,5,0\%$ МСП; $\bar{W}_{HB} = 27,0\%$ МСП; $\bar{\gamma}_{об} = 1,3 \text{ т/м}^3$; $\bar{g}_{гум} = 1,7\%$.

Характеристики почв исследованных экспериментальных площадок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Почвенные характеристики экспериментальных площадок
Table 1 – Soil characteristics of experimental sites

Тип почвы по гранулометрии / Soil type by granulometry	Почвенные характеристики / Soil characteristics			
	$\overline{W}_r$, % мсп	$\overline{W}_{HB}$, % мсп	$\overline{\gamma}_{об}$, т/м ³	$\overline{q}_{гум}$, %
Среднесуглинистый южный чернозём / Middle loamy southern chernozem	42,0	24,0	1,28	1,8
Тяжелосуглинистый южный чернозём / Heavy loamy southern chernozem	53,5	27,0	1,30	2,8
Глинистый южный чернозём / Clayey southern chernozem	69,6	27,1	1,38	3,2

Приведенные в таблице 1 средние значения почвенных характеристик соответствуют величинам определенным по трем измерениям. Измеренные значения отличаются от средних на 8-14%.

Результаты и обсуждение. Для математического моделирования границ области увлажнения при капельном орошении были использованы их отношение значений высотных и плановых параметров вида:

$$\frac{(r_{кон})_{h_i}}{r_{кон}} = f\left(\frac{h_{кон,i}}{h_{кон}}\right), \quad (1)$$

где $r_{кон}$ и $h_{кон}$ – радиус и глубина контура; $h_{кон,i}$ – заглубленность (глубина расположения) сечения контура горизонтальной плоскостью по поверхность земли измеряющаяся в пределах от 0 до $h_{кон}$; $(r_{кон})_{h_i}$ – радиус ограничивающей контур влажностной линии изоплеты на глубине $h_{кон,i}$.

Для описания профиля границы влажности, являющейся основой математической модели для расчета объема области увлажнения, был выбран полином вида [10]:

$$\frac{r_{кон,i}}{r_{кон}} = k_0 + k_1 \cdot \left(\frac{h_{кон,i}}{h_{кон}}\right) - k_2 \cdot \left(\frac{h_{кон,i}}{h_{кон}}\right)^2 + k_3 \cdot \left(\frac{h_{кон,i}}{h_{кон}}\right)^3 - k_4 \cdot \left(\frac{h_{кон,i}}{h_{кон}}\right)^5 - k_5 \cdot \left(\frac{h_{кон,i}}{h_{кон}}\right)^7 \quad (2)$$

Для установления регрессионной зависимости (2) использовались агрофизические характеристики почв опытных участков (таблица 1).

При определении значений k_0 учитывалось, что его величина физически соответствует величине радиуса контура при $h_{кон,i} = 0$ и определяется соотношением (3).

$$k_0 = \frac{r_{кон,пов}}{r_{кон}} = f\left(\frac{\overline{W}_r}{\overline{W}_{HB}}\right) \quad (3)$$

Результат регрессионного анализа средних значений опытных данных, характеризующих зависимость относительного поверхностного радиуса $r_{кон,0}/r_{кон}$ контура увлажнения от отношения агрофизических характеристик почвы ($\overline{W}_r/\overline{W}_{HB}$) представлены в таблице 2, где обозначено $x = \overline{W}_r/\overline{W}_{HB}$.

Таблица 2 – Регрессионный анализ относительных значений поверхностного радиуса контура
увлажнения

Table 2 – Regression analysis of the relative values of the surface radius of the humidification circuit

Форма зависимости / The form of dependence	Формула / Formula	R ²
Линейная / Linear	$r_{кон,0}/r_{кон} = -0,2179x + 1,0461$	0,7623
Квадратичная / Quadratic	$r_{кон,0}/r_{кон} = 0,0697x^2 - 0,4986x + 1,321$	0,7713
Логарифмическая / Logarithmic	$r_{кон,0}/r_{кон} = -0,431\ln(x) + 0,9031$	0,7717
Степенная / Degree	$r_{кон,0}/r_{кон} = 0,9741x - 0,703$	0,7718

Оценка полученных регрессионных моделей (таблица 2) по коэффициенту детерминации R^2 показала, что все зависимости являются статистически значимыми, однако логарифмическая (4) и степенная модель более адекватна.

$$k_0 = (r_{\text{кон}})_{\text{пов}}/r_{\text{кон}} = 0,9031 - 0,431\ln(\overline{W}_r/\overline{W}_{\text{НВ}}) \quad (4)$$

Для практических расчетов проще использовать линейную зависимость, поскольку разность R^2 меньше 1%.

Расчетные значения $r_{\text{кон},0}/r_{\text{кон}}$ для контуров влажности почвы [10] приведены на рисунке 1.

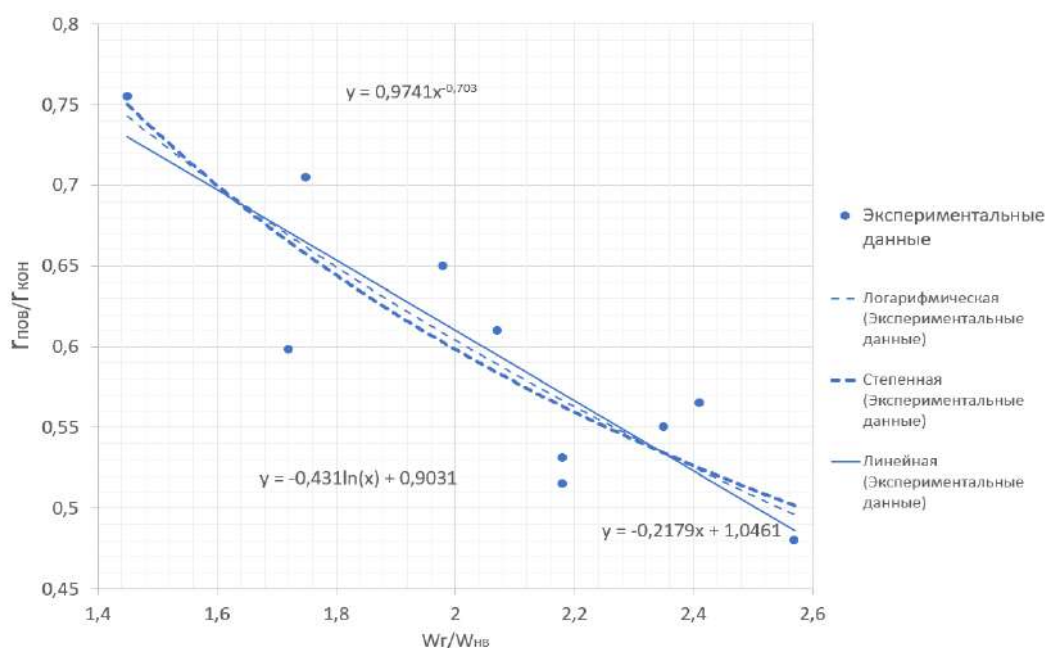


Рисунок 1 – Опытные данные и график функциональной связи
Figure 1 – Experimental data and functional communication graph

Обработка экспериментальных данных по каждому из контуров влажности позволила установить параметры всех эмпирических коэффициентов принятой к рассмотрению полиномиальной зависимости, значение которых составляют [2]:

$$k_1 = \frac{1,03}{k_0^{1,2}}; k_2 = k_0 + k_1 \quad (5)$$

Для разных характеристик почв коэффициенты k_3 , k_4 , k_5 не изменяются [2].

Расчеты параметров k_0 , k_1 , k_2 определялись по формулам (4), (5) для почв опытных участков, результаты которых представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Значения параметров почв опытных участков
Table 3 – Values of soil parameters of experimental plots

№ участка / No of the plot	Содержание физической глины в почве / The content of physical clay in the soil W_r , % МСП	Наименьшая влагоемкость почвы / The lowest moisture capacity of the soil $W_{\text{НВ}}$, %МСП	Параметры уравнения аппроксимации / Parameters of the approximation equation					
			k_0	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5
1	36,9	21,1	0,694	1,598	2,291	0,254	0,2	0,054
2	53,5	27	0,631	1,790	2,421	0,254	0,2	0,054
3	69,6	27,1	0,473	2,528	3,002	0,254	0,2	0,054

Введем в уравнении (2) обозначение

$$\left(\frac{h_{\text{кон},i}}{h_{\text{кон}}}\right) = b_i, \quad (6)$$

где i – номер слоя почвы по глубине.

Тогда уравнение для исследованных почвенных условий южных чернозёмов (2) для среднесуглинистых (7), тяжелосуглинистых (8) и глинистых (9) примет вид:

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{\text{кон}}} = 0,69 + 1,60 \cdot b_i - 2,29 \cdot (b_i)^2 + 0,254 \cdot (b_i)^3 - 0,200 \cdot (b_i)^5 - 0,054 \cdot (b_i)^7 \quad (7)$$

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{\text{кон}}} = 0,63 + 1,79 \cdot b_i - 2,42 \cdot (b_i)^2 + 0,254 \cdot (b_i)^3 - 0,200 \cdot (b_i)^5 - 0,054 \cdot (b_i)^7 \quad (8)$$

$$\frac{(r)_{h_i}}{r_{\text{кон}}} = 0,47 + 2,53 \cdot b_i - 3,00 \cdot (b_i)^2 + 0,254 \cdot (b_i)^3 - 0,200 \cdot (b_i)^5 - 0,054 \cdot (b_i)^7 \quad (9)$$

Результаты расчета нормированных координат границы области увлажнения по зависимостям (7) – (9) проиллюстрированы рисунком 2.

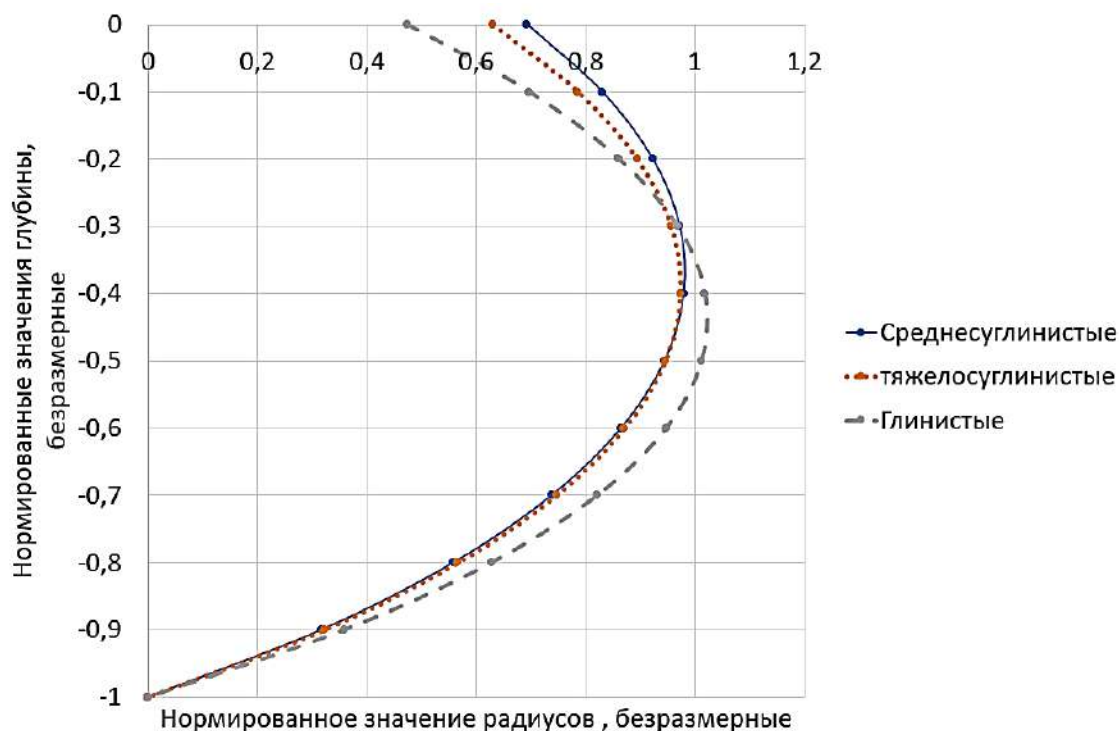


Рисунок 2 – Расчетные значений нормированных координат границ контуров увлажнения южных черноземов

Figure 2 – Calculated values of the normalized coordinates of the boundaries of the humidification contours of the southern chernozems

Расчет локальных объемов увлажнения ($W_{\text{кон}}$), представленный в таблице 4 для каждого опытного участка, выполнялся по формуле (10), определяющей объем тела вращения с образующими (7-9), реализованной компьютерной программой, разработанной на языке программирования Python.

$$W_{\text{кон}} = \pi \cdot r_{\text{кон}}^2 \int_0^b [k_0 + k_1 \cdot b - k_2 \cdot b^2 + k_3 \cdot b^3 - k_4 \cdot b^5 - k_5 \cdot b^7]^2 db \quad (10)$$

Значения локальных объемов увлажнения, рассчитанные для различных типов почвы по механическому составу, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Значения локальных объемов контуров увлажнения для разных типов почв
Table 4 – Values of local volumes of moisture contours for different types of soils

Тип почвы по механическому составу / Soil type by mechanical composition	Глубина увлажняемого слоя, м / Depth of the moistened layer, m	Радиус зоны увлажнения, м / The radius of the humidification zone, m	$W_{\text{оп}}$	Объем локального контура / увлажнения, м ³ / Volume of the local humidification circuit, m ³	Δ
Средне суглинистые / Medium loamy	1,00	0,46	0,37	0,42	0,05
Тяжелосуглинистые / Heavy loamy	1,00	0,50	0,45	0,48	0,03
Глинистая почва / Clay soil	0,90	0,54	0,47	0,59	0,12
				Средняя ошибка / Average error	0,06

Визуализации компьютерной модели пространственной области увлажнения для тяжелосуглинистых южных черноземов (участок 3) представлен на рисунке 3.

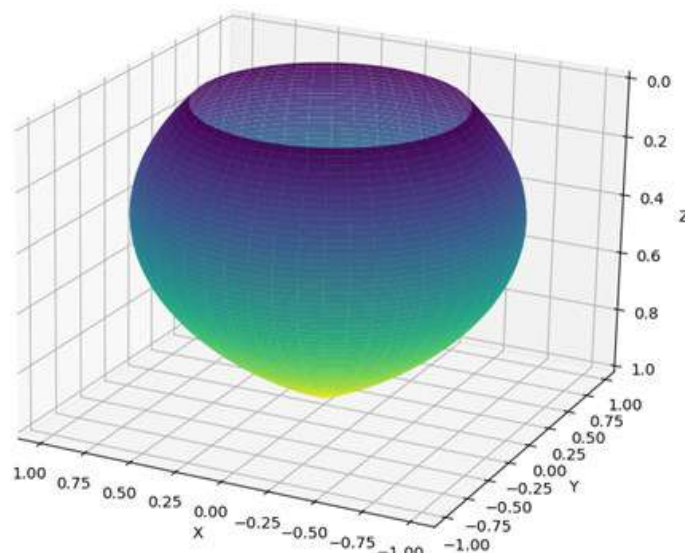


Рисунок 3 – Компьютерное моделирование пространственной области увлажнения для среднесуглинистых южных черноземов

Figure 3 – Computer simulation of the spatial humidification region for the middle loamy southern chernozems

Используя полученные значения локальных объемов контуров увлажнения (Табл.4), получаем обобщенную математическую модель (11), описывающую зависимость величины поливной нормы от аналитически определяемого объема области увлажнения и агрометеорологических параметров:

$$m = 0.01 \cdot W_{\text{кон}} \cdot n_q \cdot n_d \cdot \frac{W_{\text{нв}} - W_{\text{пп}}}{S_{\text{уч}}} \quad (11)$$

где m – поливная норма, м³/га; $W_{\text{кон}}$ – объемов контуров увлажнения, полученных по зависимости (10), м³; n_q – количество капельниц на одно дерево, $n_q = 4$; n_d – количество деревьев: $n_d = 3600$ при схеме посадки 4x2 м; $n_d = 4800$ при схеме посадки 4x1,5 м; $n_d = 2880$ при схеме посадки 4x2,5 м; $S_{\text{уч}}$ – площадь участка, 2,88 га; $(W_{\text{нв}} - W_{\text{пп}})$ – значение дефицита воды в % МСП, переведенные в долях единиц; 0,01 масштабный коэффициент.

Полвиная норма была рассчитана с учётом объема области увлажнения, гранулометрический состав почвы и предполивного порога влажности. Значения поливных норм варьировались в зависимости от типа почвы и схемы.

Таблица 5 – Значения поливных норм с учетом определенных объемов контуров увлажнения для среднесуглинистых почв, м³/га
Table 5 – Values of irrigation norms, taking into account certain volumes of moisture contours for medium loamy soils, m³/ha

W _{пп}	Объем воды на одно дерево, м ³ / Water volume per tree, m ³	Схемы посадки / Planting patterns		
		4x1,5	4x2	4x2,5
15,825	0,10	148	111	89
12,66	0,16	236	177	142
16,88	0,08	118	89	71
14,77	0,12	177	133	106
11,605	0,18	266	199	160

Выводы. Описанный подход к оценке параметров локальных контуров увлажнения можно использовать при проектировании поливных модулей капельных систем орошения яблоневых садов.

Оценка полученных регрессионных моделей (таблица 2) по коэффициенту детерминации R^2 показала, что все зависимости являются статистически значимыми, однако логарифмическая и степенная зависимости являются более близкими к экспериментальным данным. Для практических расчетов определения коэффициента k_0 можно использовать линейную зависимость, поскольку разность R^2 меньше 1%.

Аналитическая модель (11) позволяет рассчитать поливные нормы для исследуемых почв и различных схем посадки на участке площадью $S_{уч}$ с использованием соответствующей регрессионной модели (7)–(9) полученных по экспериментальным данным.

Conclusions. The described approach to assessing the parameters of local moisture contours can be used in the design of irrigation modules of drip irrigation systems for apple orchards. The evaluation of the obtained regression models (table 2) by the coefficient of determination R^2 showed that all dependencies are statistically significant, however, the logarithmic and power dependence are closer to the experimental data. For practical calculations of determining the coefficient k_0 , a linear dependence can be used, since the difference R^2 is less than 1%. The analytical model (11) allows the calculation of irrigation rates for the studied soils and various planting schemes on the plot of the $S_{уч}$ area using the corresponding regression model (7)–(9) obtained from experimental data.

Благодарность. Авторы выражают благодарность ученым РосНИИПМ академику РАН В. Н. Щедрину, профессору В. Н. Шкуре и ведущему научному сотруднику А. С. Штанько за предоставленную возможность участия в проведении экспериментальных исследований, формировании научных гипотез и обсуждении результатов экспериментов.

Библиографический список

1. Жатканбаева А. О., Козыкеева А. Т., Алдиярова А. Е. Моделирование контуров увлажнения сельскохозяйственных культур при орошении мобильной капельницей. Мелиорация и водное хозяйство: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения) с международным участием. Новочеркасск: ООО "Лик", 2019. Т. 17. Ч. 1. С. 37-42.
2. Шкура В. Н., Штанько А. С. Геометрия контуров капельного увлажнения почв. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 55-74.
3. Кузнецов Е. В., Килиди Х. И., Хаджиди А. Е. Исследование динамики влажности почвы при капельном поливе. Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 1. С. 19-33.
4. Ахмедов А. Д. и др. Моделирование основных параметров влагопереноса при капельном поливе в зависимости от влажности почвы. Инновационные технологии в агропромышленном комплексе в современных экономических условиях: материалы Международной научно-практической конференции. Волгоград: Волгоградский ГАУ, 2021. Т. 3. С. 25-31.
5. Кравчук А. В., Корсак В. В., Улданов А. Г. Суммарное водопотребление яблоневого сада на черноземах Нижнего Поволжья. Мелиорация и водное хозяйство. 2024. № 1. С. 42-44.
6. Желязко В. И., Захарчук Д. А. Влияние поливной нормы на формирование контура увлажнения. Актуальные научно-технические и экологические проблемы мелиорации земель: материалы Международной научно-практической конференции посвященной памяти М. Г. Голченко. Горки: УО Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2023. С. 104-108.
7. Штанько А. С., Шкура В. Н. Расчет поливной нормы при капельном орошении древесно-плодовых культур в садовых насаждениях. Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14. № 1. С. 1-18.
8. Кирейчева Л. В., Асканбек А. А., Нурабаев Д. М. Расчет контуров увлажнения для обоснования поливной нормы при капельном орошении плодоносящего сада в условиях предгорной зоны Жамбылской области. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 1-1 (91). С. 100-104.
9. Гаппаров С. М., Махмудов И. Э. Использование математического моделирования при увлажнении почвы под хлопчатником капельным способом на среднесуглинистых почвах голодной степи. Вестник мелиоративной науки. 2020. № 3. С. 4-10.

10. Куприянов А. А., Шура В. Н. Очертание изоплет, ограничивающих контуры капельного увлажнения, формирующиеся в южных среднетяжелых черноземах. Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2022. № 2(86). С. 101-108.

11. Куприянов А. А., Мелихова Е. В. Математическое моделирование границ контуров увлажнения при капельном орошении в условиях южных черноземов. Известия НВ АУК. 2024. № 5 (77). С. 438-448.

12. Куприянов А. А., Удовидченко Я. Е. О влиянии почвенных и технологических условий на параметры зон увлажнения почвы, формируемых при капельном поливе древесно-плодовых культур. Мелиорация и гидротехника. 2021. Т. 11. № 3. С. 36-53.

13. Rogachev A. F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. Pyatigorsk, 2019. V. 726. Pp. 774-782.

References

1. Zhatkanbaeva A. O., Kozykeeva A. T., Aldiyarova A. E. Modeling of Crop Moisture Contours with Mobile Drip Irrigation. Land Reclamation and Water Management: Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference (Shumakov Readings) with International Participation. Novocherkassk: OOO "Lik", 2019. V. 17. Part 1. Pp. 37-42.

2. Shkura V. N., Shtanko A. S. Geometry of the contours of drip soil moistening. Land reclamation and hydraulic engineering. 2023. V. 13. № 2. Pp. 55-74.

3. Kuznetsov E. V., Kilidi H. I., Khajidi A. E. Study of soil moisture dynamics during drip irrigation. Land reclamation and hydraulic engineering. 2024. V. 14. No 1. Pp. 19-33.

4. Modeling of the main parameters of moisture transfer during drip irrigation depending on soil moisture. Innovative technologies in the agro-industrial complex in modern economic conditions: materials of the International Scientific and Practical Conference. Volgograd: Volgograd State Agrarian University, 2021. V. 3. Pp. 25-31.

5. Kravchuk A. V., Korsak V. V., Uldanov A. G. Total water consumption of an apple orchard on chernozems of the Lower Volga region. Land reclamation and water management. 2024. № 1. Pp. 42-44.

6. Zhelyazko V. I., Zakharchuk D. A. Influence of irrigation rate on the formation of the moisture contour. Actual scientific, technical and ecological problems of land reclamation: materials of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the memory of M. G. Golchenko. Gorki: Belarusian State Agricultural Academy, 2023. Pp. 104-108.

7. Shtanko A. S., Shkura V. N. Calculation of Irrigation Rate for Drip Irrigation of Tree and Fruit Crops in Garden Plantations. Land reclamation and hydraulic engineering. 2024. V. 14. No 1. Pp. 1-18.

8. Kireycheva L. V., Askanbek A. A., Nurabayev D. M. Calculation of moisture contours to substantiate the irrigation rate for drip irrigation of a fruit-bearing orchard in the foothill zone of the Zhambyl region. International Research Journal. 2020. № 1-1 (91). Pp. 100-104.

9. Gapparov S. M., Makhmudov I. E. Use of Mathematical Modeling in Soil Moistening under Cotton by Drip Method on Medium Loamy Soils of the Hungry Steppe. Bulletin of Reclamation Science. 2020. № 3. Pp. 4-10.

10. Kupriyanov A. A., Shkura V. N. Outline of Isotoplets Limiting the Contours of Drip Moisture Formed in Southern Medium-Thick Black Earths. Ways to improve the efficiency of irrigated agriculture. 2022. № 2 (86). Pp. 101-108.

11. Kupriyanov A. A., Melikhova E. V. Mathematical Modeling of the Boundaries of Moisture Contours in Drip Irrigation in the Conditions of Southern Black Earths. Izvestiya NV AUK. 2024. № 5 (77). Pp. 438-448.

12. Kupriyanov A. A., Uдовидченко Y. E. On the Influence of Soil and Technological Conditions on the Parameters of Soil Moisture Zones Formed by Drip Irrigation of Tree and Fruit Crops. Land reclamation and hydraulic engineering. 2021. V. 11. No 3. Pp. 36-53.

13. Rogachev A. F. Fuzzy Set Modeling of Regional Food Security. Perspectives on the Use of New Information and Communication Technology (ICT) in the Modern Economy. Pyatigorsk, 2019. V. 726. Pp. 774-782.

Информация об авторах

Мелихова Елена Валентиновна, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), e-mail: mel-v07@mail.ru

Куприянов Андрей Александрович, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия – филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова» (Российская Федерация, 400002, Волгоград, ул. Тимирязева, 9), <https://orcid.org/0000-0002-5469-2132>, e-mail: kupriyanov19967@gmail.com

Author's Information

Melikhova Elena Valentinovna, Doctor of Engineering Sciences, assistant professor, head of the Department, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: mel-v07@mail.ru

Kupriyanov Andrey Aleksandrovich, junior researcher, All-Russian Research Institute of Irrigated Agriculture – Branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Land Reclamation named after A. N. Kostyakov" (Russian Federation, 400002, Volgograd, Timiryazev St., 9), <https://orcid.org/0000-0002-5469-2132>, e-mail: kupriyanov19967@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-44

THE STUDY OF THE GRINDING CEREAL CROPS PROCESS

Nekhoroshev D. A., Nekhoroshev D. D., Biryukov M. A., Nekhoroshev N. D.

*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: dmitr-nech@yandex.ru

Received 02.11.2024

Submitted 29.01.2025

Abstract

Introduction. Harvesting and production of high-quality coarse and high-calorie compound feeds is the main link in the formation of the feed base of the livestock industry of the agro-industrial complex of the country. The provision of livestock farms with high-quality feed of all kinds determines the level of eco-

conomic development of the livestock industry, since the cost of high-quality feed in the cost structure of manufactured products is 60...70%. At the same time, the main task of enterprises producing compound feeds is that they produce such feed mixtures that have versatility and fully satisfy the needs of animals with feeds that guarantee high milk yields and fattening gains. The quality of preparation of concentrated feeds is greatly influenced not only by the quality of the processed component, but also by the choice of the technological process of processing raw materials. Violations in the technological process of grinding grain crops affect the size of the mixture of processed components and the presence of unnecessary dust particles. The assessment of the quality of the technological process of processing grain crops in the production of compound feeds is determined by the percentage of dust particles in the resulting product, increasing the uniformity of the mixture, reducing energy costs. This means that feeds obtained from grain forage of cereals by grinding should have a high uniformity of the mixture, and the content of dust particles according to zootechnical requirements should be minimal, since their content in dry feed should not exceed 5%. The feed obtained in this way is well absorbed by animals and allows them to obtain high fattening gains. **The purpose of the work.** Improving the efficiency of the technological process of preparing raw materials and changing the granulometric composition of a mixture of grain forage of cereals for the production of compound feeds, ensuring the uniformity of the mixture and reducing the proportion of small fractions, increasing crushing productivity and reducing energy costs. **Object.** The design of a roller deck crusher with a movable deck for crushing grain forage of cereals has been created, which allows for a grinding degree ranging from 0.25 to 2.5 mm. To ensure the reliability and efficiency of the grinding process of grain materials, it is necessary to investigate the operation of the crusher when dividing grains into parts that directly depend on the design and technological scheme of the crushing apparatus of the crusher. **Materials and methods.** The analysis of literary sources, which consider the issue of theoretical studies of the processes of crushing and grinding of grain crops for the production of compound feeds, is carried out. The analysis of the studied works allows us to substantiate the direction for analytical research on the creation, development and justification of new technical solutions for the manufacture of cereal crop grinders that meet modern requirements in terms of technical characteristics of operation, performance, and technical and economic efficiency. **Results and discussion.** All technological processes implemented on machines for grinding coarse, juicy and concentrated feeds relate to mechanical processes that are determined by the properties of the forces acting on the crushed material, the speeds of movement of working bodies, acceleration and time. Therefore, it can be concluded that they obey the current laws of mechanics and can in many cases be expressed mathematically. The use of mechanical and mathematical models is of great importance in the process of researching the mechanical technology of crushing and crushing agricultural materials for the preparation of feed.

Keywords: grain grinding, grain crusher, grain crushing technology, grain crusher designs.

Citation. Nekhoroshev D. A., Nekhoroshev D. D., Biryukov M. A., Nekhoroshev N. D. The study of the grinding cereal crops process. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 410-417 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-44.

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

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

УДК 631.3:636

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЛАКОВЫХ КУЛЬТУР

Нехорошев Д. А., доктор технических наук, профессор

Нехорошев Д. Д., кандидат технических наук, доцент

Бирюков М. А., аспирант

Нехорошев Н. Д., магистрант

ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

Актуальность. Заготовка и производство качественных грубых и высококалорийных комбикормов является основным звеном в формировании кормовой базы отрасли животноводства агропромышленного комплекса страны. Обеспеченность животноводческих хозяйств кормами всех видов высокого качества определяет уровень экономического развития отрасли животноводства, поскольку в структуре затрат на производимую продукцию стоимость качественных кормов составляет 60...70%. При этом основная задача предприятий производителей комбикормов заключается в том, чтобы они производили такие кормовые смеси, которые обладали универсальностью и полностью удовлетворяли потребность животных кормами, гарантирующими высокие надои молока и приросты на откорме.

На качество приготовления концентрированных кормов большое влияние оказывают не только качество перерабатываемого компонента, но и выбор технологического процесса переработки сырья. Нарушения в технологическом процессе измельчения зернофуражных культур влияют на крупность смеси перерабатываемых компонентов и наличие ненужных пылевидных частиц.

Оценка качества технологического процесса переработки зернофуражных культур при производстве комбикормов определяется процентным содержанием пылевидных частиц в полученном продукте, повышением однородности смеси, снижением затрат электроэнергии. Это означает, что корма, полученные из зернофуража злаковых культур путём измельчения, должны иметь высокую однородность смеси, а содержание пылевидных частиц по зоотехническим требованиям должно быть минимальным, поскольку содержание их в сухом корме должно быть не более 5%. Корма, полученные таким способом, хорошо усваиваются животными и позволяют получать высокие привесы при откорме.

Цель работы. Совершенствование эффективности технологического процесса подготовки сырья и изменения гранулометрического состава смеси зернофуража злаковых культур для производства комбикормов, обеспечивающего однородность смеси и снижение доли мелких фракций, повышение производительности дробления и снижения энергетических затрат.

Объект. Создана конструкция вальцево-дековой дробилки с подвижной декой для измельчения зернофуража злаковых культур, позволяющая обеспечить степень измельчения в пределах от 0,25 до 2,5 мм. Для обеспечения надежности и эффективности процесса измельчения зерновых материалов, необходимо исследовать процесс работы дробилки при разделении зерновок на части, которые напрямую зависят от конструктивно-технологической схемы измельчающего аппарата дробилки.

Материалы и методы Проведен анализ литературных источников, в которых рассматривается вопрос теоретических исследований процессов дробления и измельчения зерновых культур для получения комбикормов. Анализ изученных работ позволяет обосновать направление для аналитических исследований по созданию, разработке и обоснованию новых технических решений для изготовления измельчителей злаковых культур, отвечающих современным требованиям по техническим характеристикам функционирования, по выполняемой производительности, так и по технико-экономической эффективности.

Результаты и обсуждение. Все технологические процессы, реализуемые на машинах для измельчения грубых, сочных и концентрированных кормов, относятся к механическим процессам, которые определяются свойствами действующих сил на измельчаемый материал, скоростями перемещения рабочих органов, ускорением и временем. Следовательно, можно сделать вывод, что они подчиняются действующим законам механики и их можно во многих случаях выразить математически. Использованию механико-математических моделей придаётся большое значение в процессе исследований механической технологии измельчения и дробления сельскохозяйственных материалов для приготовления кормов.

Ключевые слова: *измельчение зерна, зернодробилки, технологии дробления зерна, конструкции зернодробилок.*

Цитирование. Нехорошев Д. А., Нехорошев Д. Д., Бирюков М. А., Нехорошев Н. Д. Исследование процесса измельчения злаковых культур. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 410-417. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-44.

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

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Внедрение передовой промышленной технологии производства концентрированных кормов для животноводства требует создания универсальных технических средств, обеспечивающих переработку зернофуражных культур в соответствии с рационом. Это позволит механизировать и автоматизировать трудоемкие процессы раздачи кормов, а также создать условия для набора веса животными в процессе откорма.

Основные операции, которые выполняются при приготовлении сухих многокомпонентных концентрированных кормов, – измельчение, резание и смешивание полученных фракций. Концентрация смеси, полученная после дробления предварительно, определяется составом будущих компонентов, входящих в состав смеси. Корма, которые получены дроблением, измельчением и плющением зерна, лучше усваиваются животными [10, 11, 13, 14].

Основным компонентом, входящим в состав комбикормов, является зерно злаковых культур. Измельченные зернофуражные культуры могут долго храниться, имеют низкий процент потерь при транспортировке и использовании их для производства различных кормовых смесей. Зерно в измельченном виде в составе комбикормов обеспечивает животных основными элементами питания. Использование гидротермической обработки в приготовлении кормов позволяет повысить усвояемость их при откорме молодняка сельскохозяйственных животных. Учитывая большое содержание зерна в комбикормах, можно с уверенностью сказать, что они являются важнейшим источником получаемой энергии животным [4].

Установлено, что производство комбикормов с использованием одной зерновой культуры при скармливании животным не обеспечивает потребность организма животного необходимым количеством требуемых витаминов, микроэлементов, белков и жиров для продуктивного развития.

Использование переработанных зернофуражных культур в виде комбикормов позволяет экономить недостаток белковых кормов, использовать приготовленные смеси в более доступной форме для животных, когда они приготовлены в виде гранул, брикетов или крошки и содержат все питательные вещества, автоматизировать технологический процесс выдачи кормов и снизить затраты труда на производство животноводческой продукции.

Материалы и методы. Проведен анализ литературных источников, в которых рассматривается вопрос теоретических исследований процессов дробления и измельчения зерновых культур для получения комбикормов [2, 6, 7, 8, 9]. Анализ изученных работ позволяет обосновать направление для аналитических исследований по созданию, разработке и обоснованию новых технических решений для изготовления измельчителей злаковых культур, отвечающих современным требованиям по техническим характеристикам функционирования, по выполняемой производительности, так и по технико-экономической эффективности.

Результаты и обсуждение. Для создания эффективного и качественного технологического процесса производства комбикормов и уменьшения их себестоимости производства основное внимание уделяется внедрению инновационных технологий, применяемых в сельскохозяйственном производстве [1, 3].

Производственный опыт показывает, что на малых фермерских хозяйствах по выращиванию животных эффективно использование малых кормоприготовительных цехов (МЦК). Преимущество таких кормоцехов состоит в том, что комбикорма можно приготовить в условиях хозяйства, при наличии собственных зерновых компонентов.

Основное отличие МЦК в том, что его можно автономно использовать на животноводческих фермах для приготовления кормов из компонентов грубых кормов и концентрированных смесей, сбалансированных по кормовым единицам. Технологическое оборудование, которое используется в агрегате, обеспечивает хорошую однородность смешивания компонентов, утвержденных в принятом рационе. Себестоимость приготовленных кормов мобильным агрегатом может быть на 40-45% ниже, чем на стационарных кормоцехах.

В настоящее время перспективным направлением является использование МЦК в линиях приготовления кормов, в которых используются малогабаритные измельчители (рисунок 1), реализующие в своих конструктивно-технологических схемах производительные энергоэффективные способы разрушения зерновок срезом и скалыванием.

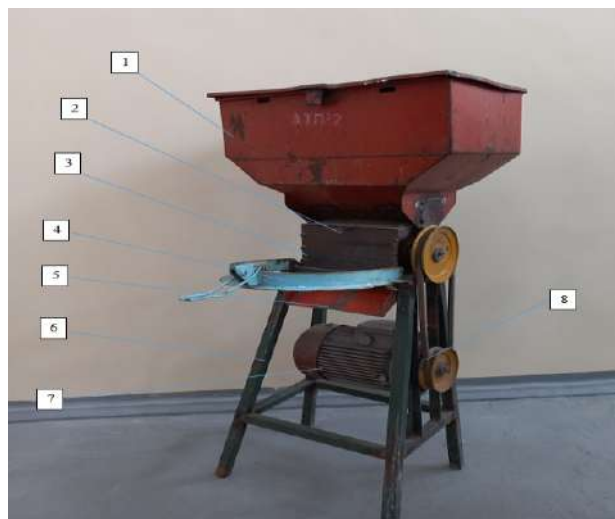


Рисунок 1 – Роторная дробилка с подвижной декой

1 – бункер; 2 – заслонка; 3 – механизм измельчения; 4 – мешко держатель; 5 – выгрузной лоток;
6 – рама; 7 – электродвигатель; 8 – привод

Figure 1 – Rotary crusher with movable deck

1 – hopper; 2 – damper; 3 – grinding mechanism; 4 – bag holder; 5 – unloading tray; 6 – frame;
7 – electric motor; 8 – drive

Работает устройство следующим образом. Измельчаемый материал засыпается в бункер 1, вместимостью 25 кг. Отрегулированный заслонкой 2 поток зерна поступает в дробильную камеру 3, где происходит разрушение зерна, путём раскалывания его на острых кромках деки. Измельчённый материал выходит по выгрузному лотку 5 в тару, закреплённую на мешко держателе 4.

Процесс подготовки и переработки зерновых компонентов обычно направлен на то, чтобы подвергнуть их деформации и разрушению дисперсных систем однородного типа (рисунок 2) и получения кормовых смесей с заданными зоотехническими параметрами и питательными свойствами (рисунок 3).



Рисунок 2 – Однородная смесь фуражного ячменя до измельчения
Figure 2 – Homogeneous mixture of feed barley before grinding



Рисунок 3 – Гранулометрический состав после измельчения ячменя
Figure 3 – Granulometric composition after grinding barley

Степень эффективности процесса измельчения зерновых продуктов зависит от степени измельчения λ перерабатываемого материала, которая определяется отношением поверхностей образовавшихся частиц, получившихся после дробления S_k к начальной площади поверхности материала до измельчения S_n :

$$\lambda = \frac{S_k}{S_n}. \quad (1)$$

Чтобы определить затраты энергии на дробление, необходимо определить, величину суммарных площадей новых поверхностей от суммарного значения вновь созданных новых поверхностей, то есть приращение новых суммарных площадей частиц, ΔS :

$$\Delta S = S_k - S_n. \quad (2)$$

Качество дробления зернобобовых компонентов, имеющих круглую форму, вычисляется по формуле:

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (3)$$

а для продуктов, имеющих цилиндрические, кубические и удлинённые размеры, по формуле:

$$\lambda = \frac{L}{l}, \quad (4)$$

где D – средний диаметр частиц исходного материала, мм; d – средний диаметр частиц конечного продукта, мм; L – средняя длина ребра частицы продукта, мм; l – средняя длина ребра частиц конечного продукта, мм.

Эквивалентный диаметр зерна D_3 представляет собой диаметр шара, объем которого равен действительному объему зерна:

$$D_3 = \sqrt[3]{\frac{6V_3}{\pi}} \approx 1,24 \sqrt[3]{V_3}. \quad (5)$$

Государственный стандарт [ГОСТ 34109-2017 Комбикорма полнорационные для свиней. Общие технические условия. Введ. 01.01.2019] на производство измельчённого корма оценивается тремя степенями размола, которые определяются величиной среднего размера полученных частиц 0,2-1 мм – мелкий помол, 1-1,8 – средний и 1,8-2,6 – крупный помол.

Основное требование, которое следует соблюдать при измельчении кормов, – это отсутствие в нём пылевидных частиц размером менее 0,25 мм. Наличие в рационе животных переизмельчённых фракций корма приводит к снижению привесов и негативно влияет на процесс усвоения его.

Для приготовления измельченного корма хорошего качества прежде всего необходимо знать свойства перерабатываемого зернового материала: влажность, поскольку она влияет на упругие и пластические свойства перерабатываемого продукта растительного происхождения. Поэтому процесс переработки такого материала измельчителями ударно - истирающего действия (рисунок 3) наиболее эффективен по сравнению с молотковыми и штифтовыми дробилками [5, 7].

Используя формулу С. В. Мельникова, вычислим количество энергии, требуемой на переработку зерна новой дробилкой:

$$A_{изм} = C_{пр} \cdot [C_v \cdot \lg \lambda^3 + C_s (\lambda - 1)], \quad (6)$$

где $A_{изм}$ – работа, затраченная на переработку зернового сырья, кДж/кг; $C_{пр}$ – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства материала и способы воздействия рабочих органов на перерабатываемый продукт; C_v – коэффициент, учитывающий работу упругих деформаций, отнесенный к единице массы зерна, кДж/кг; C_s – коэффициент, характеризующий затраченную работу на формирование новой поверхности, полученной при переработке 1 кг зернового материала, кДж/кг; λ – степень измельчения, мм.

$$\lambda = \frac{D}{d}, \quad (7)$$

где D – средний диаметр зерна, мм; d – модуль помола, мм.

$$\lambda = \frac{4,2}{1,2} = 3,5. \quad (8)$$

$$A_{изм} = 1,2 \cdot [8,5 \cdot \lg 3,5^3 + 7,5(3,5 - 1)] = 39,1 \text{ кДж/кг} \quad (9)$$

Мощность, кВт, затрачиваемая на измельчение:

$$N_{\text{изм}} = g \cdot A_{\text{изм}}, \quad (10)$$

где g – заданная подача дробилки, кг/с.

$$N_{\text{изм}} = 0,055 \cdot 39,1 = 2,15 \text{ кВт} \quad (11)$$

Полная мощность электродвигателя для привода дробилки, кВт:

$$N_n = (1,15 \dots 1,2) \cdot N_{\text{изм}}. \quad (12)$$

$$N_n = 1,15 \cdot 2,15 = 2,47 \text{ кВт} \quad (13)$$

Заключение. Проведённый анализ работ, в которых рассматриваются процессы приготовления концентрированных кормов методом дробления, определил направление предстоящих исследований. Разработанная и представленная в данной работе дробилка позволяет применять её в довольно широком диапазоне работ. Она может использоваться как для дробления зернофуражных культур и зерносмесей, так и для дробления бобовых культур. Дробилка имеет малые габаритные размеры, проста в обслуживании и является экологически безвредным оборудованием.

Conclusions. The analysis of the works in which the processes of preparing concentrated feeds by crushing are considered has determined the direction of upcoming research. The crusher developed and presented in this work allows it to be used in a fairly wide range of jobs. It can be used both for crushing forage crops and grain mixtures, and for crushing legumes. The crusher has small dimensions, is easy to maintain and is an environmentally friendly equipment.

Библиографический список

1. Асманкин Е. М., Петров А. А., Абдюкаева А. Ф. Пути развития машин для измельчения зерновой массы. Известия ОГАУ. 2017. № 2. С. 16-21.
2. Бесподенов Р. В. и др. Исследование и моделирование взаимодействия молотков вертикальной дробилки с воздушно-зерновым слоем. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2023. № 4 (222). С. 92-98.
3. Балданов М. Б. и др. Выбор конструктивно-технологической схемы измельчителя грубых кормов. Вестник Бурятской ГСХА имени В. Р. Филиппова. 2012. № 1 (26). С. 73-77.
4. Вендин С. В., Саенко Ю. В., Семернина М. А. Дробилка для измельчения пророщенного зерна. Сельский механизатор. 2021. № 1. С. 18-20.
5. Искендеров Р. Р., Лебедев А. Т. Молотковые дробилки: достоинства и недостатки. Вестник АПК Ставрополья. 2015. № 1 (17). С. 27-30.
6. Класнер Г. Г. и др. Теоретическое обоснование процесса приготовления кормов на основе зерна сои. Научное обозрение. 2017. № 5. С. 78-83.
7. Лебедев А. Т., Искендеров Р. Р., Шумский А. С. Влияние рабочего зазора на эффективность процесса измельчения зерновых материалов в горизонтальной роторной дробилке. Наука в центральной России. 2017. № 5 (29). С. 36-43.
8. Лебедев А. Т., Искендеров Р. Р., Шумский А. С. К вопросу повышения долговечности рабочих органов роторной дробилки. Наука в центральной России. 2018. № 1(31). С. 23-26.
9. Федоренко И. Я., Бесподенов Р. В. Причины виброактивности молотковых зернодробилок с горизонтальным расположением барабана. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 2 (196). С. 96-104.
10. Tokach M. D., Nelssen J. L. The effects of diet particle size on animal performance. Feed manufacturing. 1995. № 2050. Pp. 156-161.
11. Healy J. B. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. Anim. Sei. 1994. N 72. 2227.
12. Marczuk A., Blicharz-Kania A., et al. Studies of a Rotary-Centrifugal Grain Grinder Using a Multifactorial Experimental Design Method. Sustainability 2019. № 11. 5362.
13. Vinod K. J. Mechanics of Hammer Mill Grinding of Corn as Related to its Mechanical Properties. The Pennsylvania State University. 1975. № 4. Pp. 16-20.
14. Good band R. D., Tokach M. D., Nelssen J. L. The effects of diet particle size on animal performance. Feed manufacturing. 1995. № 2050. Pp. 156-161.

References

1. Asmankin E. M., Petrov A. A., Abdjukayeva A. F. Ways of Development of Machines for Grinding Grain Mass. Izvestiya OSAU. 2017. № 2. Pp. 16-21.
2. Bepoldenov R. V., et al. Study and Modeling of the Interaction of Vertical Crusher Hammers with an Air-Grain Layer. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2023. № 4 (222). Pp. 92-98.
3. Baldanov M. B. et al. Selection of the design and technological scheme of the roughage grinder. Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V. R. Filippov. 2012. № 1 (26). Pp. 73-77.
4. Vendin S. V., Sayenko Y. V., Semernina M. A. Crusher for grinding sprouted grain. Rural machine operator. 2021. № 1. Pp. 18-20.

5. Iskenderov R. R., Lebedev A. T. Hammer crushers: advantages and deficiencies. Vestnik APK Stavropol'ya. 2015. № 1 (17). Pp. 27-30.
6. Klasner G. G. et al. Theoretical substantiation of the process of preparing feed based on soybean grains. Scientific Review. 2017. № 5. Pp. 78-83.
7. Lebedev A. T., Iskenderov R. R., Shumsky A. S. Effect of Working Clearance on the Efficiency of the Process of Grinding Grain Materials in a Horizontal Impact Crusher. Science in Central Russia. 2017. № 5 (29). Pp. 36-43.
8. Lebedev A. T., Iskenderov R. R., Shumsky A. S. On the issue of improving the durability of the working bodies of the rotary crusher. Science in Central Russia. 2018. № 1(31). Pp. 23-26.
9. Fedorenko I. Ya., Bepoldenov R. V. Causes of vibration activity of hammer grain crushers with horizontal arrangement of the drum. Bulletin of the Altai State Agrarian University. 2021. № 2 (196). Pp. 96-104.
10. Tokach M. D., Nelssen J. L. The effects of diet particle size on animal performance. Feed manufacturing. 1995. № 2050. Pp. 156-161.
11. Healy J. B. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. Anim. Sei. 1994. N 72. 2227.
12. Marczuk A., Blicharz-Kania A., et al. Studies of a Rotary-Centrifugal Grain Grinder Using a Multifactorial Experimental Design Method. Sustainability 2019. № 11. 5362.
13. Vinod K. J. Mechanics of Hammer Mill Grinding of Corn as Related to its Mechanical Properties. The Pennsylvania State University. 1975. № 4. Pp. 16-20.
14. Good band R. D., Tokach M. D., Nelssen J. L. The effects of diet particle size on animal performance. Feed manufacturing. 1995. № 2050. Pp. 156-161.

Информация об авторах

Нехорошев Дмитрий Артёмович, доктор технических наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26.), e-mail: dmitr-nech@yandex.ru
Нехорошев Дмитрий Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент, ФРБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26.), e-mail: ndd.volgau.@yandex.ru
Нехорошев Никита Дмитриевич, магистрант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26.), e-mail: nikita.nech@yandex.ru.
Бирюков Максим Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, проспект Университетский, 26.) e-mail: mak.biruckow 2012@yandex.ru

Author's Information

Nekhoroshev Dmitry Artemovich, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: dmitr-nech@yandex.ru
Nekhoroshev Dmitry Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: ndd.volgau.@yandex.ru
Nekhoroshev Nikita Dmitrievich, undergraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: nikita.nech@yandex.ru
Biryukov Maksim Andreevich, postgraduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), e-mail: mak.biruckow 2012@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-45

THE OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF THE SOUTHERN REED FEEDING DEVICE FOR THE REMOVAL OF PANICLES IN THE PRODUCTION OF PELLETS

¹Ryadnov A. I., ²Tishaninova A. O., ²Davydova S. A., ¹Tronev S. V.

¹Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

²Federal Scientific Agro engineering Center VIM,
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: tishaninovaanastasiya@yandex.ru

Received 29.11.2025

Submitted 18.01.2025

The work was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the state task of the Federal State Budgetary Institution «Federal Scientific Agro engineering Center VIM» topic No. FGUN-2022-0026 «Development of innovative high-tech equipment for deep processing and production of compound feeds»

Summary

The design of a coarse feed shredder is presented, including a device for feeding southern cane in order to prepare the panicles for crushing. Optimization of the design and kinematic parameters of this device increases the efficiency of production of granular feed for cattle.

Abstract

Introduction. Animal husbandry plays an important role in providing the population with food. It is important to emphasize that providing animals with high-quality food is a key factor for the development of the industry, especially in regions with limited resources. The insufficient development of feed production caused by natural and climatic conditions requires the search for effective solutions to provide livestock with the nec-

essary nutritional components. However, in the arid conditions of the regions of the Lower Volga region (Volgograd region, Astrakhan region, Republic of Kalmykia), the problem of lack of animal feed is becoming more acute. The deterioration of the situation is also caused by a violation of agricultural technology and improper cultivation of forage crops. In beef cattle breeding, the main components of the diets of steers used to produce marbled beef are concentrated feeds. Grain feeds play an important role in these diets. However, the constant need for them and the seasonal nature of their production create the need for long-term storage of grain, while ensuring the preservation of nutritional properties. In this regard, the state is aimed at the creation and implementation of modern technologies in this area and the development of animal husbandry in the meat sector [1-3]. The quality of granulated feed produced from cane directly depends on the properties of the feedstock, including its physical and mechanical characteristics [4-6]. The conducted exploratory work has shown that during the processing of southern cane, one of the necessary technological operations is the removal of panicles, which allows to remove part of the plants that lead to clogging of the feed mixture and deterioration of the granulation process [7-8]. The panicles in the granules worsen the uniformity of the mixture. Panicles, as a rule, have a rougher structure than reed stems, which makes the mixture heterogeneous and makes it difficult to press evenly. When using panicles, the amount of dust in the granules increases, since the panicles emit micro fractions, grains and fluff during grinding, which leads to a decrease in the quality of the granules. In addition, panicles have greater rigidity than stems, which increases the resistance to pressing and can lead to poor-quality granule structure. **Object.** The device for feeding southern cane to the hearth in the production of granular feed for cattle. **Materials and methods.** An integrated approach, including both theoretical and experimental studies, allowed us to obtain reliable results based on the methods of classical mechanics, mathematics and statistics. Data processing was carried out using modern software tools, which ensured high accuracy and objectivity of the conclusions obtained. All stages of the work corresponded to the current methodological requirements and standards. **Results and conclusion.** The analysis of regression equations using two-dimensional cross-sections showed the following optimal ranges: pressure roller force – 290-310 N; distance between the axes of the pressure roller and the cleaning roller/brush – 1.18-1.22 m; conveyor belt speed – 0.19-0.21 m/s.

Keywords: southern reeds, pelleted feed, feed shredders, feeding devices.

Citation. Ryadnov A.I., Tishaninova A. O., Davydova S. A., Tronev S. V. The optimization of the parameters of the southern reed feeding device for the removal of panicles in the production of pellets. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 417-425 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-45.

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

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

УДК 662.636

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ПОДАЧИ ТРОСТНИКА ЮЖНОГО НА ОЧЕС МЕТЕЛОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ГРАНУЛ

¹Ряднов А. И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор

²Тишанинова А. О., младший научный сотрудник

²Давыдова С. А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

¹Тронеv С. В., доктор технических наук, доцент, профессор

¹ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

²ФГБНУ ФНАЦ ВИМ

г. Москва, Российская Федерация

**Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках государственного задания
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» тема № FGUN-2022-0026**

**«Разработка инновационного высокотехнологичного оборудования глубокой переработки
и производства комбикормов»**

Актуальность. Представлена конструкция измельчителя грубых кормов, включающая устройство для подачи тростника южного с целью подготовки метёлок к измельчению. Оптимизация конструктивных и кинематических параметров этого устройства повышает эффективность производства гранулированных кормов для крупного рогатого скота. **Объект.** Устройство подачи тростника южного на очес при производстве гранулированных кормов крупному рогатому скоту. **Материалы и методы.** Комплексный подход, включающий как теоретические, так и экспериментальные исследования, позволил получить достоверные результаты, основанные на методах классической механики, математики и статистики. Обработка данных проводилась с использованием современных программных средств, что обеспечило вы-

сокую точность и объективность полученных выводов. Все этапы работы соответствовали действующим методическим требованиям и стандартам. **Результаты и выводы.** Проведены исследования по плану Рехтшафнера для трехфакторного эксперимента. Анализ уравнений регрессии выполнялся с использованием двумерных сечений. Экспериментальные исследования показали оптимальные конструктивные и кинематические параметры устройства подачи тростника южного на очес метелок: усилие на прижимном ролике 290...310 Н, расстояние между осью прижимного ролика и осью очесывающего вальца/щетки 1,18...1,22 м, скорость движения ленточного транспортера 0,19...0,21 м/с.

Ключевые слова: тростник южный, гранулированные корма, измельчители кормов, устройства подачи.

Цитирование. Ряднов А. И., Тишанинова А. О., Давыдова С. А., Тронеv С. В. Оптимизация параметров устройства подачи тростника южного на очес метелок при производстве гранул. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 417-425. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-45.

Авторский вклад: Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Животноводство играет важную роль в обеспечении населения продуктами питания. Важно подчеркнуть, что обеспечение животных качественным кормом является ключевым фактором для развития отрасли, особенно в регионах с ограниченными ресурсами. Недостаточное развитие кормопроизводства, вызванное природными и климатическими условиями, требует поиска эффективных решений для обеспечения поголовья сельскохозяйственных животных необходимыми питательными компонентами. Однако, в аридных условиях регионов Нижнего Поволжья (Волгоградская область, Астраханская область, Республика Калмыкия) проблема недостатка кормов для животных становится все более острой. В мясном скотоводстве главными компонентами рационов бычков, используемых для получения мраморной говядины, являются концентрированные корма. Важную роль в этих рационах играют зерновые корма. Однако постоянная потребность в них и сезонный характер их производства создают необходимость в длительном хранении зерна, обеспечивая при этом сохранность питательных свойств. В связи с этим государство направлено на создание и внедрение современных технологий в этой области с возможностью использования альтернативных растительных ресурсов [1-8].

Одним из возможных к использованию при кормлении крупного рогатого скота мясного направления источников альтернативных растительных ресурсов является тростник южный (*Phragmites australis*) [9, 10]. Качество гранулированного корма, производимого из тростника южного, напрямую зависит от свойств исходного сырья, в том числе от его физико-механических характеристик [9]. Проведенные поисковые работы показали, что при переработке тростника южного одной из необходимых технологических операций является очес метелок, позволяющий удалить часть растений, которые приводят к засорению кормовой смеси и ухудшению процесса гранулирования [9]. Метелки тростника южного в составе гранул ухудшают однородность смеси: более грубая структура метелки, чем стеблей растения, делает смесь неоднородной и затрудняет равномерное прессование. При использовании метелок увеличивается количество пыли в гранулах за счет наличия микрофракций, зерновок и пуха, что также снижает качество гранул. Кроме того, метелки обладают большей жесткостью, чем стебли, что увеличивает сопротивление прессованию и может привести к некачественной структуре гранул [9].

Материалы и методы. Объектом исследования являлся образец измельчителя тростника южного, оборудованного устройством подачи срезанных растений на очес метелок. При исследовании использовался комплексный подход, включающий как теоретические, так и экспериментальные исследования, который позволил получить достоверные результаты, основанные на методах классической механики, математики и статистики. Обработка данных проводилась с использованием современных программных средств, что обеспечило высокую точность и объективность полученных выводов. Все этапы работы соответствовали действующим методическим требованиям и стандартам.

Результаты и обсуждение. Была предложена конструкция подачи тростника южного на очес метелок, которая регулирует равномерную толщину поступающего слоя растений на очес (патент РФ на изобретение № 2824798). Полная укладка во всю длину габаритных растений тростника южного обеспечивает безопасность подачи на очес и снижает затраты труда. В исследовании использовался модифицированный измельчитель грубых кормов модели ИГК-30Б для выполнения операций по подготовке растений (удаление метелок) и измельчению тростника. Схема предлагаемого измельчителя приведена на рисунке 1.

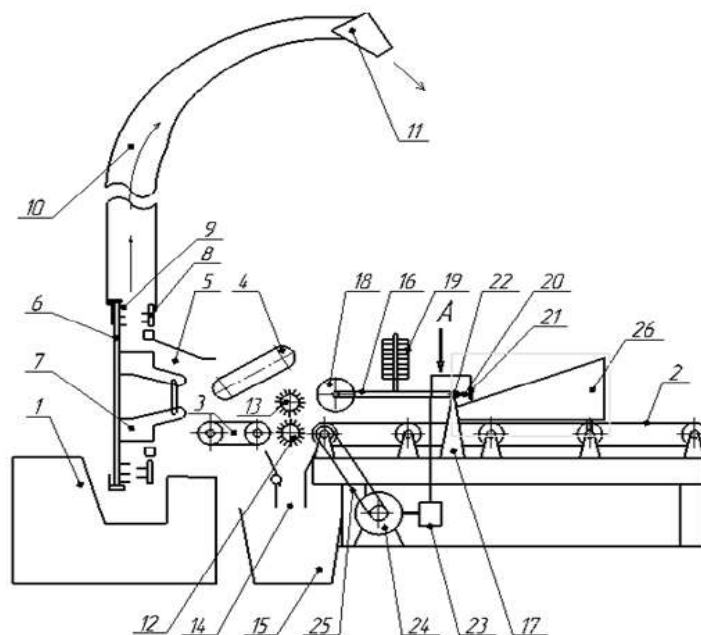


Рисунок 1 – Схема измельчителя с устройством подачи тростника южного на очес метелок
Figure 1 – Diagram of a shredder with a device for feeding southern cane to a broom

Основными конструктивными элементами измельчителя являются: 1 – питатель, 2 и 3 – нижние подающие горизонтальные транспортеры, 4 – верхний уплотняющий наклонный транспортер, 5 – приемная камера, 6 – ротор, 7 – лопасти ротора, 8 и 9 – диски со штифтами соответственно неподвижный и вращающийся, 10 – дефлектор, 11 – козырек регулируемый, 12 и 13 – щетки соответственно нижняя и верхняя, 14 – уловитель отходов, 15 – бункер отходов, 16 – кронштейн, 17 – опора, 18 – ролик прижимной, 19 – груз, 20 – рычаг, 21 – датчик управления прижимным роликом, 22 – ось, 23 – частотный преобразователь тока, 24 – электродвигатель, 25 – привод подающего транспортера 2, 26 – ограничитель.

Функциональность улучшенного измельчителя подробно описана ниже. Тростник подается на удлиненный нижний горизонтальный транспортер метелками вперед. Длина транспортера соответствует средней длине измельчаемого тростника, ранее полученной из исследований размерно-массовых характеристик тростника. Растения формируются в пучок направляющими щитками и прижимаются к ленте транспортера прижимным роликом с помощью груза. Пучок тростника уплотняется и движется к измельчающему аппарату. Нижняя и верхняя щетки прочесывают тростник, удаляя пух из метелок. Частота вращения щеток регулируется для обеспечения оптимального очеса. Вычесанный пух удаляется с помощью отсоса в уловитель отходов и затем в бункер. Очищенный тростник перемещается с первого нижнего горизонтального конвейера на второй. Второй наклонный верхний конвейер дополнительно уплотняет материал перед его подачей в загрузочный бункер. В загрузочном бункере предусмотрена система удаления посторонних материалов. Всасывающий поток воздуха затягивает подготовленный сахарный тростник в камеру измельчения, где ротор, оснащенный штифтами, и неподвижный диск измельчают волокна тростника как в продольном, так и в поперечном направлении. Измельченный материал затем выбрасывается лопастями ротора в дефлекторную систему, включающую регулируемую крышку для перенаправления потока (патент РФ на изобретение № 2824798).

Ключевые конструктивные и кинематические параметры устройства для подачи тростника южного были оптимизированы с помощью экспериментальных исследований с использованием многофакторного планирования (рисунок 2). Были выбраны четыре основных фактора, влияющих на качество очеса: усилие на прижимном ролике (x_1), расстояние между роликом и вальцами/щетками (x_2), скорость движения ленточного транспортера (x_3). В таблице 1 приведены исследуемые факторы, их уровни и интервалы варьирования, в которых они изменялись.

Таблица 1 – Исследуемые факторы, уровни и интервалы их варьирования

Table 1 – Studied factors, levels and intervals of their variation

Факторы / The factors	Уровни фактора / Factor levels			Интервал варьирования, ε / Therange of variation, ε
	–1	0	+1	
x_1 – усилие на прижимном ролике, Н x_1 – force on the clamping roller, N	300	400	500	100
x_2 – расстояние между осью прижимного ролика и осью очесывающего вальца/щетке, м x_2 – the distance between the axis of the clamping roller and the axis of the combing roller/brush, m	1,0	1,2	1,4	0,2
x_3 – скорость движения ленточного транспортера, м/с x_3 – the speed of the belt conveyor, m/s	0,2	0,3	0,4	0,1



Рисунок 2 – Экспериментальная установка устройства подачи тростника южного на очес метелок
Figure 2 – Experimental installation of a southern reed feeding device for broomsticks

Частота вращения валов регулировалась с помощью частотно-регулируемых приводов; использовались трёхфазная модель «ВЕСПЕР E2-8300-003H» и однофазная модель «ВЕСПЕР E2-8300-S3L» (рисунок 3).



Рисунок 3 – Частотные преобразователи «ВЕСПЕР E2-8300-003H» и «ВЕСПЕР E2-8300-S3L»
Figure 3 – Frequency converters VESPER E2-8300-003H and VESPER E2-8300-S3L

Эксперименты проводились в лаборатории «Эксплуатация и техническое обслуживание машин в АПК» Волгоградского государственного аграрного университета (ВолГАУ) в рамках договора об организации академической мобильности обучающихся и научно-педагогических работников от 24 августа 2023 г и договора о сотрудничестве в области науки и образования от 12 марта 2024 года.

На рисунке 4 показан тростник южный до и после очеса с помощью нового устройства подачи.



а) до удаления метелок
a) southern reed before



б) после удаления метелок
b) after the broom

Рисунок 4 – Результаты экспериментальных исследований: тростник южный до очеса метелки (а) и после (б)

Figure 4 – Results of experimental studies: southern reed before (a) and after the broom (b)

Для исследования области оптимума был реализован 4-факторный план Рехтшафнера в соответствии с установленной методикой. Коэффициенты регрессии (B_0 , B_i , B_{ij} и B_{ii}) были рассчитаны на основе экспериментальных данных с помощью метода, описанного Дегтяревым Ю. П и Филатовым А. И. (1992, стр. 128–131):

$$Y = B_0 + \sum B_i x_i + \sum B_{ij} x_i x_j + \sum B_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

Значимость каждого фактора в уравнении регрессии (1) оценивалась с помощью критерия Стьюдента. Это позволило получить закодированные уравнения регрессии:

$$Y = 97,5 + 0,7x_1 - 0,2x_2 - 0,2x_3 - 3,6x_1x_2 - 2,2x_1x_3 + 3,1x_3 - 14,3x_1^2 - 8,3x_2^2 - 10,4x_3^2; \quad (2)$$

Далее были получены оптимальные значения факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Оптимальные значения факторов

Table 2 – Optimal values of the factors

Факторы / The factors	Оптимальные значения факторов
x_1 – усилие на прижимном ролике, Н x_1 – force on the clamping roller, N	$\frac{0,03}{303}$
x_2 – расстояние между осью прижимного ролика и осью очесывающего вальца/щетки, м x_2 – the distance between the axis of the clamping roller and the axis of the combing roller/brush, m	$\frac{-0,02}{1,2}$
x_3 – скорость движения ленточного транспортера, м/с x_3 – the speed of the belt conveyor, m/s	$\frac{-0,02}{0,2}$

Примечание: в числителе указаны значения в кодированном виде, в знаменателе – в раскодированном виде.
Note: the numerator indicates the values in coded form, the denominator - in decoded form.

Математическая модель второго порядка была приведена к канонической форме. Последующие компьютерные расчёты позволили определить коэффициенты регрессии и критерий оптимизации в оптимальной точке (Дегтярёв и Филатов, 1992, стр. 128-131). Это привело к преобразованию уравнения регрессии (2) в каноническую форму, показанную ниже в уравнении 3:

$$Y_y - 97,5 = -14,9X_1^2 - 6,9X_2^2 - 11,2X_3^2. \quad (3)$$

Для анализа изменений в критерии оптимизации использовались двумерные поперечные сечения. Отрицательные коэффициенты квадратичных членов в уравнениях (2) и (3) указывают на то, что поверхности отклика представляют собой четырёхмерные параболоиды, вершины которых расположены в точках оптимальных значений факторов [11, 12]. Изучение различных поперечных сечений позволило понять, как изменяется критерий оптимизации при изменении различных пар факторов. На рисунках 5, 6 и 7 показаны полученные поперечные сечения.

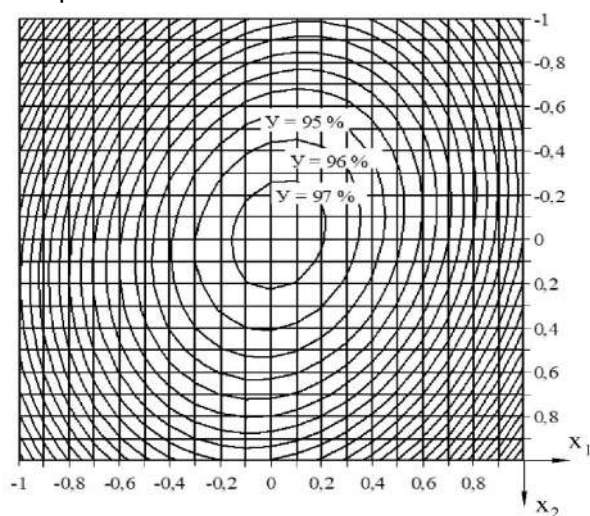


Рисунок 5 – Двумерное сечение для изучения влияния факторов x_1 и x_2 при $x_3 = -0,02$ на степень очеса метелки Y

Figure 5 – Two-dimensional cross section for studying the influence of factors x_1 and x_2 at $x_3 = -0.02$ on the degree of broom formation Y

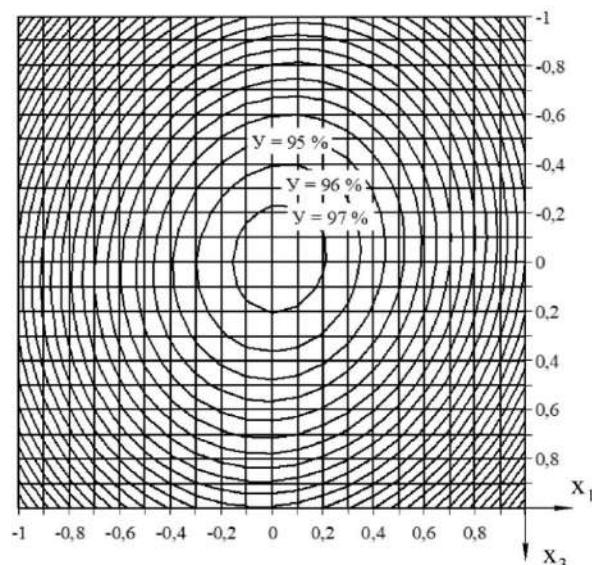


Рисунок 6 – Двумерное сечение влияния факторов x_1 и x_3 при фиксации $x_2 = -0,02$ на степень очеса метелки Y

Figure 6 – Two-dimensional cross-section of the influence of factors x_1 and x_3 at fixation $x_2 = -0.02$ on the degree of broom formation Y

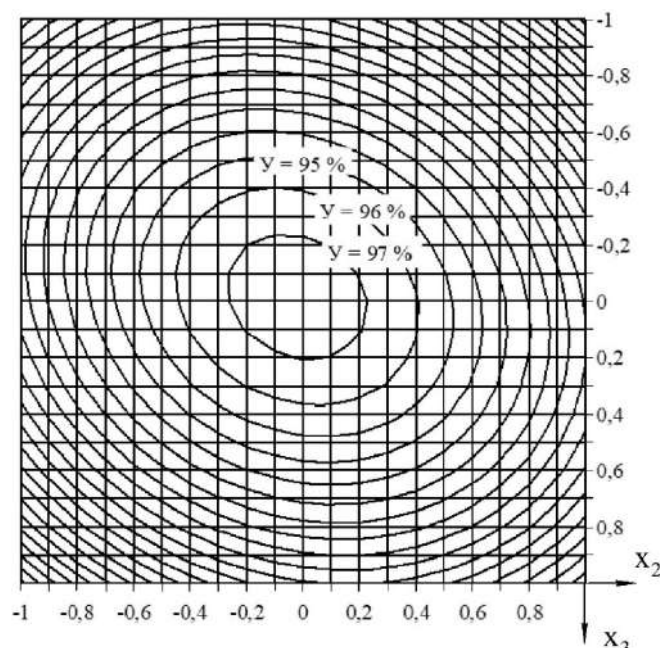


Рисунок 7 – Двумерное сечение влияния факторов x_2 и x_3 при фиксации $x_1 = 0,03$ на степень очеса метелки Y

Figure 7 – Two-dimensional cross-section of the influence of factors x_2 and x_3 when $x_1 = 0.03$ is fixed on the degree of broom formation Y

Анализ двумерных сечений поверхности отклика выявил оптимальные настройки факторов для максимального удаления метелки. При таких настройках эффективность удаления составляет не менее 97%: усилие на прижимном ролике (x_1): -0,1...0,1; расстояние между прижимным роликом и очесывающим вальцом/щеткой (x_2): -0,1...0,1; скорость движения ленточного транспортера (x_3): -0,1...0,1.

Таким образом, для достижения максимальной полноты очеса (не менее 97%) оптимальными значениями конструктивных и кинематических параметров устройства подачи тростника южного являются: усилие на прижимном ролике: 290...310 Н; расстояние между прижимным роликом и очесывающим вальцом/щеткой: 1,18...1,22 м; скорость движения ленточного транспортера: 0,19...0,21 м/с.

Заключение. Анализ регрессионных уравнений с использованием двумерных поперечных сечений показал следующие оптимальные диапазоны: усилие прижимающего ролика – 290-310 Н; расстояние между осями прижимающего ролика и очищающего ролика/щетки – 1,18-1,22 м; скорость конвейерной ленты – 0,19-0,21 м/с.

Conclusions. The analysis of regression equations using two-dimensional cross-sections showed the following optimal ranges: pressure roller force – 290-310 N; distance between the axes of the pressure roller and the cleaning roller/brush – 1.18-1.22 m; conveyor belt speed – 0.19-0.21 m/s.

Библиографический список

1. Морозов Н. М. Направления исследований по разработке прогноза развития техники и системы машин для механизации и автоматизации процессов в животноводстве. Техника и технологии в животноводстве. 2024. Т. 14. № 1. С. 111-121.
2. Кузьмин В. Н., Кузьмина Т. Н. Состояние мясного скотоводства Российской Федерации. Техника и технологии в животноводстве. 2020. № 3 (39). С. 4-10.
3. Метелькова Е. О. Особенности современного развития мясного скотоводства. Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2020. № 12 (69). С. 122-129.
4. Лобачевский Я. П., Ценч Ю. С. Принципы формирования систем машин и технологий для комплексной механизации и автоматизации технологических процессов в растениеводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2021. Т. 16. № 4. С. 4-12.
5. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России. Кормопроизводство. 2022. № 10. С. 3-8.
6. Yu Rud V., Kosolapov V. M., Hogland W., Savchenko I. V., Diuldin M. V., Bairamov B. H., Terukov E. I., Switala F. Toward new opportunities in the study of the biological potential of plants. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2022. V. 1096. N 1. P. 012026.

7. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И. Кормовые конвейеры для высокопродуктивного крупного рогатого скота на орошаемых землях. Орошаемое земледелие. 2020. № 1. С. 25-28.
8. Немецкая Л. А., Коноваленко Л. Ю. Кормопроизводство на основе технологий рециклинга. Техника и технологии в животноводстве. 2023. № 2 (50). С. 80-84.
9. Давыдова С. А., Тишанинова А. О. Состояние и перспективы развития производства кормов для животноводства в регионах Поволжья. Техника и технологии в животноводстве. 2022. № 4 (48). С. 42-50.
10. Kadi S. A., Ouendi M., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. Nutritive value of sun-dried common reed (*Phragmites australis*) leaves and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Science*. 2018. V. 26. N 2. Pp. 113-121.
11. Базилевский М. П. Алгоритмы построения неэлементарных линейных регрессий методом включения. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2024. № 1. С. 104-113.
12. Montgomery D. C., Peck E. A. and Vining G. G. *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons. 2021.

References

1. Morozov N. M. Directions of research on the development of a forecast for the development of machinery and a system of machines for mechanization and automation of processes in animal husbandry. *Equipment and technologies in animal husbandry*. 2024. V. 14. No. 1. Pp. 111-121.
2. Kuz'min V. N., Kuz'mina T. N. State of beef cattle breeding of Russian Federation. *Machinery and technologies in livestock*. 2020. N 3 (39). Pp. 4-10.
3. Metelkova E. O. Feature of modern development of meat cattle breeding. *Economy, labor, management in agriculture*. 2020. N 12 (69). Pp. 122-129.
4. Lobachevskiy Ya. P., Tsench Yu. S. Principles of forming machine and technology systems for integrated mechanization and automation of technological processes in crop production. *Agricultural Machinery and Technologies*. 2022. V. 16. No 4. Pp. 4-12.
5. Kosolapov V. M., Chernyavskikh V. I., Kostenko S. I. Current state and challenges of forage production in Russia. *Fodder production*. 2022. N 10. Pp. 3-8.
6. Yu Rud V., Kosolapov V. M., Hogland W., Savchenko I. V., Diuldin M. V., Bairamov B. H., Terukov E. I., Switala F. Toward new opportunities in the study of the biological potential of plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2022. V. 1096. No 1. P. 012026.
7. Dronova T. N., Burtseva N. I. Feed conveyors for high-productivity cattle on irrigated land. *Irrigated agriculture*. 2020. № 1. Pp. 25-28.
8. Nemenushaya L. A., Konovalenko L. Yu. Feed production based on recycling's technologies. *Machinery and technologies in livestock*. 2023. N 2 (50). Pp. 80-84.
9. Davydova S. A., Tishaninova A. O. The state and prospects of animal feed production's development in Volga regions. *Machinery and technologies in livestock*. 2022. N 4 (48). Pp. 42-50.
10. Kadi S. A., Ouendi M., Bannelier C., Berchiche M., Gidenne T. Nutritive value of sun-dried common reed (*Phragmites australis*) leaves and its effect on performance and carcass characteristics of the growing rabbit. *World Rabbit Science*. 2018. V. 26. No 2. Pp. 113-121.
11. Bazilevsky M. P. Algorithms for constructing non-elementary linear regressions by the inclusion method. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: System analysis and Information Technology*. 2024. No 1. Pp. 104-113.
12. Montgomery D. C., Peck E. A., Vining G. G. *Introduction to linear regression analysis*. John Wiley & Sons. 2021.

Информация об авторах

Ряднов Алексей Иванович, Заслуженный работник высшей школы РФ, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Тишанинова Анастасия Олеговна, младший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8619-8366>, e-mail: tishaninovaanastasiya@yandex.ru

Давыдова Светлана Александровна, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский проезд, 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, e-mail: davidova-sa@mail.ru

Тронеv Сергей Викторович, доцент, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: 0000-0002-5840-322X, e-mail: stronev@mail.ru

Author's Information

Ryadnov Aleksey Ivanovich, Honored Worker of Higher Education, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2364-4944>, e-mail: alex.rjadnov@mail.ru

Tishaninova Anastasia Olegovna, Junior researcher, Federal Scientific Agro engineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institut'skiy Ave., 5) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8619-8366>, e-mail: tishaninovaanastasiya@yandex.ru

Davydova Svetlana Aleksandrovna, Candidate of Engineering Sciences, Federal Scientific Agro engineering Center VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institut'skiy Ave., 5), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1219-3335>, e-mail: davidova-sa@mail.ru

Tronev Sergey Viktorovich, Associate Professor, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Agrarian University, (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: 0000-0002-5840-322X, e-mail: stronev@mail.ru

**DISTRIBUTION OF ENERGY IRRADIATION GENERATED BY A LINEAR HALOGEN
FILAMENT LAMP ON THE HEATED SURFACE****Evdokimov A. P., Petrukhin V. A., Leshchenko A. A.**Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation

Corresponding author E-mail: apevdokimov@yandex.ru

Received 13.11.2024

Submitted 28.01.2025

The research was carried out within the framework of the postgraduate training program in the department "Electrical Equipment and Electrical Facilities of Agro-industrial Complex Enterprises" of the Volgograd State Agrarian University on a budgetary basis

Summary

The article deals with the search for the distribution of the irradiance on the surface from a linear halogen lamp, which is widely used as a heater in devices for thermogravimetric moisture measurement. A variant of a container for a material sample in which the unevenness of irradiation is minimal was presented.

Abstract

Introduction. Thermogravimetric moisture measurement method is considered as a perspective way for developing new moisture measurement devices and improving of existing constructions. Drying sample's container shape, which allows to make an even irradiation distribution from linear halogen lamp, gives a possibility to decrease time for measurement with keeping a high accuracy. **Materials and methods.** The basic conceptions and definitions, which are necessary for irradiance on the surface description, were considered. The difference in approaches to describing the irradiance created by a point source and a source whose size cannot be neglected is noted. An expression for calculating the irradiance of a surface from a linear halogen lamp was obtained. The parameter of radiance is identified as the main indicator characterizing the irradiation power density of an extended source. The distribution of the radiance of a linear halogen lamp with a filament length of $l = 47$ mm was investigated depending on the observation angle and the distribution of the irradiance created by such a lamp on the surface was calculated. **Results and conclusions.** It has been established that a linear halogen lamp is not a Lambertian source, and the dependence of the lamp's radiance on the observation angle θ can be approximated by a 6th-order polynomial with an average approximation error of $e_{rel} = 4.8\%$. The distribution of the irradiance of the surface at a lamp suspension height of $h = l$ has an elliptical character with a maximum value in the center of the area $E_{e\ max} = 59.88$ W/m². For a sample of mustard seeds weighing 5 g, dried in one layer and with a lamp suspension height of 47 mm, the most effective container shape in terms of irradiance usage is an ellipse with axes of 70 mm and 90 mm, while the irradiance unevenness is $\Delta E_e = 37,4\%$.

Keywords: irradiance, radiance, IR-heating, linear halogen lamp, linear source of radiation.

Citation. Evdokimov A. P., Petrukhin V. A., Leshchenko A. A. Distribution of energy irradiation generated by a linear halogen filament lamp on the heated surface. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 426-436 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-46.

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 537.872

**РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОБЛУЧЕННОСТИ, СОЗДАВАЕМОЙ ЛИНЕЙНОЙ
ГАЛОГЕННОЙ ЛАМПОЙ НАКАЛИВАНИЯ НА НАГРЕВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ****Евдокимов А. П., кандидат технических наук, доцент**
Петрухин В. А., кандидат технических наук, доцент
Лещенко А. А., аспирантФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ
г. Волгоград, Российская Федерация

*Исследования проводились в рамках программы аспирантской подготовки на кафедре
«Электрооборудование и электрохозяйство предприятий АПК» Волгоградского
государственного аграрного университета на бюджетной основе*

Актуальность. Термогравиметрический метод измерения влажности является перспективным направлением для разработки новых приборов и совершенствования уже существующих. Конструкция контейнера для высушиваемого образца, которая позволяет равномерно распределять из-

лучение от линейной галогенной лампы, дает возможность уменьшить время измерения, при этом сохранив низкую погрешность. **Материалы и методы.** Рассмотрены основные понятия и определения, необходимые для описания энергетической облученности поверхности. Отмечено различие подходов к описанию облученности, создаваемой точечным источником и источником, размером которого нельзя пренебречь. Получено выражение для расчета энергетической облученности поверхности от линейной галогенной лампы. Выделен параметр энергетической яркости как основной показатель, характеризующий плотность мощности излучения протяженного источника. Исследовано распределение энергетической яркости линейной галогенной лампы линейного типа с длиной нити накала $l = 47$ мм в зависимости от угла наблюдения и рассчитано распределение облученности, создаваемой такой лампой, на поверхности. **Результаты и выводы.** Установлено, что линейная галогенная лампа не является ламбертовским источником и зависимость энергетической яркости лампы от угла наблюдения θ может быть аппроксимирована полиномом 6-го порядка с величиной средней ошибки аппроксимации $e_{\text{отн}} = 4,8\%$. Распределение энергетической облученности E_e поверхности при высоте подвеса лампы $h = l$ имеет эллипсовидный характер с максимальным значением в центре площадки $E_{e \text{ max}} = 59,88 \text{ Вт/м}^2$. Для пробы семян горчицы массой 5 г при сушке в один слой и высоте подвеса лампы 47 мм наиболее эффективной с точки зрения использования облученности формой контейнера является эллипс с осями 70 мм и 90 мм, при этом неравномерность облученности составляет $\Delta E_e = 37,4\%$.

Ключевые слова: энергетическая облученность, энергетическая яркость, ИК-нагрев, линейные галогенные лампы, линейные источники излучения.

Цитирование. Евдокимов А. П., Петрухин В. А., Лещенко А. А. Распределение энергетической облученности, создаваемой линейной галогенной лампой накаливания на нагреваемой поверхности. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 426-436. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-46.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Измерения влажности сыпучих сельскохозяйственных материалов на предприятиях агропромышленного комплекса производятся различными методами, обладающими определенными достоинствами и недостатками. Их можно разделить на две основные группы: прямые и косвенные. Главным преимуществом прямых методов является высокая точность, так как они позволяют непосредственно определить количество влаги в образце материала, тогда как в косвенных методах измеряются значения величин, которые связаны с влажностью известной закономерностью. Термогравиметрический метод является одним из самых распространенных методов прямого измерения влажности разных видов сыпучих материалов [1-4]. Измерение этим методом происходит путем прямого вычисления значения влажности материала через массу влаги, испарившейся из него в ходе высушивания. Данный метод измерения является перспективным направлением для разработки новых приборов и совершенствования уже существующих конструкций [5-7].

Одной из важнейших составных частей прибора измерения влажности термогравиметрическим методом является сушильная камера, состоящая из нагревателя с отражателем, контейнера для высушиваемого материала и весового сенсора. В ней образец материала подвергается воздействию высокой температуры, происходят процессы тепло- и влагообмена в слоях материала и удаления влаги в окружающую среду. Микропроцессорные средства и алгоритмы, разработанные с учетом свойств материала нагреваться и отдавать влагу, а также конструкция контейнера для высушиваемого образца, позволяющая равномерно распределять тепло от нагревателя, позволят уменьшить время измерения, сохранив при этом низкую погрешность, характерную для приборов данного типа [8].

За исключением случаев конвективной сушки и контактного нагрева [9], работа устройств термогравиметрического измерения влажности основана на использовании в сушильной камере ИК-излучения от галогенной лампы накаливания [10]. ИК-лучи таких ламп составляют более 85% спектрального состава всего излучения.

В процессе измерения влажности термогравиметрическим методом нельзя допускать потери каких-либо составляющих компонентов материала за исключением влаги [11]. По этой причине температура сушки для каждого вида материала ограничена. Например, для образца семян горчицы массой 5 г согласно ГОСТ 10856-96 «Семена масличные. Ме-

тод определения влажности» предельная температура высушивания составляет 130 °С. При превышении этой температуры происходит высвобождение масла из семян, что влечет за собой увеличение погрешности измерения влажности.

Контейнер для исследуемого образца материала в большинстве случаев имеет форму круга, диаметр которого, в зависимости от модели прибора, варьируется от 85 до 100 мм. В зависимости от массы и типа сыпучего материала он может располагаться в контейнере в один или несколько слоев. Очевидно, что расположение в один слой позволит высвободить влагу с гораздо большей скоростью, чем при многослойном размещении.

Образец семян горчицы сарептской массой 5 г, в зависимости от влажности, содержит около 1500 семян эллипсоидной формы со средними размерами 2,05x1,67x1,67 мм³. Насыпная плотность семян горчицы в диапазоне влажности от 3 до 15% в среднем составляет 660 кг/м³. Таким образом, образец семян массой 5 г имеет объем $V = m/\rho \approx 7576 \text{ мм}^3$. Приняв высоту слоя равной средней толщине зерна $c = 1,67 \text{ мм}$, получим, что образец семян горчицы, расположенный в один слой, должен занимать площадь $S_{1 \text{ слой}} = V/c \approx 4537 \text{ мм}^2$. Контейнер для однослойного расположения такого объема семян горчицы может быть, например, круглым с диаметром $D \approx 76 \text{ мм}$ (рисунок 1) или квадратным со сторонами длиной $a \approx 67,4 \text{ мм}$.



Рисунок 1 – Образец семян горчицы массой 5 г в круге диаметром $D = 76 \text{ мм}$
Figure 1 – A sample of mustard seeds weighing 5 g in the circle with a diameter $D = 76 \text{ мм}$

Для того чтобы зерно высушивалось равномерно по всему объему, облученность должна быть равномерно распределена по поверхности, а это, очевидно, зависит от расстояния от источника облучения до контейнера [12] с высушиваемым материалом и длины нити накала источника.

Моделирование распределения падающего на поверхность материала излучения позволит отыскать наилучший вариант конструкции контейнера для высушиваемого материала. Так как линейная галогенная лампа как источник излучения имеет вытянутую форму, то для эффективного использования падающих лучей слой образца материала должен быть вытянут вдоль нее.

Материалы и методы. С позиции классической электродинамики оптическое излучение представляет собой электромагнитную волну в диапазоне длин волн от 1 нм до 1 мм, который включает в себя УФ-излучение, видимое излучение и ИК-излучение. Направление распространения излучения совпадает с вектором плотности потока энергии электромагнитного поля (вектор Пойнтинга $\vec{P}$), который указывает направление перемещения энергии электромагнитного поля. Абсолютное значение данного вектора равно отношению мощности излучения, которое проходит через перпендикулярно расположенную к вектору поверхность, к площади данной поверхности.

Достигая поверхности, электромагнитная волна создает некоторую энергетическую облученность E_e в каждой точке поверхности, при этом поле облученности может быть найдено методами, применяемыми в светотехнике.

Основной величиной, характеризующей мощность излучения, является поток излучения Φ_e , Вт. Для точечного источника (рисунок 2а) поток излучения, отнесенный к некоторому телесному углу Ω , в котором он распространяется, называют силой излучения I_e , Вт/ср.

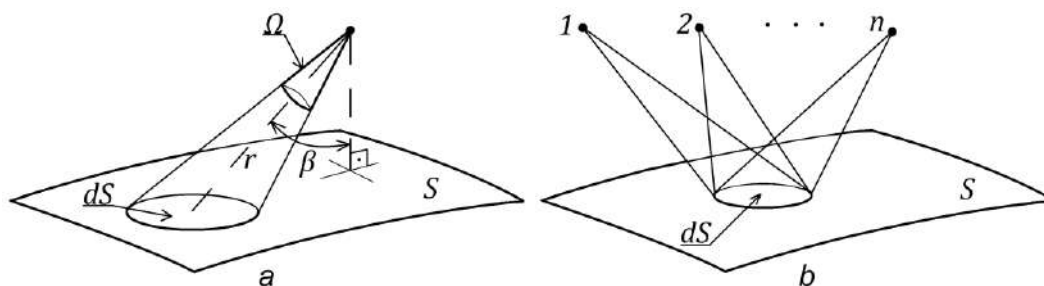


Рисунок 2 – Поверхность, облучаемая одним точечным источником (а) и несколькими точечными источниками (б)

Figure 2 – The surface irradiated by one point source (a) and several point sources (b)

Облученность E_e , Вт/м² представляет собой плотность мощности излучения, отнесенную к площади поверхности, на которую падает излучение. Если размеры источника физически малы по сравнению с расстоянием r до облучаемой поверхности, то облученность E_e данной поверхности находят по закону обратных квадратов (1):

$$E_e = I_e \cdot \frac{\cos \beta}{r^2}, \quad (1)$$

где: β – угол между перпендикуляром от источника излучения до облучаемой поверхности и направлением излучения.

В случае когда поверхность облучается несколькими точечными источниками (рисунок 2б), облученность поверхности E_e в соответствии с принципом суперпозиции определяется как сумма облученностей dE_e , создаваемых каждым источником в отдельности.

Если источник является некоторой площадкой $S_{ист.}$, то для описания плотности излучения в пространстве используется понятие энергетической яркости L_e , Вт/(ср·м²). Она представляет собой отношение потока излучения, исходящего от бесконечно малого участка излучателя площадью $dS_{ист.}$ и распространяемого в малом телесном угле $d\Omega$, к величине этого телесного угла и площади проекции участка излучателя на плоскость, перпендикулярную направлению распространения излучения (рисунок 3а).

$$L_e = \frac{d^2 \Phi_e}{dS \cdot \cos \theta \cdot d\Omega}, \quad (2)$$

где θ – угол направлением r на облучаемую поверхность и нормалью к излучающей площадке.

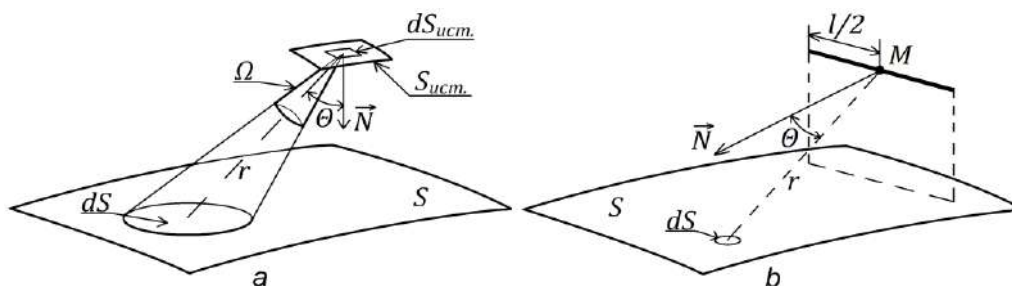


Рисунок 3 – Облучение поверхности источником некоторой площади $S_{ист.}$ (а) и источником длиной l и физически малой толщины (б)

Figure 3 – Irradiation of the surface by a source of some area S_{source} (a) and a source of length l and physically small thickness (b)

Предположив, что излучающая площадка S является совокупностью бесконечно малых источников излучения dS с одинаковой по величине силой излучения dI_e , выражение (2) можно записать следующим образом:

$$L_e = \frac{dI_e}{dS \cdot \cos \theta}. \quad (3)$$

Галогенная лампа в устройствах термогравиметрического измерения влажности удалена от высушиваемой пробы на расстояние h , примерно равное 25...30 мм. Например, в анализаторе влажности AND MX-50 галогенная лампа длиной 118 мм, у которой длина нити накала l примерно равна 88 мм, удалена от контейнера для высушиваемой пробы на расстояние 26 мм, что составляет примерно 0,3 l , поэтому считать нить накала точечным источником в этом случае нельзя. Однако ее диаметр b намного меньше расстояния h , что позволяет считать элемент нити накала длиной dl физически малым источником излучения площадью $dS = dl \cdot b$. Кривизной поверхности нити накала в таком случае можно пренебречь и считать ее излучающим прямоугольником со сторонами l и b .

Тогда энергетическая яркость нити накала при условии, что силы излучения dI_e каждого физически малого элемента dS равны, будет определяться следующим выражением:

$$L_e = \frac{dI_e}{b \cdot dl \cdot \cos \theta}, \quad (4)$$

где θ – угол между направлением r от центра излучателя M на облучаемую поверхность и нормалью к излучателю (рисунок 3б), при этом нормаль $\vec{N}$ лежит в одной плоскости с направлением r и осью излучателя.

На рисунке 4а представлена схема взаимного расположения линейного источника длиной l и шириной b , который облучает поверхность S . Источник расположен параллельно поверхности на высоте h .

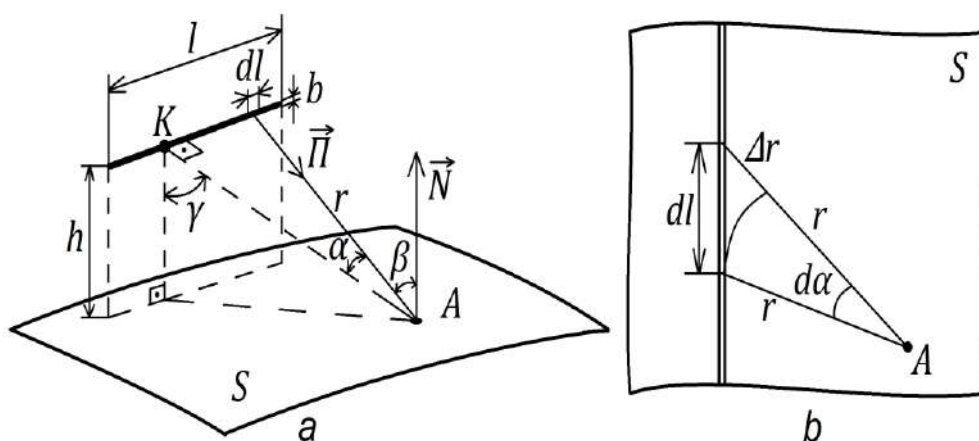


Рисунок 4 – Схема взаимного расположения линейного источника и облучаемой поверхности:

а – общий вид; б – вид сверху

Figure 4 – The scheme of the relative position of the linear source and the irradiated surface:

а – general view; б – top view

На облучаемой поверхности можно выделить физически малую площадку A площадью dS , которая облучается бесконечно малым элементом излучателя dl по направлению, задаваемому вектором Пойнтинга $\vec{P}$. Отрезок прямой линии от элемента dl до площадки A имеет длину r и составляет угол β с нормалью $\vec{N}$. Между этой линией и перпендикуляром, восстановленным от площадки A к излучателю (точка K), образуется угол α . Угол γ – это угол между перпендикуляром, восстановленным от площадки A к источнику излучения, и перпендикуляром, опущенным из точки K , к облучаемой поверхности.

Согласно закону обратных квадратов (1), энергетическая облученность площадки А, создаваемая физически малым элементом dl , будет равна:

$$dE_{eA} = dI_e \cdot \frac{\cos \beta}{r^2}, \quad (5)$$

где dI_e – сила излучения элемента dl , Вт/ср.

Согласно выражению (4) получим:

$$dI_e = L_e \cdot b \cdot dl \cdot \cos \theta. \quad (6)$$

Длина элемента dl может быть найдена как длина дуги, лежащей между двумя отрезками r и $r + \Delta r$, которые соединяют концы участка dl с площадкой А, и образуют бесконечно малый угол $d\alpha$, под которым виден участок dl с площадки А (рисунок 4б).

$$dl \approx r \cdot d\alpha. \quad (7)$$

Остальные части выражения (5), согласно рисунку 4, можно записать так:

$$\begin{cases} \cos \beta = \frac{h}{r}, \\ r = \frac{h}{\cos \gamma \cdot \cos \alpha}. \end{cases} \quad (8)$$

Подставляя (6), (7) и (8) в (5), получим:

$$dE_{eA} = \frac{L_e}{h} \cdot b \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \gamma \cdot \cos^2 \alpha \, d\alpha. \quad (9)$$

Энергетическая облученность от всего излучателя определяется интегрированием (9) по его длине l или по углу α , под которым он наблюдается с площадки А:

$$\begin{aligned} E_{eA} &= \int_0^l dE_{eA} = \int_0^\alpha \frac{L_e}{h} \cdot b \cdot \cos \theta \cdot \cos^2 \gamma \cdot \cos^2 \alpha \, d\alpha = \\ &= \frac{L_e \cdot \cos \theta}{2 \cdot h} \cdot b \cdot \cos^2 \gamma \cdot \left(\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right). \end{aligned} \quad (10)$$

В выражении (10) $L_e \cdot \cos \theta$ следует понимать как яркость источника излучения, наблюдаемого под углом θ , а ее изменение по закону косинуса характерно для ламбертовских источников. Однако на практике энергетическая яркость источника может изменяться по законам отличным от косинусного, и для решения задачи распределения облученности поверхности следует учесть фактическую зависимость энергетической яркости $L_e(\theta)$ от угла θ .

Для галогенной лампы Uniel J-78/150/R7s мощностью 150 Вт (длина нити накала $l = 0,047$ м, диаметр $b = 0,001$ м) под различными углами θ в направлении середины лампы с помощью радиометра теплового излучения «ИК-метр» производства ООО «НТМ-ЗАЩИТА» на расстоянии 0,3 м измерены значения энергетической яркости L_e , Вт/(ср·м²). Схема экспериментальной установки приведена на рисунке 5.

Угол обзора сенсора прибора составляет 7,27°, что позволяет на расстоянии 0,3 м вместить изображение всей нити накала. Отражения, попадающие в поле зрения сенсора приняты пренебрежимо малыми. Таким образом, яркость, которую измеряет прибор, принята за яркость лампы.

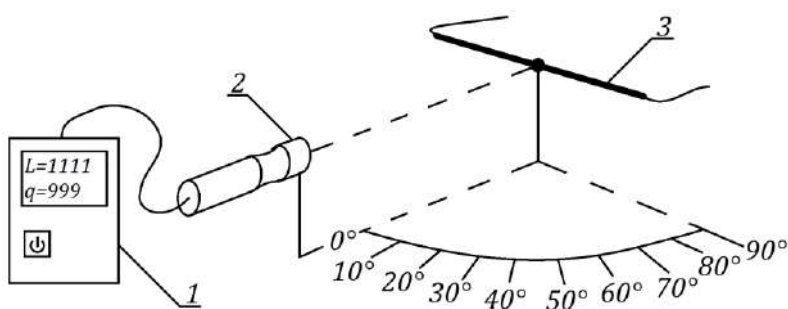


Рисунок 5 – Измерение энергетической яркости линейного источника:

1 – радиометр теплового излучения «ИК-метр»; 2 – сенсор радиометра; 3 – исследуемая лампа
Figure 5 – The measurement of radiance of a linear source: 1 – thermal radiation radiometer “IR meter”; 2 – radiometer sensor; 3 – lamp under study

Так как распределение энергетической яркости $L_e(\theta)$ относительно оси лампы и перпендикуляра к ее центру можно принять симметричным, измерены значения $L_e(\theta)$ для углов от 0° до 90° с шагом 10° .

В процессе обработки экспериментальных данных использовано программное обеспечение Microsoft Excel и Mathcad.

Результаты и обсуждение. На рисунке 6 представлен график изменения энергетической яркости L_e от угла θ .

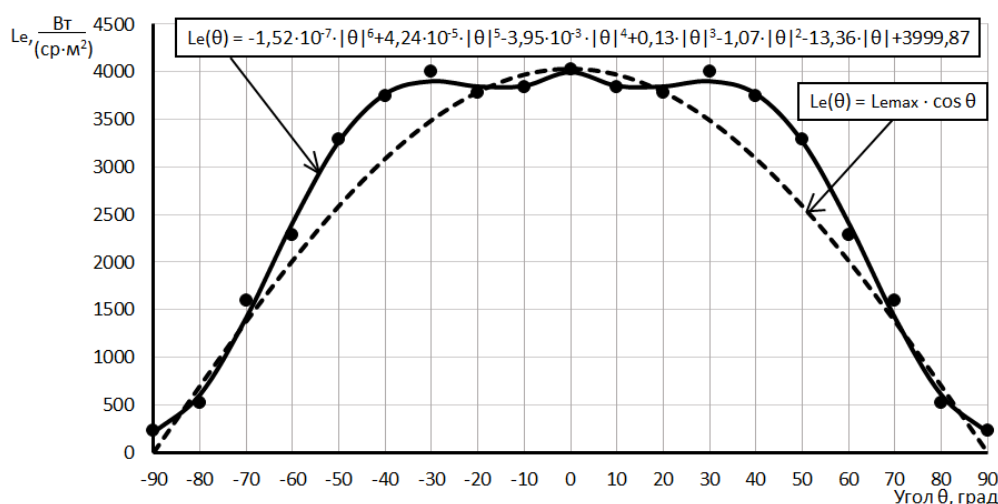


Рисунок 6 – Кривая изменения энергетической яркости L_e линейной галогенной лампы:

пунктирная линия – косинусное изменение L_e (при $L_{e\max} = 4026 \text{ Вт/(ср·м}^2\text{)}\text{);}$
сплошная линия – аппроксимирующая функция экспериментальных точек L_e

Figure 6 – Curves of radiance dependence L_e of a linear halogen lamp:
dotted line – cosine change of L_e (when $L_{e\max} = 4026 \text{ W/(sr·m}^2\text{)}\text{);}$ solid line – the approximating functional of experimental points L_e

В отличие от косинусного распределения энергетической яркости график экспериментальных точек имеет перегибы при углах $\theta = \pm 30^\circ$. Они обусловлены центрирующими тело накала элементами кварцевой колбы и формой самого тела накала в этих местах.

Аппроксимирующая функция энергетической яркости L_e в зависимости от угла θ имеет вид:

$$L_e(\theta) = -1,52 \cdot 10^{-7} \cdot |\theta|^6 + 4,24 \cdot 10^{-5} \cdot |\theta|^5 - 3,95 \cdot 10^{-3} \cdot |\theta|^4 + 0,13 \cdot |\theta|^3 - 1,07 \cdot |\theta|^2 - 13,36 \cdot |\theta| + 3999,87. \quad (11)$$

Средняя ошибка аппроксимации данной функцией составляет $e_{отн} = 4,8\%$.
С учетом (11) выражение (10) можно переписать следующим образом:

$$E_{eA} = \frac{L_e(\theta)}{2 \cdot h} \cdot b \cdot \cos^2 \gamma \cdot \left(\alpha + \frac{\sin 2\alpha}{2} \right). \quad (12)$$

С помощью полученного выражения (12) рассчитана энергетическая облученность E_e поверхности размером $0,1 \times 0,1 \text{ м}^2$, удаленной от облучателя на расстояние $h = l = 0,047 \text{ м}$. Ось Y располагается вдоль нити накала, а центр проекции излучателя – над центром площадки. Полученное распределение энергетической облученности представлено на рисунке 7.

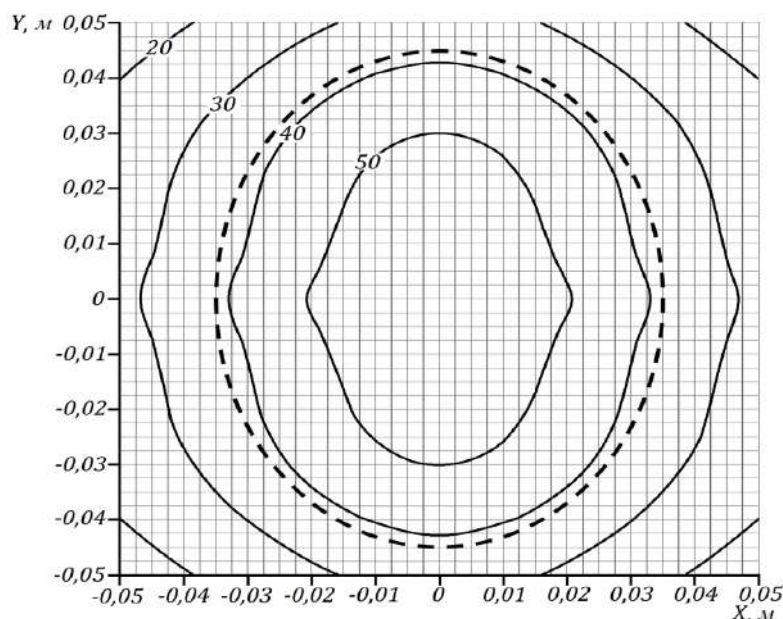


Рисунок 7 – Распределение энергетической облученности E_e (Вт/м^2) поверхности от линейной галогенной лампы при экспериментально определенном распределении ее энергетической яркости L_e

Figure 7 – The distribution of irradiance E_e (W/m^2) of the surface from a linear halogen lamp with an experimentally determined distribution of its radiance L_e

В центре наблюдаются вытянутые вдоль проекции лампы на плоскость пятна облученности, близкие к эллипсу при энергетической облученности центральной точки $E_{e \max} = 59,88 \text{ Вт/м}^2$. Падение значения энергетической облученности E_e примерно на 50% наблюдается на расстоянии $0,045 \text{ м}$ от середины проекции излучателя вдоль оси X, что примерно равно длине нити накала l лампы. На расстоянии $0,05 \text{ м}$ от середины проекции лампы вдоль оси Y значение энергетической облученности E_e снижается примерно на 45% от максимального.

Выделим область, которая на рисунке 7 ограничена эллипсом с осями 70 мм и 90 мм . Площадь данной области составляет $S_{\text{эллипс}} = 4948 \text{ мм}^2$. Это немного больше, чем требуется для однослойного расположения пробы семян горчицы $S_{1 \text{ слой}} = 4537 \text{ мм}^2$. Разница между этими площадями составляет $\Delta S = 411,62 \text{ мм}^2$. Она позволяет обеспечивать размещение пробы семян массой не менее 5 г в случаях, когда плотность материала намного меньше средней, например, при пониженной влажности. На рисунке 8 представлено расположение образца семян горчицы массой 5 г на данном эллипсе.

Наименьшая облученность в данной области составляет $E_{e \min} = 37,5 \text{ Вт/м}^2$, а неравномерность облученности – $\Delta E_e \% = (E_{e \max} - E_{e \min}) / E_{e \max} \cdot 100 = 37,4\%$. Данное значение неравномерности можно принять допустимым, так как тепло в пробе семян при сушке будет передаваться не только от нагревателя к семенам путем излучения, но и за счет теплопроводности от более нагретых семян к менее нагретым, что сделает распределение тепла более равномерным.

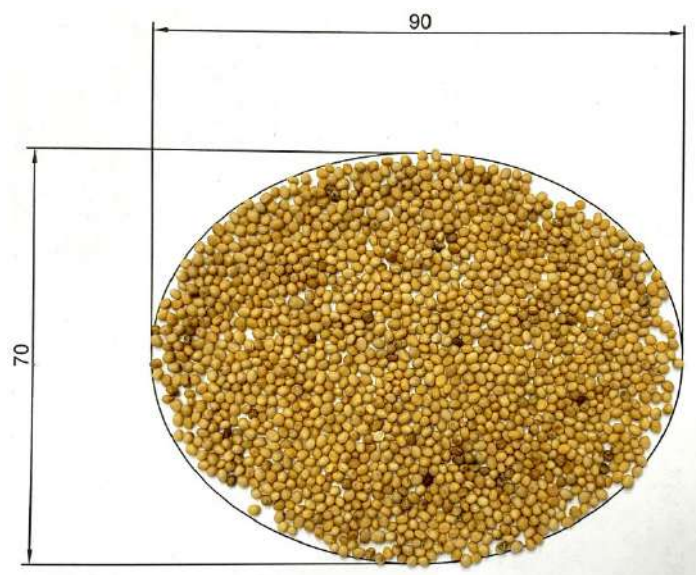


Рисунок 8 – Образец семян горчицы массой 5 г на эллипсе с осями 70 мм и 90 мм
Figure 8 – Mustard seed sample weighing 5 g in the ellipse with axes of 70 mm and 90 mm

Заключение. В результате исследования распределения энергетической яркости линейной галогенной лампы линейного типа Uniel J-78/150/R7s с длиной нити накала $l = 47$ мм и распределения облученности поверхности, создаваемой такой лампой, можно сделать следующие выводы:

- Линейная галогенная лампа не является ламбертовским источником. Зависимость энергетической яркости лампы от угла наблюдения θ может быть аппроксимирована полиномом

$$L_e(\theta) = -1,52 \cdot 10^{-7} \cdot |\theta^6| + 4,24 \cdot 10^{-5} \cdot |\theta^5| - 3,95 \cdot 10^{-3} \cdot |\theta^4| + 0,13 \cdot |\theta^3| - 1,07 \cdot |\theta^2| - 13,36 \cdot |\theta| + 3999,87$$

с величиной средней ошибки аппроксимации $e_{отн} = 4,8\%$.

- Распределение энергетической облученности поверхности при высоте подвеса лампы $h = l = 47$ мм имеет эллипсовидный характер с максимальным значением энергетической облученности в центре площадки $E_{e\max} = 59,88$ Вт/м². При этом значения облученности изменяются до $0,5E_{e\max}$ при отдалении от центра площадки на 45 мм по направлению, перпендикулярному оси лампы, и до $0,55E_{e\max}$ при отдалении на 50 мм по направлению, параллельному оси лампы.

- Для пробы семян горчицы массой 5 г при сушке в один слой при высоте подвеса лампы $h = l = 47$ мм наиболее эффективной с точки зрения использования облученности формой контейнера является эллипс с осями 70 мм и 90 мм. Неравномерность облучения при таких условиях составляет $\Delta E_e = 37,4\%$.

Conclusions. As a result of this study of distribution of radiance of linear halogen lamp with a filament length of $l = 47$ mm Uniel J-78/150/R7s and study of distribution of irradiance generated by this lamp on a heated surface we can make following conclusions:

- It has been established that a linear halogen lamp is not a Lambertian source. The dependence of the lamp's radiance on the observation angle θ can be approximated by a polynomial

$$L_e(\theta) = -1,52 \cdot 10^{-7} \cdot |\theta^6| + 4,24 \cdot 10^{-5} \cdot |\theta^5| - 3,95 \cdot 10^{-3} \cdot |\theta^4| + 0,13 \cdot |\theta^3| - 1,07 \cdot |\theta^2| - 13,36 \cdot |\theta| + 3999,87$$

with an average approximation error of $e_{avg} = 4.8\%$.

- The distribution of the irradiance of the surface at a lamp suspension height of $h = l$ has an elliptical character with a maximum value in the center of the area $E_{e\max} = 59.88$ W/m². The value of irradiance changes to $0.5E_{e\max}$ in distance of 45 mm from the center of the area in the perpendicular direction to the axis of the lamp, and to $0.55E_{e\max}$ in distance of 50 mm in the parallel direction to the axis of the lamp.

- For a sample of mustard seeds weighing 5 g, dried in one layer and with a lamp suspension height of $h = l = 47$ mm, the most effective container shape in terms of irradiance usage is an ellipse with axes of 70 mm and 90 mm. The irradiance unevenness in these conditions is $\Delta E_e = 37.4\%$.

Библиографический список

1. Шахов С. В., Саранов И. А., Садиев А. К., Малибеков А. А., Литвинов Е. В., Груздов П. В. Исследование форм связи влаги в рапсе методом термогравиметрического анализа. Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2019. № 81 (1). С. 27-31.
2. Медведевских М. Ю., Сергеева А. С., Белецкий С. Л., Семин А. А. Определение влажности пищевых продуктов с помощью инфракрасных термогравиметрических влагомеров. Товаровед продовольственных товаров. 2019. № 4. С. 41-47.
3. Tugnolo A., Giovencana V., Malegori C., Oliveri P., Casson A., Curatitoli M., Guidetti R., Beghi R. A reliable tool based on near-infrared spectroscopy for the monitoring of moisture content in roasted and ground coffee: A comparative study with thermogravimetric analysis. Food Control. 2021. V. 130.
4. Rasti A., Pineda M., Razavi M. Assessment of Soil Moisture Content Measurement Methods: Conventional Laboratory Oven versus Halogen Moisture Analyzer. Journal of Soil and Water Science. 2020. No 4 (1). Pp. 151-160.
5. Каландаров П. И. Термогравиметрический метод измерения влажности: оценка точности и эффективность применения в агропромышленном комплексе. Метрология. 2021. № 2. С. 44-62.
6. Голынец О. С., Сергеева А. С., Никонова Н. А., Эпштейн С. А. Перспективы применения инфракрасных термогравиметрических влагомеров для определения общей влаги твердого минерального топлива. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 3. С. 118-129.
7. Riley J. T., Marsh M. Macro Thermogravimetric Analyzers: Versatile and Underutilized Analytical Instruments. ASTM International. Journal of Testing and Evaluation. 2021. No 49 (6). Pp. 4357-4363.
8. Секанов Ю. П., Степанов М. А. Эффективность компенсации влияющих факторов в современных электрических влагомерах зерна. Техника и оборудование для села. 2018. № 1. С. 8-13.
9. Агеев П. С., Сутягин С. А., Курдюмов В. И., Павлушин А. А. Особенности реализации температурного режима в установке контактного типа при сушке мелкосеменных культур. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2021. № 2 (54). С. 6-12.
10. Dazon C., Witschger O., Llewellyn P. Performance of the Halogen Technology for Determining the Moisture Content of Nanoparticulate Powders. Experimental Techniques. 2019. No 43. Pp. 757-764.
11. Глухарев В. А., Сивицкий Д. В., Попов И. Н., Верзилин А. А. Определение оптимальных режимов энергоэффективного процесса сушки зерна. Аграрный научный журнал. 2018. № 5. С. 42-45.
12. Шаблыкин И. Н., Папушин Э. А. Исследование распределения облученности от источника инфракрасного излучения в зависимости от расстояния до горизонтальной плоскости. АгроЭкоИнженерия. 2021. № 2 (107). С.13-20.

References

1. Shakhov S. V., Saranov I. A., Sadibaev A. K., Malibekov A. A., Litvinov E. V., Gruzдов P. V. Study of moisture bond forms in rapeseed by thermogravimetric analysis. Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2019. № 81 (1). Pp. 27-31.
2. Medvedevskikh M. Yu., Sergeeva A. S., Beletsky S. L., Semin A. A. Determination of Humidity of Food Products Using Infrared Thermogravimetric Moisture Meters. Commodity expert of food products. 2019. № 4. Pp. 41-47.
3. Tugnolo A., Giovencana V., Malegori C., Oliveri P., Casson A., Curatitoli M., Guidetti R., Beghi R. A reliable tool based on near-infrared spectroscopy for the monitoring of moisture content in roasted and ground coffee: A comparative study with thermogravimetric analysis. Food Control. 2021. V. 130.
4. Rasti A., Pineda M., Razavi M. Assessment of Soil Moisture Content Measurement Methods: Conventional Laboratory Oven versus Halogen Moisture Analyzer. Journal of Soil and Water Science. 2020. No 4 (1). Pp. 151-160.
5. Kalandarov P. I. Thermogravimetric Method of Moisture Measurement: Assessment of Accuracy and Efficiency of Application in the Agro-Industrial Complex. Metrology. 2021. № 2. Pp. 44-62.
6. Golynets O. S., Sergeeva A. S., Nikonova N. A., Epshtein S. A. Prospects for the use of infrared thermogravimetric moisture meters for determining the general moisture of solid mineral fuel. Mining Information and Analytical Bulletin (Scientific and Technical Journal). 2015. № 3. Pp. 118-129.
7. Riley J. T., Marsh M. Macro Thermogravimetric Analyzers: Versatile and Underutilized Analytical Instruments. ASTM International. Journal of Testing and Evaluation. 2021. No 49 (6). Pp. 4357-4363.
8. Sekanov, Y. P., Stepanov, M. A. Efficiency of compensation for influencing factors in modern electric grain moisture meters. Machinery and equipment for the village. 2018. № 1. Pp. 8-13.
9. Ageev P. S., Sutyagin S. A., Kurdyumov V. I., Pavlushin A. A. Features of the implementation of the temperature regime in the contact type installation during the drying of small-seeded cultures. Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy. 2021. № 2 (54). Pp. 6-12.
10. Dazon C., Witschger O., Llewellyn P. Performance of the Halogen Technology for Determining the Moisture Content of Nanoparticulate Powders. Experimental Techniques. 2019. No 43. Pp. 757-764.
11. Glukharev V. A., Sivitskiy D. V., Popov I. N., Verziin A. A. Determination of optimal modes of energy efficient grain drying process. Agrarian Scientific Journal. 2018. № 5. Pp. 42-45.
12. Shablykin I. N., Papushin E. A. Study of the distribution of irradiation from the source of infrared radiation depending on the distance to the horizontal plane. AgroEcoEngineering. 2021. № 2 (107). Pp. 13-20.

Информация об авторах

Евдокимов Алексей Петрович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6339-1930>, e-mail: apevdokimov@yandex.ru

Петрухин Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8278-0677>, e-mail: flit-land@yandex.ru

Лещенко Алексей Андреевич, аспирант, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, г. Волгоград, пр. Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5709-4153>, e-mail: leshchenko.el41@gmail.com

Author's Information

Evdokimov Aleksei Petrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6339-1930>, e-mail: aevdokimov@yandex.ru

Petrukhin Vladimir Aleksandrovich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8278-0677>, e-mail: flit-land@yandex.ru

Leshchenko Aleksei Andreevich, Post-graduate student, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-5709-4153>, e-mail: leshchenko.el41@gmail.com

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-47

THE DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR CALCULATING THE OPTIMAL PARAMETERS OF THE UAV FLIGHT TASK

Kurbanov R. K., Zakharova N. I., Meshkov A. V.

*Federal Scientific Agro Engineering Center VIM
Moscow, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: smedia@vim.ru

Received 15.10.2024

Submitted 27.12.2024

The results were obtained within the framework of scientific research conducted by employees of the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Agroengineering Center VIM" in 2022-2024

Summary

The article examines the correlations between the field germination of soybeans and the values of vegetation indices. Tests on two groups of breeding samples showed that the MCARI and NDVI indices are the most sensitive to field germination indicators. The use of vegetation indices is advisable in years with unstable field germination of soybeans as an indirect method for its assessment.

Abstract

Introduction. For an operational assessment of the condition and development of crops, it is advisable to use unmanned aircraft with RGB and multispectral cameras. The flight task parameters in the standard software are configured relative to only one of the cameras. In this regard, the calculation of parameters for aerial photography with two cameras on board the UAV is an important task. **Object.** UAVs with a take-off weight of less than 30 kg, spectral cameras, software for creating flight tasks. **Materials and methods.** The basic concepts of aerial photography and photogrammetric processing, the DJI Phantom 4 pro and DJI Matrice 200 v2 UAVS with DJI Zenmuse x4s RGB camera with Parrot Sequoia and MicaSense Altum multispectral cameras installed, respectively, were used in the study. The C# programming language and framework .NET MAUI were used to develop the mobile application. **Results and conclusions.** The longitudinal and transverse overlaps for the RGB camera are calculated taking into account the characteristics of the multispectral camera for flight heights of 30, 50 and 100 m using the developed mobile application. Longitudinal and transverse overlap for RGB cameras with longitudinal and transverse overlap of Parrot Sequoia and MicaSense Altum cameras of 70% and 75% is 65%, 71% and 80%, 83%, respectively. Flights were conducted according to the calculated parameters of aerial photography, orthophotomaps and NDVI vegetation maps were created, the RMSE_p of projects does not exceed 15 cm. The developed mobile application for calculating the parameters of a UAV flight task with two cameras on board reduces the time for preparing a flight task in the field by 4 times.

Keywords: *unmanned aircraft, aerial photography, multispectral photography, aerial photography parameters.*

Citation. Kurbanov R. K., Zakharova N. I., Meshkov A. V. The development of a mobile application for calculating the optimal parameters of the UAV flight task. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 436-446 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-47.

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

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

УДК 631.3

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕТНОГО ЗАДАНИЯ БВС**Курбанов Р. К.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник**Захарова Н. И.**, младший научный сотрудник**Мешков А. В.**, инженер

Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

г. Москва, Российская Федерация

Результаты получены в рамках научных исследований, проведенных сотрудниками ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» в 2022-2024 гг.

Актуальность. Для оперативной оценки состояния и развития сельскохозяйственных культур целесообразно использовать беспилотные воздушные суда с RGB и мультиспектральной камерами. Параметры полетного задания в стандартном программном обеспечении настраиваются относительно только одной из камер. В связи с этим, расчет параметров для проведения аэрофотосъемки с двумя камерами на борту БВС является актуальной задачей. **Объект.** БВС с взлетной массой менее 30 кг, спектральные камеры, программное обеспечение для создания полетных заданий. **Материалы и методы.** При выполнении исследования использованы базовые понятия аэрофотосъемки и фотограмметрической обработки, БВС DJI Phantom 4 pro и DJI Matrice 200 v2 с RGB камерой DJI Zenmuse x4s с установленными мультиспектральными камерами Parrot Sequoia и MicaSense Altum соответственно. Для разработки мобильного приложения был использован язык программирования C# и фреймворк .NET MAUI. **Результаты и выводы.** Рассчитаны продольное и поперечное перекрытия для RGB камеры с учетом характеристик мультиспектральной камеры для высоты полета 30, 50 и 100 м с помощью разработанного мобильного приложения. Продольное и поперечное перекрытия для RGB камеры при продольном и поперечном перекрытиях камер Parrot Sequoia и MicaSense Altum 70% и 75% составляет 65%, 71% и 80%, 83% соответственно. Проведены полеты по рассчитанным параметрам аэрофотосъемки, созданы ортофотопланы и вегетационные карты NDVI, среднеквадратическая ошибка проектов $RMSE_p$ не превышает 15 см. Разработанное мобильное приложение для расчета параметров полетного задания БВС с двумя камерами на борту сокращает время на подготовку полетного задания в полевых условиях в 4 раза.

Ключевые слова: беспилотные воздушные суда, аэрофотосъемка, мультиспектральная съемка, параметры аэрофотосъемки.

Цитирование. Курбанов Р. К., Захарова Н. И., Мешков А. В. Разработка мобильного приложения для расчета оптимальных параметров полетного задания БВС. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 436-446. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-47.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Современное сельское хозяйство требует оперативной и точной оценки состояния и развития сельскохозяйственных культур [1-5]. В этом контексте использование беспилотных воздушных судов (БВС) становится все более целесообразным. Беспилотные воздушные суда предоставляют агрономам и селекционерам возможность проводить регулярный мониторинг посевов с высоты, что позволяет получать данные о состоянии растений, выявлять проблемы на ранней стадии и принимать своевременные меры для их устранения.

На сегодняшний день во многих отраслях часто используются модифицированные серийные БВС. Однако на рынке отсутствуют специализированные решения на базе БВС, предназначенные именно для сельскохозяйственных задач. Это означает, что готовые беспилотники не всегда соответствуют специфическим требованиям аграриев и им приходится самостоятельно адаптировать оборудование и программное обеспечение для выполнения задач мониторинга [6, 7].

Особенно важной проблемой является отсутствие методов и стандартных параметров проведения полетов для сбора данных с использованием RGB и мультиспектральных камер, установленных одновременно на борт БВС. Во всех стандартных программных продуктах параметры полетного задания настраиваются только для одной камеры, в основном RGB. В этом случае проблема заключается в режимах работы мультиспектральных камер и параметрах полета БВС в процессе мониторинга, что приводит к невозможности создания цифровых карт, различным дефектам на них и, в конечном итоге, к повторным полетам.

Расчёт параметров аэрофотосъёмки является критическим этапом предварительной подготовки. Точное определение параметров полёта способствует увеличению площади, охватываемой за один вылет, и повышению качества получаемых материалов.

Цель исследования: разработать мобильное приложение для расчета параметров полетного задания БВС с взлетной массой менее 30 кг с двумя камерами на борту.

Материал и методы. При мультиспектральной аэрофотосъемке с БВС учитываются следующие параметры: скорость полета, пространственное разрешение RGB и мультиспектральной камер, высота полета, продольное и поперечное перекрытия. Для снижения времени аэрофотосъемки следует создавать полетное задание с минимально допустимыми продольным и поперечным перекрытиями и максимально допустимым GSD [8, 9].

Процент перекрытия влияет как на скорость полета, так и на продолжительность аэросъемки. Чем выше процент перекрытия, тем ниже скорость полета и больше времени необходимо для проведения аэрофотосъемки. Скорость полета V_f , м/с, рассчитывается по формуле (1):

$$V_f = \frac{B_x}{t_i \cdot 100} \quad (1)$$

где, V_f – скорость полета, м/с;

B_x – расстояние между центрами соседних изображений, см;

t_i – время, затрачиваемое камерой для создания и записи изображения с одной точки съемки, с.

Время, затрачиваемое камерой для создания и записи изображения на накопитель памяти, рассчитывается по формуле (2):

$$t_{tr} = \frac{Q_i \cdot n}{V_{tr}} \quad (2)$$

где, t_{tr} – время записи изображений с одной точки съемки, с;

V_{tr} – Скорость записи данных на sd-карты, Мб/с;

Q_i – Объем памяти, занимаемый одним изображением, Мб;

n – количество каналов спектральной камеры, шт.

Для расчета создания и записи изображений на карту t_i использовалась следующая система уравнений (3):

$$t_i = \begin{cases} t_{tr1}, & \text{если } t_{tr1} \geq t_{c1} \\ t_{c1}, & \text{если } t_{c1} > t_{tr1} \\ t_{tr2}, & \text{если } t_{tr2} \geq t_{c2} \\ t_{c2}, & \text{если } t_{c2} > t_{tr2} \end{cases} \quad (3)$$

где, t_{c1} – время срабатывания RGB камеры, с;

t_{tr1} – время записи RGB изображений с одной точки съемки, с;

t_{c2} – время срабатывания мультиспектральной камеры, с;

t_{tr2} – время записи спектральных изображений с одной точки съемки, с.

В фотограмметрии используется термин пространственное разрешение на местности или предельное геометрическое разрешение на местности [10] (Ground sampling distance – GSD) – этот показатель определяется как расстояние между двумя последовательными центрами пикселей, измеренное на земле [11]. Формула расчета пространственного разрешения (4):

$$GSD = \frac{100 \cdot S_w \cdot h}{b_y \cdot F_{tr}} \quad (4)$$

где, h – высота полета, м;

b_y – ширина изображения, пикс.;

F_{tr} – действительное фокусное расстояние, мм;

S_w – ширина матрицы, мм.

GSD линейно масштабируется в зависимости от высоты полета БВС [12, 13]. При этом GSD не меняется в зависимости от процента перекрытия изображения.

Расчёт расстояний между центрами соседних изображений производится по формуле (5):

$$B_x = \frac{b_x \cdot (100 - P_x)}{100} \cdot GSD \quad (5)$$

где, P_x – продольное перекрытие, %;
 b_x – длина изображения, пикс.;
GSD – пространственное разрешение, см/пикс.

Расчет расстояние между центрами смежных изображений производится по формуле (6):

$$B_y = \frac{b_y \cdot (100 - P_y)}{100} \cdot GSD \quad (6)$$

где, P_y – поперечное перекрытие, %;
 b_y – ширина изображения, пикс.;
GSD – пространственное разрешение, см/пикс.

Разрешение на земле для RGB и мультиспектральной камер зависит от высоты, скорости полета и расстояния между этапами съёмки. Камера RGB может производит съемку с минимальной задержкой в 1 секунду между каждой фотографией. Мультиспектральные камеры могут производить съемку с минимальной задержкой в 0,5 секунды между каждой фотографией.

При одновременно установленных камерах на борт БВС необходимо учитывать параметры двух камер при создании полетного задания. Распространенное программное обеспечение для создания полетного задания использует характеристики только RGB камеры. В результате необходимо рассчитать продольное и поперечное перекрытия для RGB камеры с учетом характеристик мультиспектральной камеры [9]. Параметры поперечного (7) и продольного (8) перекрытия для RGB камеры рассчитываются по следующим формулам:

$$P_{x1} = 100 - \frac{B_{x2} \cdot 100}{GSD_1 \cdot b_{x1}} \quad (7)$$

где, B_{x2} – Расстояние между центрами соседних изображений, см;
GSD – предельное пространственное разрешения, см/пикс.;
 b_{x1} – длина изображения, пикс.

$$P_{y1} = 100 - \frac{B_{y2} \cdot 100}{GSD_1 \cdot b_{y1}} \quad (8)$$

где, B_{y2} – расстояние между центрами смежных изображений, см;
GSD – предельное пространственное разрешения, см/пикс.;
 b_{y1} – ширина изображения, пикс.

В исследовании использовали технические характеристики БВС DJI Phantom 4 pro [14] и DJI Matrice 200 v2 с RGB камерой DJI Zenmuse x4s [15, 16], а также мультиспектральных камер: Parrot Sequoia, MicaSense Altum.



1)



2)

Рисунок 1 – Платформы на базе БВС, разработанные сотрудниками ФНАЦ ВИМ
1) БВС DJI Phantom 4 pro с мультиспектральной камерой Parrot Sequoia; 2) БВС DJI Matrice 200 v2 с с RGB камерой DJI Zenmuse x4s и мультиспектральной камерой MicaSense Altum
(1 – БВС; 2 – RGB камера; 3 – мультиспектральная камера 4 – сенсор освещенности)

Figure 1 – UAV-based platforms developed by VIM staff

1) DJI Phantom 4 pro UAV with Parrot Sequoia multispectral camera; 2) DJI Matrice 200 v2 UAV with DJI Zenmuse x4s RGB camera and MicaSense Altum multispectral camera
(1 – UAV; 2 – RGB camera; 3 – multispectral camera; 4 – light sensor)

В процессе разработки мобильного приложения был использован язык программирования C# и фреймворк .NET MAUI, что позволяет создать кроссплатформенное решение, работающее как на Android, так и на IOS.

Фотограмметрическая обработка данных аэрофотосъемки происходила в фотограмметрическом программном обеспечении Agisoft Metashape. Для оценки погрешности всего проекта применили формулу среднеквадратичной ошибки $RMSE_p$ (9):

$$RMSE_p = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{Oi} - X_{GNNSi})^2 + (Y_{Oi} - Y_{GNNSi})^2 + (Z_{Oi} - Z_{GNNSi})^2}}{n} \quad (9)$$

где n – количество опорных точек;

X_{Oi} , Y_{Oi} и Z_{Oi} – координаты X, Y и Z, полученные после первичной аэротриангуляции;

X_{GNNSi} , Y_{GNNSi} и Z_{GNNSi} – координаты X, Y и Z, измеренные с помощью ГНСС-приемника в полевых условиях.

По RGB данным создавался ортофотоплан, по мультиспектральным данным рассчитывалась вегетационные карты NDVI (10):

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (10)$$

где NIR – отражение в ближней инфракрасно области, снятое на спектральную камеру;

R – отражение в красной области спектра, снятое на спектральную камеру.

Результаты и обсуждение.

На основе проведенного анализа характеристик камер и параметров аэрофотосъемки сформированы исходные данные для расчета полетного задания:

- ширина матрицы, мм;
- действительное фокусное расстояние, мм;
- ширина изображения, пикс;
- длина изображения, пикс;
- скорость записи данных на sd-карты, Мб/с;
- количество каналов камеры, шт.;
- количество гибридных каналов спектральной камеры, шт.;
- объем памяти, занимаемый одним изображением, Мб;
- объем памяти, занимаемый одним изображением со спектрального канала, Мб;
- продольное перекрытие RGB камеры, %;
- поперечное перекрытие RGB камеры, %;
- продольное перекрытие мультиспектральной камеры, %;
- поперечное перекрытие мультиспектральной камеры, %;
- высота полета, м.;
- пространственное разрешение GSD RGB камеры, см/пикс.;
- пространственное разрешение GSD мультиспектральной камеры, см/пикс.;
- скорость полета, м/с.

Ниже приведены выходные параметры, необходимые для создания полетного задания:

- продольное перекрытие RGB камеры, %;
- поперечное перекрытие RGB камеры, %;
- высота полета, м;
- пространственное разрешение GSD RGB камеры, см/пикс.;
- пространственное разрешение GSD мультиспектральной камеры, см/пикс.;
- скорость полета, м/с.

Функциональность приложения включает в себя несколько ключевых модулей. Первый модуль отвечает за ввод исходных данных. Второй модуль занимается расчетом оптимальных параметров полета на основе формул (1) – (8). Третий модуль предоставляет пользователю возможность создавать и хранить настройки для различных камер, а также возможность их сохранения и экспорта для дальнейшего анализа и использования.

Созданное мобильное приложение на базе C# и .NET MAUI представляет собой инструмент для операторов сельскохозяйственных БВС, позволяющий эффективно планировать и выполнять полетные задания, получая при этом качественные данные за один пролет.

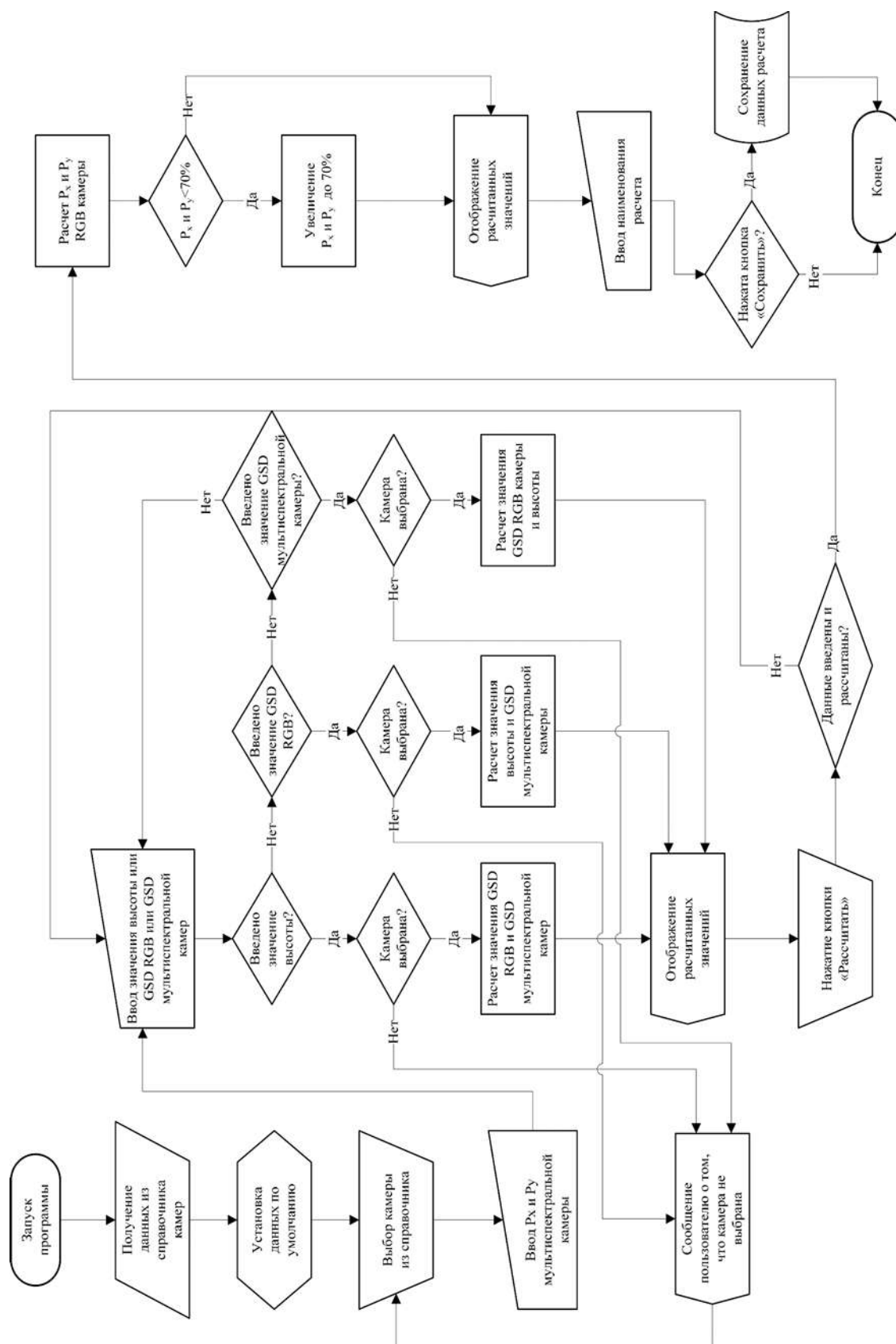


Рисунок 2 – Алгоритм мобильного приложения

Figure 2 – Mobile application algorithm

Разработанное мобильное приложение имеет следующий функционал:

- ведение справочника камер с указанием параметров камер с возможностью редактирования и удаления данных;
- импорт и экспорт справочника камер;
- расчет параметров продольного и поперечного перекрытий для RGB камеры на основе введенной пользователем информации и выбранных из справочника RGB камеры и мультиспектральной камеры;
- сохранение полученных результатов расчета на локальном носителе;
- экспорт результатов расчета в формат JSON;
- поиск и просмотр ранее сохраненных результатов расчетов;
- отображение информации о программе.

При разработке программного обеспечения был спроектирован следующий алгоритм, изображенный на рисунке 2, отражающий основные этапы работы мобильного приложения.

В результате разработки было создано приложение с пользовательским интерфейсом, приведенным на рисунках 3 и 4. Приложение состоит из четырех разделов: расчет параметров, справочник камер, история расчетов, информация о программе. На экране расчета параметров указываются поперечное и продольное перекрытия для мультиспектральной камеры и вводится один из параметров: высота полета, пространственное разрешение RGB камеры, пространственное разрешение мультиспектральной камеры. На основе введенных параметров рассчитываются значения поперечного и продольного перекрытия RGB камеры и скорость полета БВС. При получении значений перекрытий менее 70% программа увеличивает перекрытия до 70% для достижения минимально рекомендуемых значений. В справочнике камер создаются и редактируются карточки с моделями камер. В истории расчетов сохраняются результаты расчетов, которые сохранил пользователь. На экране с информацией о программе указывается версия программы. На мобильное приложение получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024665531 от 02.07.2024.

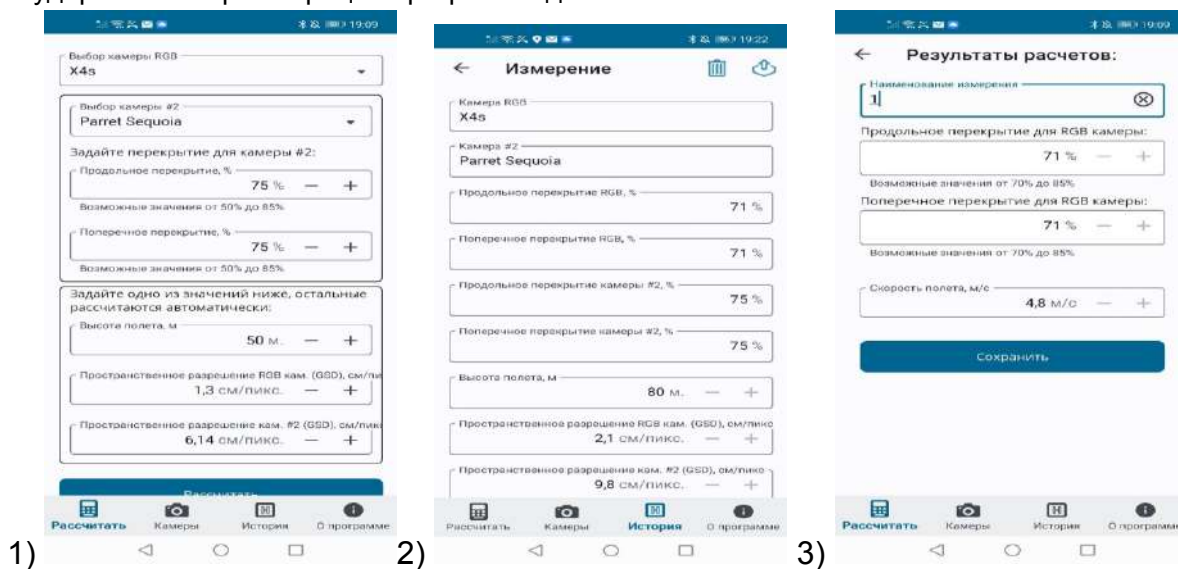


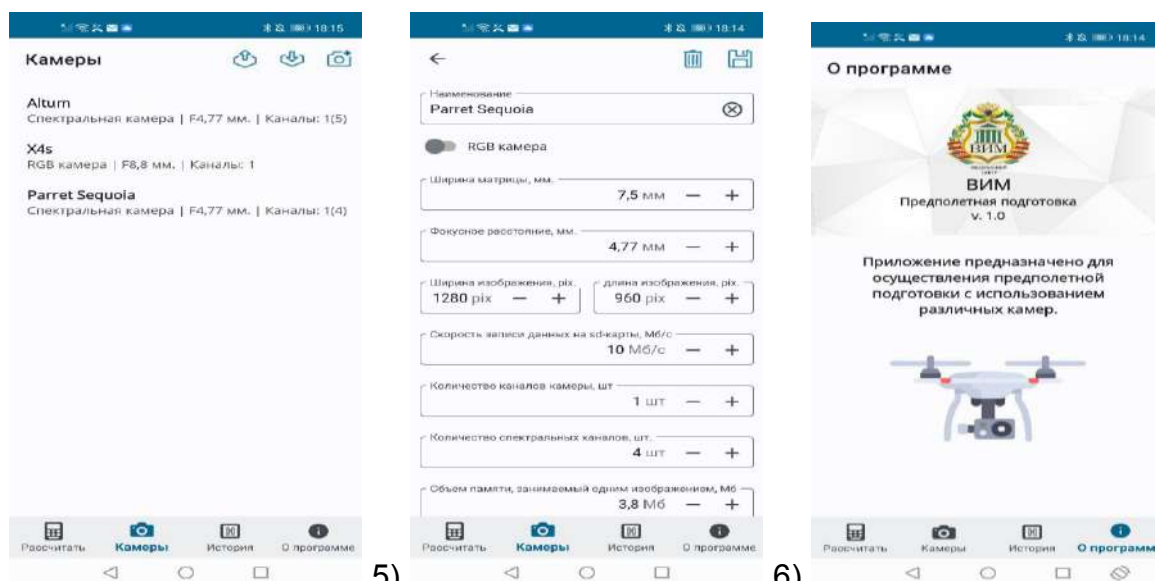
Рисунок 3 – Пользовательский интерфейс мобильного приложения:

- 1) экран ввода исходных данных; 2) – экран рассчитанных результатов; 3) – экран сохранённых результатов измерений

Figure 3 – User interface of the mobile application:

- 1) initial data entry screen; 2) – screen of calculated results; 3) – screen of saved measurement results

В справочнике камер создаются и редактируются карточки с моделями камер. В истории расчетов сохраняются результаты расчетов, которые сохранил пользователь. На экране с информацией о программе указывается версия программы. На мобильное приложение получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024665531 от 02.07.2024.



4)

5)

6)

Рисунок 4 – Пользовательский интерфейс мобильного приложения

4) – экран справочника камер; 5) – экран редактирования параметров камер;

6) – экран с информацией о программе

Figure 4 – Mobile application user interface

4) – camera directory screen; 5) – camera settings editing screen;

6) – screen with information about the program

Результаты расчетов параметров полета с перекрытием 70% и 75% представлены в таблице.

Таблица – Параметры аэрофотосъемки с мультиспектральной камерой

Table – Parameters of aerial photography with a multispectral camera

№	Камера / Camera	Продольное и поперечное перекрытие, % / Longitudinal and transverse overlap, %	Скорость полета, м/с / Flight speed, m/s	Пространственное разрешение, см/пикс. / Spatial resolution, cm/pix.	Высота полета, м / Flight altitude, m
1	DJI Phantom 4 pro	65	3,5	0,82	30
	Parrot Sequoia	70		3,7	
2	DJI Phantom 4 pro	71	2,9	0,82	
	Parrot Sequoia	75		3,7	
3	DJI Zenmuse x4s	80	1,9	0,82	
	MicaSense Altum	70		1,31	
4	DJI Zenmuse x4s	83	1,6	0,82	
	MicaSense Altum	75		1,31	
5	DJI Phantom 4 pro	65	4,9	1,3	50
	Parrot Sequoia	70		6,14	
6	DJI Phantom 4 pro	71	4,8	1,3	
	Parrot Sequoia	75		6,14	
7	DJI Zenmuse x4s	80	3,3	1,3	
	MicaSense Altum	70		2,19	
8	DJI Zenmuse x4s	83	2,8	1,3	
	MicaSense Altum	75		2,19	
9	DJI Phantom 4 pro	65	9,9	2,7	100
	Parrot Sequoia	70		12,28	
10	DJI Phantom 4 pro	71	9,6	2,7	
	Parrot Sequoia	75		12,28	
11	DJI Zenmuse x4s	80	6,6	2,7	
	MicaSense Altum	70		4,39	
12	DJI Zenmuse x4s	83	5,6	2,7	
	MicaSense Altum	75		4,39	

В результате полетов, согласно рассчитанным параметрам, были созданы ортофотопланы и вегетационные карты NDVI (рисунок 5) поля со среднеквадратической ошибкой $RMSE_p$, не превышающей 0,15 м, что говорит о правильности рассчитанных параметров полета с использованием разработанного мобильного приложения.

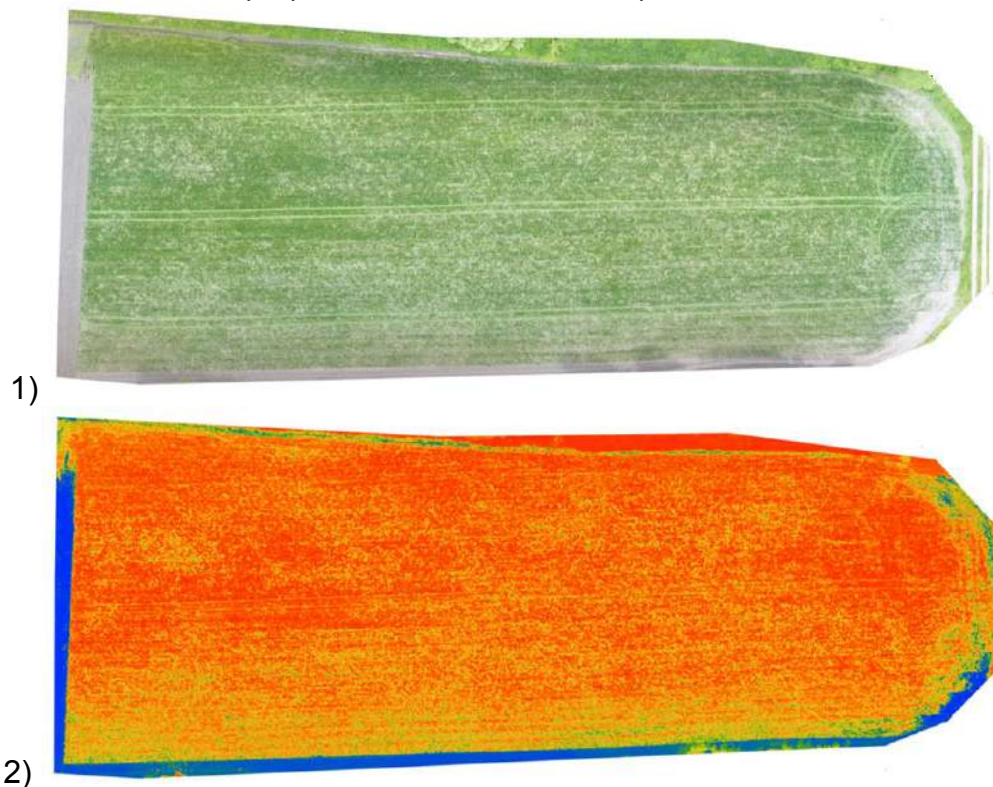


Рисунок 5 – Цифровые карты 1) Ортофотоплан; 2) Вегетационная карта NDVI
Figure 5 – Digital maps 1) Orthophotomap; 2) NDVI vegetation map

Основной экономической ценностью проведенных исследований и разработанного мобильного приложения является снижение затрат времени и ресурсов на подготовку и проведение полетов для мониторинга сельскохозяйственных культур. Сокращение времени на создание полетного задания с 40 до 10 минут приводит к значительному снижению затрат на проведение аэрофотосъемки. Уменьшение временных затрат непосредственно влияет на сокращение операционных расходов, что особенно важно при работе в полевых условиях, где временные ресурсы ограничены.

Другим немаловажным экономическим фактором является повышение производительности оператора БВС. Уменьшение времени на подготовку полетного задания позволяет увеличить количество вылетов в течение рабочего дня. Это приводит к повышению общей производительности и эффективности работы команды, занимающейся аэрофотосъемкой.

Заключение. 1. Для проведения аэрофотосъемки были рассмотрены следующие параметры: продольное и поперечное перекрытие камер, высота полета, пространственное разрешение и скорость полета. Высота полета влияет на пространственное разрешение и качество получаемых изображений. Чем выше высота полета, тем больше охват, но ниже разрешение. Пространственное разрешение, как RGB, так и мультиспектральной камеры, определяет детализацию изображения. Чем выше разрешение, тем больше деталей можно увидеть на снимке. Скорость полета беспилотного летательного аппарата может привести к размытиям, особенно при низких высотах. Зависимость между пространственным разрешением мультиспектральной и RGB камер линейная, что означает, что при увеличении высоты полета пространственное разрешение обеих камер изменяется пропорционально.

2. Разработан алгоритм и мобильное приложение на языке C# с использованием фреймворка .NET MAUI для расчета параметров проведения аэрофотосъемки. Это приложение рассчитывает параметры полета для обеих камер.

3. Разработанное мобильное приложение для расчета параметров полетного задания БВС с двумя камерами на борту сокращает в 4 раза время на подготовку полетного задания и позволяет повысить производительность и оперативность работы.

Conclusions. 1. For aerial photography, the following parameters were considered: longitudinal and transverse overlap of cameras, flight altitude, spatial resolution, and flight speed. The altitude of the flight affects the spatial resolution and quality of the images obtained. The higher is the altitude, the greater is the coverage, but the lower is the resolution. The spatial resolution of both RGB and multispectral cameras determines the details of the image. The higher the resolution, the more details you can see in the picture. The flight speed of an unmanned aerial vehicle can lead to blurring, especially at low altitudes. The relationship between the spatial resolution of multispectral and RGB cameras is linear, which means that with increasing altitude, the spatial resolution of both cameras changes proportionally.

2. An algorithm and a mobile application in the C# language using the framework .NET MAUI have been developed for calculating the parameters of aerial photography. This app calculates flight parameters for both cameras.

3. The developed mobile application for calculating the parameters of a UAV flight task with two cameras on board reduces the time for preparing a flight task by four times and allows you to increase productivity and efficiency of work.

Библиографический список

1. Pathak H., Igathinathane C., Zhang Z., Archer D., Hendrickson J. A review of unmanned aerial vehicle-based methods for plant stand count evaluation in row crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. N 198. 107064.
2. Лобачевский Я. П., Дорохов А. С. Цифровые технологии и роботизированные технические средства для сельского хозяйства. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2021. N 15 (4). С. 6-10.
3. Курченко Н. Ю., Труфляк Е. В. Нормативно-правовая база использования беспилотных авиационных систем. Краснодар: КубГАУ, 2021. 56 с.
4. Мелихова Е. В., Мелихов Д. А. Применение беспилотных летательных аппаратов в аграрном производстве. *Международный журнал прикладных наук и технологий Integral*. 2019. № 3. С. 29.
5. Чельшева Д. Н. Беспилотные летательные аппараты как один из основных инструментов цифровой трансформации АПК. *АПК: экономика, управление*. 2024. № 2. С. 96-101.
6. Писарева О. А. Обзор приложений на базе БПЛА для точного земледелия. *Modern Science*. 2021. № 12 (2). С. 408-412.
7. Аникеева И. А. Оценка рекомендуемых и допустимых значений показателей изобразительного качества по материалам, полученным различными аэрофотосъемочными системами для целей картографирования. *Геодезия и картография*. 2021. № 9. С. 30-40.
8. Кузюбердина Р. А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование территорий. Методические указания. Пермь: ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2009. 38 с.
9. Курбанов Р. К., Захарова Н. И. Обоснование параметров полетного задания беспилотного воздушного судна для мультиспектральной аэрофотосъемки. *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2022. № 16 (3). С. 33-39.
10. Bento N. L., Ferraz G. A. E. S., Barata R. A. P., Santana L. S., et al. Overlap influence in images obtained by an unmanned aerial vehicle on a digital terrain model of altimetric precision. *European journal of remote sensing*. 2022. № 55 (1). Pp. 263-276.
11. Свиридов К. Н., Тюлин А. Е. Разрешающая способность и линейное разрешение для оценки качества и проектирования аэрокосмических систем дистанционного зондирования Земли. *Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы*. 2022. № 9 (1). С. 9-29.
12. Сулейменов Б. У., Танирбергенов С. И. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов в точном земледелии: обзор. *Почвоведение и агрохимия*. 2018. № 2. С. 85-100.
13. Кузнецова И. А., Гильязов М. Р. Влияние высоты полета беспилотного летательного аппарата при обработке данных в автоматизированных программных обеспечениях. *StudNet*. 2021. Т. 4. N 5.
14. Bannari A., Selouani A., El-Basri M., Rhinane H., El-Harti A., El-Ghmari A. Multi-scale analysis of DEMS derived from unmanned aerial vehicle (UAV) in precision agriculture context. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. 2021. Pp. 8285-8288.
15. Lili L., Jiangwei Q., Jiana Y., Jie L., Li L. Automatic freezing-tolerant rapeseed material recognition using UAV images and deep learning. *Plant Methods*. 2022. N 18. P. 5.
16. Smith D. L., Abdullah Q. A., Maune D. F., Heidemann H. K. New Asprs Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data Released. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 2015. V. 81 (I.4). Pp.1073-1085.

References

1. Pathak H., Igathinathane C., Zhang Z., Archer D., Hendrickson J. A review of unmanned aerial vehicle-based methods for plant stand count evaluation in row crops. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. N 198. 107064.
2. Lobachevsky Ya. P., Dorokhov A. S. Digital technologies and robotic technical means for agriculture. *Agricultural machinery and technology*. 2021. N 15 (4). Pp. 6-10.
3. Kurchenko N. Yu., Truflyak E. V. Regulatory framework for the use of unmanned aircraft systems. *Krasnodar: KubGAU*, 2021. 56 p.

4. Melikhova E. V., Melikhov D. A. The use of unmanned aerial vehicles in agricultural production. *International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral*. 2019. No. 3. P. 29.
5. Chelysheva D. N. Unmanned aerial vehicles as one of the main tools of the digital transformation of the agro-industrial complex. *Agro-industrial complex: economics, management*. 2024. No. 2. Pp. 96-101.
6. Pisareva O. A. Review of UAV-based applications for precision agriculture. *Modern Science*. 2021. № 12 (2). Pp. 408-412.
7. Anikeeva I. A. Evaluation of recommended and acceptable values of visual quality indicators based on the materials obtained from various aerial photography systems for mapping purposes. *Geodesy and cartography*. 2021. No. 9. Pp. 30-40.
8. Kuzyuberdina R. A. Photogrammetry and remote sensing of territories. *Methodological guidelines*. Perm: Perm State Agricultural Academy, 2009. 38 p.
9. Kurbanov R. K., Zakharova N. I. Justification of the parameters of the flight task of an unmanned aircraft for multispectral aerial photography. *Agricultural machinery and technology*. 2022. № 16 (3). Pp. 33-39.
10. Bento N. L., Ferraz G. A. E. S., Barata R. A. P., Santana L. S., et al. Overlap influence in images obtained by an unmanned aerial vehicle on a digital terrain model of altimetric precision. *European journal of remote sensing*. 2022. № 55 (1). Pp. 263-276.
11. Sviridov K. N., Tyulin A. E. Resolution and linear resolution for quality assessment and design of aerospace systems for remote sensing of the Earth. *Rocket and space instrumentation and information systems*. 2022. № 9 (1). Pp. 9-29.
12. Suleimenov B. U., Tanirbergenov S. I. Prospects for the use of unmanned aerial vehicles in precision agriculture: a review. *Soil science and agrochemistry*. 2018. No. 2. Pp. 85-100.
13. Kuznetsova I. A., Gilyazov M. R. The influence of the flight altitude of an unmanned aerial vehicle in data processing in automated software. *StudNet*. 2021. V. 4. N 5.
14. Bannari A., Selouani A., El-Basri M., Rhinane H., El-Harti A., El-Ghmari A. Multi-scale analysis of DEMS derived from unmanned aerial vehicle (UAV) in precision agriculture context. *International Geoscience and Remote Sensing Symposium*. 2021. Pp. 8285-8288.
15. Lili L., Jiangwei Q., Jiana Y., Jie L., Li L. Automatic freezing-tolerant rapeseed material recognition using UAV images and deep learning. *Plant Methods*. 2022. N 18. P. 5.
16. Smith D. L., Abdullah Q. A., Maune D. F., Heidemann H. K. New Asprs Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data Released. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 2015. V. 81 (1.4). Pp. 1073-1085.

Информация об авторах

Курбанов Рашид Курбанович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный агро-инженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский пр-д, 5).
Захарова Наталья Ивановна, младший научный сотрудник, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский пр-д, 5).
Мешков Александр Валерьевич, инженер, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) (Российская Федерация, 109428, г. Москва, 1-й Институтский пр-д, 5).

Author's Information

Kurbanov Rashid Kurbanovich, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Federal Scientific Agro engineering Center of VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky Proezd, 5).
Zakharova Natalia Ivanovna, Junior Researcher, Federal Scientific Agro engineering Center of VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky Proezd, 5).
Meshkov Alexander Valerievich, Engineer, Federal Scientific Agro engineering Center of VIM (Russian Federation, 109428, Moscow, 1st Institutsky Proezd, 5).

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-48

PROSPECTS OF THE MECHANIZATION OF INTRA-SOIL DRIP TAPE LAYING

¹Martynova N. B., ¹Shcherbakov A. O., ²Zhuravleva L. A.

¹Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov

²Timiryazev Russian State Agrarian University
Moscow, Russian Federation

Corresponding author E-mail: yourim2@rambler.ru

Received 16.09.2024

Submitted 24.01.2025

Abstract

Introduction. The intra-soil laying of the drip tape allows water to be delivered to the root-inhabited space, which leads to significant savings in irrigation water. Machines designed for the intra-soil laying of drip tape are structurally more complicated than surface irrigation equipment, since the resistance of the soil to development acts on the tape-laying equipment. Companies producing drip tape stackers overwhelmingly produce machines for subsurface drip tape laying, the maximum laying depth of which does not exceed 100 mm. Only the American companies Andres and Rain Flo Irrigation produce a wide range of machines designed for both subsurface and deep drip tape laying. The creation of special domestic equipment for the intra-soil laying of drip tape and the assessment of the possibility of intra-soil laying of various types of drip tapes produced by domestic manufacturers is an urgent task. **The object of the study.** The object of research is the design of a special drip tape stacker (model and prototype), as well as various types of domestic drip tapes. **Materials and methods.** The research was carried out in the laboratory of the Depart-

ment of Hydraulic Engineering and Hydraulics of the Federal Research Center Federal Scientific Center of Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov, as well as at the Field Experimental Station of the ²Timiryazev Russian State Agrarian University. During subsurface laying, the traction resistances do not exceed 200 N, therefore, the tape laying equipment can be installed on machines designed for planting or forming ridges. With deep laying, traction resistances increase significantly, so in this case specialized stackers are used. **Results and conclusions.** Drip tapes experience increased tensile stresses during intra-soil laying. Domestic manufacturers produce drip tape with a wall thickness of 0.15-0.4 mm. Studies have shown that a drip tape with a wall thickness of 0.15 mm is undesirable to use for intra-soil machine laying due to stresses that can lead to deformation of the tape. Tapes with a wall thickness of 0.2-0.25 mm are suitable for subsurface laying, and tapes with a wall thickness of 0.4 mm or more are suitable for deep laying.

Keywords: drip tape, intra-soil drip tape laying, tape-laying equipment, drip irrigation technologies.

Citation. Martynova N. B., Shcherbakov A. O., Zhuravleva L. A. Prospects of the mechanization of intra-soil drip tape laying. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 446-454 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-48.

The author's contribution. All authors have made an equivalent contribution to the research, analysis of the received material and preparation of the publication.

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

УДК 631.34

ПЕРСПЕКТИВЫ МЕХАНИЗАЦИИ ВНУТРИПОЧВЕННОЙ УКЛАДКИ КАПЕЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

¹**Мартынова Н. Б.**, кандидат технических наук, доцент

¹**Щербаков А. О.**, кандидат технических наук

²**Журавлева Л. А.**, доктор технических наук, доцент

¹ФГБНУ Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова

²ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет имени К. А. Тимирязева
г. Москва, Российская Федерация

Актуальность. Внутрипочвенная укладка капельной ленты позволяет доставить воду в корнеобитаемое пространство, что приводит к существенной экономии поливной воды. Машины, предназначенные для внутрипочвенной укладки капельной ленты, конструктивно сложнее техники для поверхностного полива, так как на лентоукладочное оборудование действует сопротивление грунта разработке. Фирмы, производящие укладчики капельной ленты, в подавляющем большинстве выпускают машины для подпочвенной укладки капельной ленты, максимальная глубина укладки которых не превышает 100 мм. Только американские фирмы Andres и Rain Flo Irrigation выпускают широкую линейку машин, предназначенных как для подповерхностной, так и глубокой укладки капельной ленты. Создание специальной отечественной техники для внутрипочвенной укладки капельной ленты и оценка возможности внутрипочвенной укладки различных тип капельных лент, выпускаемых отечественными производителями, представляет актуальную задачу. **Объект исследования.** Объект исследований – конструкция специального укладчика капельной ленты (модель и опытный образец), а также различные типы отечественных капельных лент. **Материалы и методы.** Исследования проводились в лаборатории отдела гидротехники и гидравлики ФНЦ ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова, а также на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. При подповерхностной укладке тяговые сопротивления не превышают 200 Н, поэтому лентоукладочное оборудование можно установить на машинах, предназначенных для посадки или формирования гребней. При глубокой укладке тяговые сопротивления значительно возрастают, поэтому в этом случае используются специализированные укладчики. **Результаты и выводы.** Капельные ленты при внутрипочвенной укладке испытывают повышенные напряжения растяжения. Отечественные производители выпускают капельную ленту с толщиной стенки 0,15-0,4 мм. Как показали исследования, капельную ленту с толщиной стенки 0,15 мм нежелательно применять для внутрипочвенной машинной укладки из-за напряжений, которые могут привести к деформации ленты. Ленты с толщиной стенки 0,2-0,25 мм пригодны для подповерхностной укладки, а лента с толщиной стенки 0,4 мм и более – для глубокой укладки.

Ключевые слова: капельные ленты, внутрипочвенная укладка капельной ленты, лентоукладочное оборудование, технологии капельного орошения.

Цитирование. Мартынова Н. Б., Щербаков А. О., Журавлева Л. А. Перспективы механизации внутрипочвенной укладки капельной ленты. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 446-454. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-48.

Авторский вклад. Все авторы внесли эквивалентный вклад в проведение исследований, анализ полученного материала и подготовку публикации.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Актуальность. В последние годы замедлились темпы внедрения капельного орошения в сельское хозяйство, несмотря на то немаловажное обстоятельство, что весь необходимый перечень оборудования выпускается на отечественных предприятиях [1]. Выпуск продукции отечественных предприятий неуклонно растет, однако на деле имеется замена импортного оборудования на российское. В центральных регионах среди оросительных мелиораций наибольшее распространение получило дождевание. Одной из причин можно назвать неустойчивость климата: многоводные годы чередуются с влагодефицитными, разница может составлять свыше 50% [2]. В многоводные годы дождевальная техника практически не используется, тогда как капельная система требует ежегодной укладки. Второй причиной является низкая степень механизации при укладке капельной ленты.

Укладка капельной ленты бывает поверхностной (чаще применяется при использовании пленки) и внутрипочвенной [3]. Преимуществом поверхностной укладки является небольшое сопротивление укладки, что позволяет использовать ленту с малой толщиной стенки, которая наиболее востребована у сельхозпроизводителей ввиду небольшой стоимости. Недостатками поверхностной укладки являются смещение ленты в процессе эксплуатации, что в конечном итоге приводит к потерям напора, а также сильный нагрев воды при соприкосновении ленты с пленкой в жаркие дни [4]. Преимуществом внутрипочвенной укладки является возможность точного размещения ленты в почве в процессе укладки и практически полное отсутствие смещений заданного положения ленты в процессе роста растений. Однако машины, предназначенные для внутрипочвенной укладки, более сложные и дорогие, помимо этого лента в процессе укладки в почву испытывает растягивающие усилия.

Машины для укладки капельной ленты выпускаются, в подавляющем большинстве, для подповерхностной укладки капельной ленты, некоторые фирмы предусматривают регулировку глубины укладки капельной ленты [5]. Так, заявленная глубина британской Wrootwater Limited составила 35...50 мм, у голландской ODV Techniek и отечественной Колнар КГП-4 40...100 мм, у итальянских Moretto Officine Meccaniche и Forigo Roteritalia до 100 мм. Широкий спектр машин, предназначенных как для подповерхностной, так и для глубокой укладки капельной ленты, предлагается американскими фирмами Andros и Rain Flo Irrigation. Так, машины фирмы Andros для подповерхностной укладки заявленная глубина составляет до 100 мм, для глубокой от 76 до 400 мм. У фирмы Rain-Flo Irrigation машины для подповерхностного полива предназначены для укладки ленты на глубину до 80 мм, для глубокой укладки до 450 мм. Американские машины оснащены тормозным устройством, препятствующим разматыванию капельной ленты при изменении скорости или внезапной остановке машины [6]. Однако закупка данной техники экономически не обоснована, а учитывая непростые отношения между нашими странами, неосуществима.

Материалы и методы. Наличие постоянно действующего тормоза позволяет поддерживать постоянное натяжение капельной ленты при изменении скорости машины. Отсутствие постоянного натяжения может привести к обрыву ленты или ее перекручиванию, что является аварийной ситуацией. Ремонтные работы сложны и трудоемки [7]. Поддержание постоянного натяжения ленты требует дополнительных тяговых сопротивлений. Следует установить возможность укладки капельной ленты различных модификаций подпочвенно на максимально возможные глубины.

Общее сопротивление укладки ленты складывается из тягового сопротивления и сопротивления постоянно действующего тормоза [8].

Тяговое сопротивление определим по формуле [9]:

$$F_T = F_T + F_T + F_T + F_T = \mu \cdot G_y + k_p \cdot b_y \cdot h_y + \varepsilon \cdot b_y \cdot h_y \cdot v_y^2 + (f_n \cdot G_k \cdot d_o \cdot d_k^{-1} + 2 \cdot G_k \cdot l_o \cdot d_k^{-1}) \cdot (1 + e^{f_n \cdot \beta}) \quad (1)$$

где: μ – коэффициент трения металла по грунту; G_y – вес рабочего органа, кН; k_p – удельное сопротивление резанию, кПа; b_y – ширина укладочной трубы, м; h_y – глубина укладки ленты, м; ε – удельное сопротивление подъему грунта, кПа; v_y – поступательная скорость базового трактора, м/с; f_n – коэффициент трения в подшипниковом узле; G_k – вес катушки с лентой, кН; d_k – диаметр катушки с капельной лентой, м; d_o – диаметр оси, м; l_k – смещение центра тяжести катушки от центра оси, м; β – угол обхвата ленты.

Силу инерции катушки следует определить по формуле [10]:

$$F_{\text{и}} = \frac{4\pi^2 \cdot n_{\text{д}}^2 \cdot m_{\text{к}} \cdot \delta_{\text{в}} \cdot d_{\text{х}}}{i_{\text{т}}^2} \quad (2)$$

где: $n_{\text{д}}$ – частота вращения вала двигателя базового трактора, с^{-1} ; $\delta_{\text{в}}$ – коэффициент учета вращающихся масс; $d_{\text{х}}$ – диаметр ходового колеса, м; $i_{\text{т}}$ – передаточное число трансмиссии; $m_{\text{к}}$ – масса катушки, кг.

В случае внезапной остановки машины катушка будет разматываться по инерции. Это приведет к провисанию ленты. Если величина его превысит пятикратный диаметр ленты, это может привести к ее перекручиванию. Оценить величину провисания следует по формуле [11]:

$$S = \frac{2\pi \cdot n_{\text{д}} \cdot d_{\text{х}} \cdot t_{\text{о}} \cdot (i_{\text{т}} + \pi \cdot n_{\text{д}} \cdot t_{\text{о}})}{i_{\text{т}}^2} \quad (3)$$

где $t_{\text{о}}$ – время торможения машины.

Для устранения провисания следует установить постоянно действующий тормоз с моментом, превышающим величину инерции катушки. В этом случае будет поддерживаться постоянное натяжение ленты, препятствующее ее провисанию.

Сопротивления, возникающие при укладке капельной ленты, приводят к ее растяжению. Дальнейшими исследованиями следует оценить возникающие в ленте деформации и оценить пригодность имеющейся линейки капельных лент, выпускаемых отечественными производителями, для подповерхностной и глубокой укладки.

Напряжения растяжения, которые лента получает в процессе укладки, можно определить по формуле [12]:

$$\sigma_{\text{р}} = \frac{F_{\text{т}} + F_{\text{и}}}{\pi \cdot d_{\text{л}} \cdot \delta_{\text{л}}} \quad (4)$$

где: $d_{\text{л}}$ – диаметр капельной ленты, м; $\delta_{\text{л}}$ – толщина стенки ленты, м.

Напряжения, превышающие 40 МПа, приводят к изменению формы ленты, при этом нарушаются ее эксплуатационные характеристики.

Результат и обсуждение. Несмотря на то, что отечественными производителями налажен выпуск широкого спектра капельных лент, наибольшим спросом пользуются капельные ленты толщиной 0,15...0,25 мм ввиду их небольшой стоимости (таблица 1).

Таблица 1 – Технические характеристики отечественных капельных лент
Table 1 – Technical characteristics of domestic drip tapes

Показатели / Indicators	Производители / Manufacturers			
	ООО «Виола» / Viola LLC	«Новый век агротехнологий» / "A New Age of Agrotechnologists"	ООО «Угличский завод полимеров» / LLC "Uglich Polymer Plant"	НПО «Агрополимер» / "Agropolimer"
Диаметр ленты, мм / Belt diameter, mm	16	16	16	16
Расстояние между капельницами, мм / Distance between drippers, mm	100-600	100-500	200-500	100-500
Давление, Мпа / Pressure, MPa	0,03-0,1	0,06-0,12	0,06-0,16	0,05-0,15
Расход на капельницу, л/ч / Flow rate per dripper, l/h	1,2	1,0-1,38	1,6-2,6	0,64-2,0
Толщина стенки, мм / Wall thickness, mm	0,15-0,2	0,15-0,2	0,15-0,4	0,15-0,25

Действующие на капельную ленту сопротивления укладки создают в ней растягивающие напряжения. Если величины напряжений превысят 40 Мпа, может наблюдаться изменение формы ленты, которое, в свою очередь, приведет к потере ее эксплуатационных свойств.

Сопротивления укладки были исследованы в лабораторных условиях на грунтовом канале с моделью укладчика капельной ленты. В процессе исследования изменялась глубина укладки капельной ленты (рисунок 1).



Рисунок 1 – Исследования модели укладчика капельной ленты в грунтовом канале

Figure 1 – Studies of the drip tape staker model in the ground channel

При подповерхностной укладке величины тяговых сопротивлений незначительны, и оборудование для укладки капельной ленты может быть размещено на сельскохозяйственных машинах, что позволит совместить укладку капельной ленты либо при посадочных работах, либо при формировании гребней, что, в свою очередь, приведет к существенной экономии машинного времени и трудозатрат и повышению производительности работ. При глубокой укладке наблюдается существенный рост тяговых сопротивлений (рисунок 2).

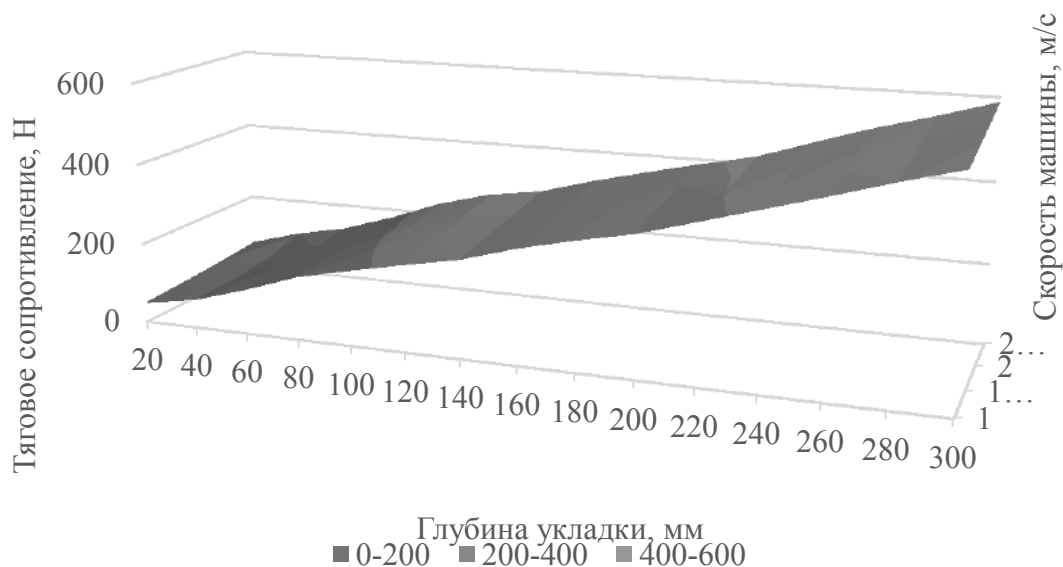


Рисунок 2 – Тяговое сопротивление укладки капельной ленты

Figure 2 – Traction resistance of the drip tape laying

При глубокой укладке необходимо создавать специальные укладчики капельной ленты на базе трактора, либо увеличивать тяговый класс базового трактора.

Так как масса катушки вследствие ее разматывания изменяется, меняется и ее инерция, поэтому постоянно действующий тормоз выбирается из условия, что тормозной момент должен быть больше инерции катушки для предотвращения ее саморазматывания и перекручивания ленты (рисунок 3).

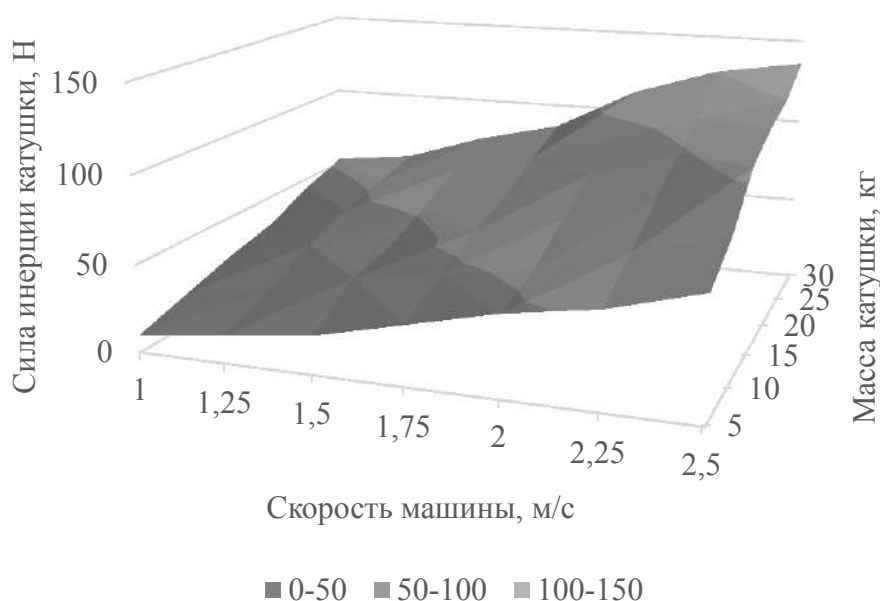


Рисунок 3 – Сила инерции катушки ленты в процессе укладки
Figure 3 – Inertia force of the tape coil during the laying process

Однако тормозным устройством оборудованы только укладчики капельной ленты американского производства. Вышеназванные фирмы Andros и Rain-Flo Irrigation выпускают машины, предназначенные для подповерхностной и глубокой укладки капельной ленты, для остальных производителей глубина укладки капельной ленты 100 мм является предельной (таблица 2).

Таблица 2 – Параметры серийно выпускаемых машин для укладки капельной ленты
Table 2 – Parameters of commercially available drip tape laying machines

Производители / Manufacturers	Глубина укладки, мм / Laying depth, mm	Число рядов / Number of rows	Мощность базового трактора, кВт / Base tractor power, kW
Колнаг КГП-4 (РФ) / Kolnag KGP-4 (RF)	40-100	4	60
ODV Techniek (Голландия / Holland)	40-100	2-4	65
Moretto Officine Meccaniche (Италия / Italy)	до 100	2-5	45-75
Forigo Roteritalia (Италия / Italy)	до 100	2-4	60
Wrootwater Limited (Великобритания / United Kingdom)	35-50	2-6	45-75
Andros (США / United States)	0-400	2-10	22-125
Rain Flo Irrigation (США / United States)	0-450	2-6	22-125

Как видно из таблицы, большинство производителей ограничиваются выпуском машин для подповерхностной укладки. Из вышеперечисленных, лишь американские фирмы наладили выпуск всей линейки машин для подповерхностной и глубокой укладки капельной ленты.

Укладчик капельной ленты на базе формователя гребней Grimme GF-75/4, доработанный установкой постоянно действующего тормоза, был испытан на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева для определения необходимого натяжения капельной ленты, компенсирующего разматывание катушки по инерции при колебаниях скорости базового трактора (рисунок 4).



Рисунок 4 – Испытания укладчика капельной ленты на базе формирователя гребней
Figure 4 – Testing of a drip tape stacker based on a comb shaper

Дальнейшие исследования направлены на оценку возможности использования капельных лент, выпускаемых отечественными производителями, для подповерхностной и глубокой укладки. Для этого были определены численные значения растягивающих напряжений, возникающих в процессе укладки капельной ленты (рисунок 5).

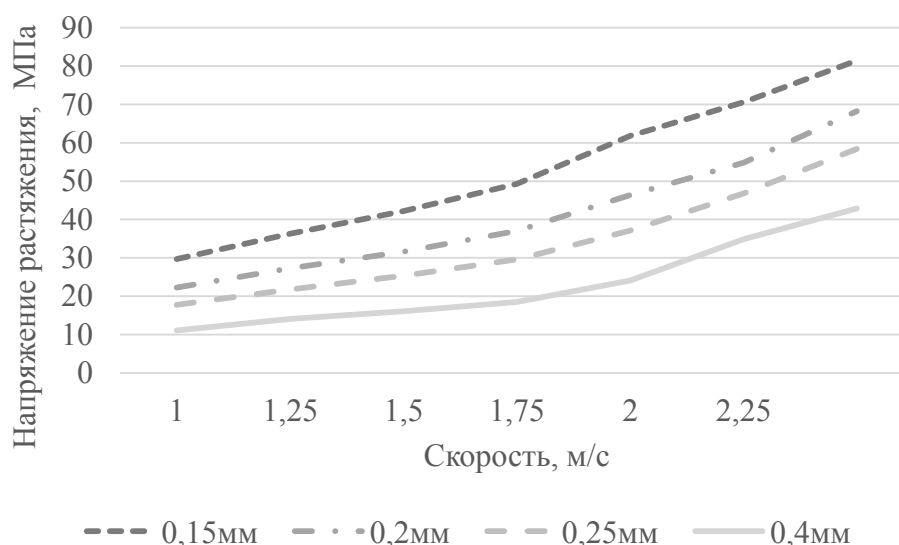


Рисунок 5 – Зависимость напряжения растяжения от скорости базового трактора
Figure 5 – Dependence of the tensile stress on the speed of the base tractor

Как видно из графика, капельную ленту с толщиной стенки 0,15 мм нежелательно применять для машинной укладки, только для поверхностной под пленку, так как напряжения свыше 40 МПа могут привести к деформациям ленты, при которых нормальная ее эксплуатация невозможна. Остальные типы лент, выпускаемые отечественными производителями, пригодны для машинной укладки, учитывая, что при укладке ленты базовый трактор движется на пониженных передачах. Дальнейшее увеличение скорости нерационально, так как длина гона не превышает 100-150 м, при больших длинах использовать ленту с некомпенсированными капельницами нельзя из-за существенных потерь напора.

Проанализируем рост напряжений растяжения в капельных лентах с увеличением глубины укладки (рисунок 6).

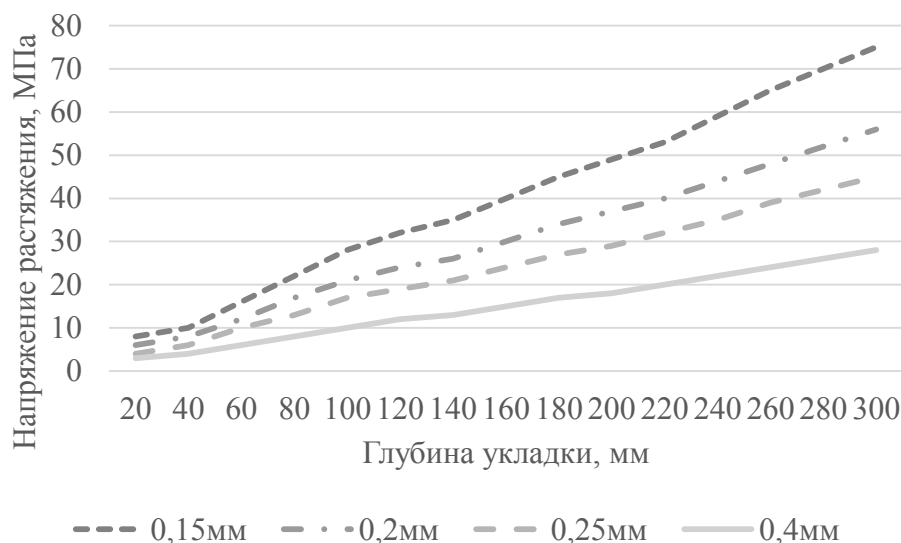


Рисунок 6 – Зависимость напряжений растяжения в капельной ленте от глубины укладки
Figure 6 – Dependence of the tensile stresses in the drip tape on the depth of installation

Из графика видно, что предлагаемые отечественными производителями капельные ленты подходят для подповерхностной укладки, для глубокой подходит лента с толщиной стенки 0,4 мм, выпускаемая ООО «Угличский завод полимеров».

Выводы. Внутрипочвенная укладка капельной ленты помогает раскрыть преимущества капельного полива: доставка поливной воды непосредственно в корнеобитаемое пространство приведет к существенной экономии поливной воды и сведет к минимуму потери на испарение и фильтрацию поливной воды в нижележащие почвенные слои. Внутрипочвенная укладка капельной ленты практически исключает изменение ее положения в процессе роста растений, и, связанные с этим, потери напора. Внутрипочвенная укладка капельной ленты требует усложнения конструкции машин – укладчиков. Практически все фирмы – производители серийно выпускаемой техники для укладки капельной ленты предлагают машины для подпочвенной укладки, для глубокой укладки машины выпускаются лишь американскими фирмами Andros и Rain-Flo Irrigation. Капельные ленты, выпускающиеся отечественными производителями, в основном пригодны для подповерхностной укладки. Капельные ленты, которые могут быть рекомендованы для глубокой укладки, должны иметь толщину стенки не менее 0,4 мм. Из-за высокой стоимости они менее востребованы у потребителей и имеются в перечне ООО «Угличский завод полимеров».

Conclusions. The intra-soil laying of drip tape helps to reveal the advantages of drip irrigation: the delivery of irrigation water directly into the root-inhabited space will lead to significant savings in irrigation water and minimize losses on evaporation and filtration of irrigation water into the underlying soil layers. The intra-soil laying of the drip tape practically eliminates a change in its position during plant growth, and associated pressure losses. The intra-soil laying of the drip tape requires a complication of the design of the stacker machines. Almost all manufacturers of mass-produced drip tape laying equipment offer machines for subsurface laying, for deep laying machines are produced only by American companies Andros and Rain-Flo Irrigation. Drip tapes produced by domestic manufacturers are mainly suitable for subsurface laying. Drip tapes, which can be recommended for deep installation, must have a wall thickness of at least 0.4 mm. Due to the high cost; they are less in demand among consumers and are on the list of Uglichsky Polymer Plant LLC.

Библиографический список

1. Щедрин В. Н. и др. Актуальные вопросы развития мелиоративной отрасли и использование водных ресурсов в АПК. Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 4. С. 8-11.
2. Дубенок Н. Н., Ольгаренко Г. В., Калиниченко Р. В. Перспективы и общественная значимость развития мелиорации в Московской области. Мелиорация и водное хозяйство. 2022. № 5. С. 6-11.
3. Абдулгалимов М. М. и др. Совершенствование технологии и техники для укладки внутрипочвенных увлажнителей. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2023. № 2 (70). С. 542-552.
4. Кихаева В. Е., Пешкова В. О., Рамазанов Д. Ш. Особенности возделывания картофеля при дождевании и капельном орошении в сухостепной зоне Поволжского региона. Мелиорация и водное хозяйство. 2023. № 4. С. 14-18.

5. Plauborg F., Motargemi S. K., Nagy D. Zhou Z. Analyzing potato response to subsurface drip irrigation and nitrogen fertigation regimes in a temperate environment using the Daisy mode. *Field Crops Research*. 2022. V. 276. 108367.
6. Karimi B. et al. Modeling moisture redistribution of drip irrigation systems by soil and system parameters: regression-based approaches. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2022. N 36. Pp. 157-172.
7. Орлова С. С. и др. Вероятность появления повреждений и отказов на трубопроводах оросительных систем. Мелиорация и гидротехника. 2023. Т. 13. № 2. С. 109-122.
8. Юрченко И. Ф. Перспективные технологии инновационного орошения. Мелиорация и гидротехника. 2022. Т. 12. № 4. С. 233-245.
9. Абдулмажидов Х. А., Матвеев А. С. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro. Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2016. № 2. С. 40-46.
10. Мартынова Н. Б. Капельное орошение картофеля с применением механизированной укладки капельной ленты. Мелиорация и водное хозяйство. 2021. № 3. С. 26-30.
11. Жалнин Э. В. О фундаментальности земледельческой механики. Вестник федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина". 2017. № 6 (82) С. 10-14.
12. Мартынова Н. Б., Корнеев А. Ю. Машина для укладки капельной ленты в картофельный гребень. *Международный технико-экономический журнал*. 2019. № 2. С. 15-20.

References

1. Shchedrin V. N. et al. Topical Issues of Development of the Land Reclamation Industry and the Use of Water Resources in the Agro-Industrial Complex. *Land reclamation and water management*. 2021. № 4. Pp. 8-11.
2. Dubenok N. N., Olgarenko G. V., Kalinichenko R. V. Prospects and Social Significance of the Development of Land Reclamation in the Moscow Region. *Land reclamation and water management*. 2022. № 5. Pp. 6-11.
3. Abdulgaliyev M. M. et al. Improvement of technology and technique for laying subsoil humidifiers. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2023. № 2 (70). Pp. 542-552.
4. Kizhaeva V. E., Peshkova V. O., Ramazanov D. Sh. Features of potato cultivation in sprinkling and drip irrigation in the dry steppe zone of the Volga region. *Land reclamation and water management*. 2023. № 4. Pp. 14-18.
5. Plauborg F., Motargemi S. K., Nagy D. Zhou Z. Analyzing potato response to subsurface drip irrigation and nitrogen fertigation regimes in a temperate environment using the Daisy mode. *Field Crops Research*. 2022. V. 276. 108367.
6. Karimi B. et al. Modeling moisture redistribution of drip irrigation systems by soil and system parameters: regression-based approaches. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 2022. N 36. Pp. 157-172.
7. Orlova S. S., et al. Probability of Damage and Failures on Irrigation System Pipelines. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2023. Т. 13. № 2. Pp. 109-122.
8. Yurchenko I. F. Promising technologies of innovative irrigation. *Land reclamation and hydraulic engineering*. 2022. V. 12. № 4. Pp. 233-245.
9. Abdulmashidov Kh. A., Matveev A. S. Integrated Design and Strength Calculations of Structures of Nature Engineering Machines in the Inventor Pro System. *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin"*. 2016. № 2. Pp. 40-46.
10. Martynova N. B. Drip irrigation of potatoes with the use of mechanized laying of drip tape. *Land reclamation and water management*. 2021. № 3. Pp. 26-30.
11. Zhalnin E. V. On the Fundamentality of Agricultural Mechanics. *Bulletin of the Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V. P. Goryachkin"*. 2017. № 6 (82) С. 10-14.
12. Martynova N. B., Korneev A. Y. Machine for laying drip tape in a potato comb. *International Technical and Economic Journal*. 2019. № 2. Pp. 15-20.

Информация об авторах

Мартынова Наталья Борисовна, кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, стр. 2), e-mail: yourim2@rambler.ru

Щербakov Алексей Олегович, кандидат технических наук, заведующий отделом, ФГБНУ Федеральный научный центр гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Б. Академическая, 44, стр. 2), e-mail: asher5@yandex.ru

Журавлева Лариса Анатольевна, доктор технических наук, доцент, профессор, ФГБОУ ВО Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Российская Федерация, 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49), e-mail: dfz@yandex.ru

Author's Information

Martynova Natalia Borisovna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 127434, Moscow, B. Akademicheskaya str., 44/2), e-mail: yourim2@rambler.ru

Shcherbakov Alersey Olegovich, Candidate of Engineering Sciences, Head of Department, Federal Scientific Center for Hydraulic Engineering and Melioration named after A. N. Kostyakov (Russian Federation, 127434, Moscow, B. Akademicheskaya str., 44/2), e-mail: asher5@yandex.ru

Zhuravleva Larisa Anatolyevna, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor, Timiryazev Russian State Agrarian University (Moscow State Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev (Russian Federation, 127434, Moscow, Timiryazevskaya str., 49), e-mail: dfz@yandex.ru

THE USE OF THE INTELLIGENT MANAGEMENT SYSTEM BASED ON THE BLOCKCHAIN TECHNOLOGY BY THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX ENTERPRISE¹Miroshnicheko Yu. A., ¹Gamayunov P. P., ²Fomin S. D.¹*Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU)
Saratov, Russian Federation*²*Volgograd State Agrarian University
Volgograd, Russian Federation*

Corresponding author E-mail: juliaaslioness@mail.ru

Received 20.11.2024

Submitted 29.01.2025

Summary

The article presents the results of the implementation of an intelligent management system based on the merging of the blockchain platform at the enterprise. The research results have shown that the integration of such a system into the activities of an agricultural enterprise has a positive effect on the information support of transport logistics. The obtained indicators of the efficiency coefficients of information logistics indicate the optimization of the process of processing and transmitting information in the logistics chain, therefore, intelligent Blockchain-based systems can be recommended for use in enterprises of the agro-industrial complex.

Abstract

Introduction. The conducted study of the main aspects of the activities of agricultural enterprises showed that there are a number of unresolved issues in the organization of logistics processes, in particular, in the processing of information flows, the solution of which would be possible with the introduction of information technologies. Blockchain technology is the latest development designed to embody modern solutions to production problems. **Object.** The object of the study is an enterprise of the agro-industrial complex (AIC) – a poultry processing plant. **Materials and methods.** During the development of the ISU layout, the analysis of scientific articles and research papers in this area was carried out. An assessment of the effectiveness of the activities of the agro-industrial complex enterprise and its employees has been carried out to set research tasks and determine the required properties of the designed ISU. The ISU project was presented and implemented at the enterprise. A general integral indicator of the effectiveness of the solution has been determined. **Results and conclusions.** The paper presents the results of the implementation of an intelligent management system (ISU) based on a blockchain platform and examines the process of its integration at an agricultural enterprise in order to increase the efficiency of the process of transporting agricultural goods, which made it possible to increase the reliability of the logistics chain.

Keywords: intelligent control systems, blockchain, blockchain technologies, artificial intelligence, cargo management.

Citation. Miroshnicheko Yu. A., Gamayunov P. P., Fomin S. D. The use of the intelligent management system based on the Blockchain technology by the agro-industrial complex enterprise. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 455-461 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-49.

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

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

УДК 004:631.145

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ АПК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН¹Мирошниченко Ю. А., кандидат технических наук¹Гамаюнов П. П., доктор технических наук, профессор²Фомин С. Д., доктор технических наук, профессор¹ФГБОУ ВО «Саратовский государственный университет имени Гагарина Ю. А.»

г. Саратов, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ

г. Волгоград, Российская Федерация

Резюме. В статье представлены результаты внедрения на предприятии интеллектуальной системы управления (ИСУ) на базе блокчейн-платформы. Результаты исследований показали, что интеграция подобной системы в деятельность предприятия сельского хозяйства положительно ска-

зывается на информационном обеспечении транспортной логистики. Полученные показатели коэффициентов эффективности информационной логистики свидетельствуют об оптимизации процесса обработки и передачи информации в логистической цепи, следовательно, интеллектуальные системы на базе Блокчейна могут быть рекомендованы к использованию на предприятиях агропромышленного комплекса (АПК).

Актуальность. Проведённое исследование основных аспектов деятельности предприятий сельского хозяйства показало, что имеется ряд незакрытых вопросов в организации логистических процессов, в частности в обработке потоков информации, решение которых стало бы возможно при внедрении информационных технологий. Технология Блокчейн является новейшей разработкой, призванной воплотить современные решения производственных проблем. **Объект.** Объектом исследования является предприятие АПК – птицекомбинат. **Материалы и методы.** При разработке макета ИСУ производился анализ научных статей и научно-исследовательских работ по данному направлению. Проведена оценка эффективности деятельности предприятия АПК и его работников для постановки задач исследования и определения требуемых свойств проектируемой ИСУ. Был представлен проект ИСУ и внедрен на предприятии. Определён общий интегральный показатель эффективности решения. **Результаты и выводы.** В работе представлены результаты внедрения ИСУ на базе блокчейн-платформы и рассмотрен процесс её интеграции на предприятии АПК с целью повышения эффективности процесса перевозки сельскохозяйственных грузов, что позволило повысить надёжность логистической цепи.

Ключевые слова: интеллектуальные системы управления, блокчейн, технологии блокчейн, искусственный интеллект, управление грузоперевозками.

Цитирование. Мирошниченко Ю. А., Гамаюнов П. П., Фомин С. Д. Использование предприятием АПК интеллектуальной системы управления на базе технологии Блокчейн. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 455-461. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-49.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Грузоперевозки являются важнейшим звеном логистической цепи, обеспечивающим повышение показателей экономики и процветание государства. Отдельного исследования заслуживают грузоперевозки по территории РФ, так как необходимо преодолевать значительные территории регионов, при этом расходуя в значительной мере время и средства.

При этом обычно сталкиваются с комплексом вышеперечисленных проблем и, кроме того, с неполадками оборудования (контейнеры и прочие средства для транспортировки продукции следует содержать в исправном состоянии и вовремя менять их). Таким образом, некоторые предприятия агрокомплекса могут потерять клиентуру и доход. Оптимальным решением станет внедрение на предприятии ИСУ.

ИСУ на базе блокчейн-платформы содержит элементы искусственного интеллекта и использует машинное обучение, что позволяет отслеживать поставки в режиме реального времени. Все грузы помечаются специальными датчиками, фиксирующими местонахождение грузовой единицы и её степень сохранности. Диспетчерский центр анализирует поступающую информацию и оперативно реагирует на изменяющиеся условия. Помимо этого, возможности данного вида ИСУ используют для построения оптимальных маршрутов перевозки, так как она собирает данные за предыдущие периоды работы предприятия и строит прогнозы на их основе, учитывая самые разнообразные факторы: дорожные заторы, погодные условия и требования грузополучателя.

Объектом исследования является ООО Саратовский птицекомбинат «Курников».

Рассмотрим СПК «Курников», число сотрудников которого составляет более 600 человек, а общий объем производства продукции – более 35 тыс. тонн в год. Предприятие находится на данном сегменте рынка уже более 22 лет. Также предприятие активно развивает партнёрскую сеть для реализации продукции. Следствием такого подхода является успешность продаж по всей России и странах Таможенного союза: Белоруссии, Киргизии, Казахстане и Армении. Предприятие имеет сеть фирменных торгово-розничных оптовых площадок для реализации продукции и складские мощности, в том числе в крупных городах (рисунок 1).



Рисунок 1 – Сеть фирменных торгово-розничных оптовых площадок и складские мощности СПК «Курников» по городам РФ

Figure 1 – Network of branded trade and retail wholesale sites and warehouse capacities of SEC "Kurnikov" by cities of the Russian Federation

Блокчейн (или blockchain) является распределённой базой данных (децентрализованной), хранящей постоянно пополняющийся перечень сообщений, которые называются «блоками». Данные блоки содержат хэш предыдущего блока и набор транзакций для обеспечения целостности цепи.

Благодаря децентрализации блокчейн функционирует без главного управляющего звена и дополнительных связующих звеньев, основываясь на компромиссе среди элементов цепи. Все участвующие имеют дубликат блокчейна и поддерживают или не поддерживают последующие транзакции на основании заранее установленных алгоритмов [1].

Также используется криптография в целях защиты данных. Блокчейн – это безопасное пространство для фиксации и контроля информации и транзакций. В криптовалюте (например, Bitcoin) широко применяют блокчейн, используя его для тестирования транзакций и учёта там, где необходимо обеспечить безопасное пространство и основанное на доверии сотрудничество сторон [2].

Динамика реализации данных решений показана на рисунке 2.

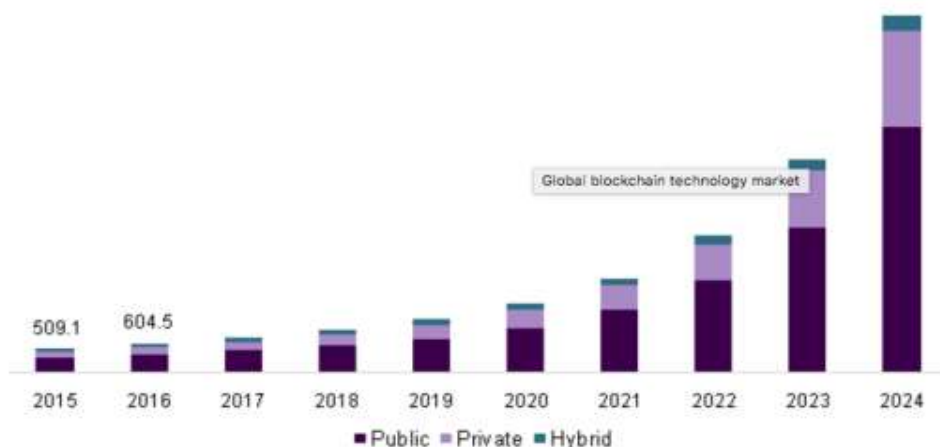


Рисунок 2 – Диаграмма динамики реализации решений на основе технологии Блокчейн

Figure 2 – Diagram of the dynamics of the implementation of solutions based on Blockchain technology

Рассмотрим применение данной технологии на практике.

Использование блокчейна на предприятии АПК СПК «Курников» подразумевает использование определённого его вида. Проведённое исследование показало, более оптимальным решением станет Consortium. Члены консорциума могут работать в различных областях, компаниях или организациях, но их должна объединять заинтересованность в использовании блокчейна с целью повышения эффективности бизнеса, обеспечения надёжности и оптимизации системы. Этот вид блокчейна предоставляет всем присоединившимся пользователям возможность просмотреть данные без возможности корректировки данных. Добавление новых пользователей допускается лишь при согласии уже присутствующих на платформе участников [3-5].

С целью упрощения процедуры реализации платформы на предприятии АПК руководству следует выбирать уже созданные варианты, доказавшие свою результативность. Готовым решением является "Egonum Bitfury", имеющая открытый исходный код, от компании Bitfury, предоставляющая инструментальный и возможности создавать и внедрять персональные решения на базе Блокчейн для всех отраслей производства, создавая единую сеть в соответствии с поставленными задачами.

Интеграция технологии Блокчейн на предприятии АПК целесообразна также с целью отслеживания оборотов в сельском хозяйстве – реализации технологии «от грядки до тарелки». Главным достоинством данной технологии является то, что работники фермерских хозяйств могут отслеживать степень зрелости, температуру и влажность продукции с целью корректировки графика сельскохозяйственных работ и сохранения её полезных свойств и свежести. С целью сохранности информации и обеспечения непрерывного функционирования ИСУ необходима работа как минимум четырех валидаторов. При перевозке грузов необходимо выбирать параметры, оценивающие эффективность информационного обеспечения транспортной логистики [1].

Процесс интеграции технологии Блокчейн на предприятии АПК представлен на рисунке 3.

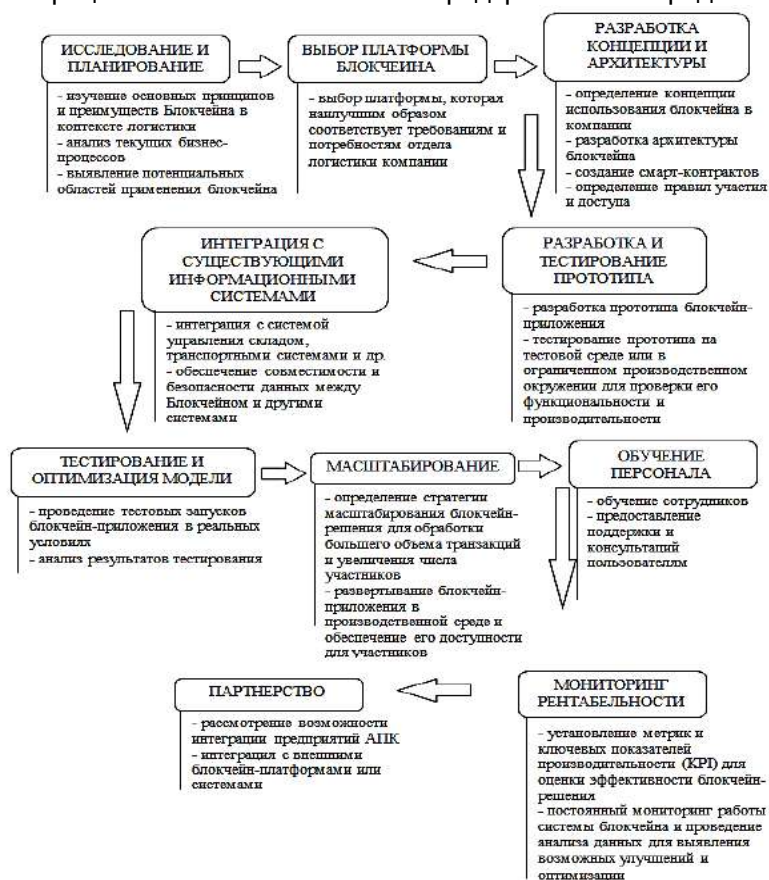


Рисунок 3 – Процесс интеграции технологии Блокчейн на предприятии АПК
Figure 3 – The process of integration of Blockchain technology at an agricultural enterprise

Результаты и обсуждение. Внедрим ИСУ на базе блокчейн-платформы в ООО «СПК «Курников», заранее выявив наличие на предприятии необходимых ресурсов.

При выборе платформы используем современное решение, оснащённое программным ядром, призванным значительно снизить издержки на интеграцию (до 70%) и повысить скорость процесса внедрения блокчейн-платформы. Кроме того, успех реализации концепции предполагает переобучение работников и закупку новой аппаратуры [6-12].

Определим интегральный показатель эффективности информационной логистики в СПК «Курников» до и после внедрения ИСУ. На междугороднем направлении используется около тридцати единиц подвижного состава саратовского филиала компании, время простоя которых по данным расчётов также снизилось на 30% после внедрения ИСУ.

Статистика показала снижение расхода горюче – смазочных материалов (ГСМ) после интеграции ИСУ на базе блокчейн-платформы в деятельность предприятия в пределах от 10 до 21%.

Определим основные показатели работы предприятия АПК до и после проведения рекомендуемых мероприятий (таблица 2):

Таблица 2 – Показатели работы предприятия АПК без ИСУ и после внедрения ИСУ на базе блокчейн-платформы

Table 2 – Performance indicators of an agricultural enterprise without an IMS and after the introduction of an IMS based on a blockchain platform

Показатель / Index	Значение / Meaning	
	Без ИСУ / Without ICS	Внедрили ИСУ / Implemented the IMS
Коэффициент отсутствия ошибок в передаче информации (Ко.ош.инф) / Error Rate	0,82	0,91
Коэффициент оперативности передачи информации (Коп.инф) / Efficiency of information transfer	0,47	0,9
Интегральный коэффициент эффективности процессов информационной логистики (Ки) / Integral coefficient of efficiency of information logistics processes	0,39	0,82
Интегральный коэффициент эффективности процессов транспортной логистики (Кт) / Integral coefficient of efficiency of transport logistics processes	0,63	0,81
Коэффициент своевременности поставки (Ксв.пост) / On-time delivery ratio	0,83	0,92
Коэффициент отсутствия повреждений (Ко.повр) / Zero Damage Rate	0,76	0,88
Общий интегральный показатель эффективности (Эобщ) / Overall Integral Performance Indicator	0,24	0,66

На рисунке 4 представлена диаграмма показателей работы до и после внедрения ИСУ на предприятии АПК.

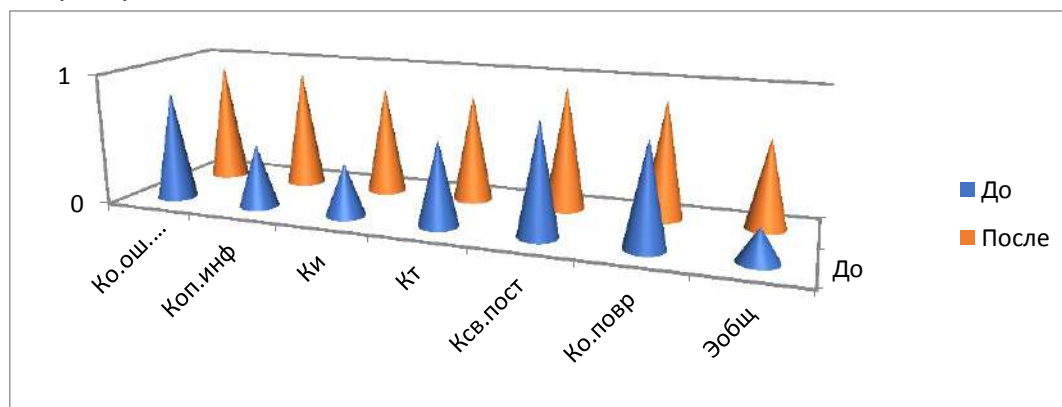


Рисунок 4 – Диаграмма показателей эффективности до и после внедрения ИСУ на предприятии АПК

Figure 4 – Diagram of performance indicators before and after the introduction of the IMS at the agro-industrial complex enterprise

Помимо этого, эффективность работы предприятия повышается за счёт экономии затрат на топливо, ГСМ, сервисное обслуживание и мобильную связь (рисунок 5).

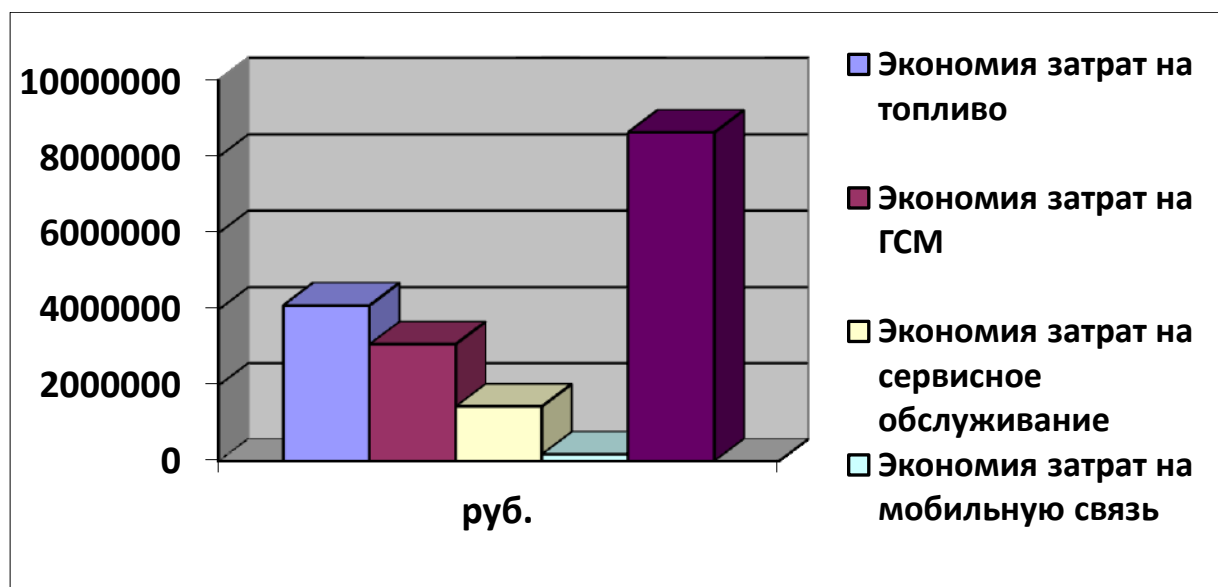


Рисунок 5 – Диаграмма сокращения затрат по различным статьям расходов после проведённых мероприятий

Figure 5 – Diagram of cost reduction for various objects of expenditure after the activities carried out

Выводы. В результате исследования был протестирован прототип ИСУ на базе блокчейн-платформы на предприятии сельского хозяйства (птицекомбинате), а также определён общий интегральный показатель эффективности до и после проведения предложенных мероприятий – разница составила 42%. Полученные результаты подтверждают практическую значимость данных платформ и их перспективность в транспортной логистике. Повышение коэффициента отсутствия ошибок в передаче информации составило 9%, коэффициента оперативности передачи информации и интегрального коэффициента эффективности процессов информационной логистики – 43%, интегрального коэффициента эффективности процессов транспортной логистики – 18%, коэффициента своевременности поставки – на 9%, и коэффициент отсутствия повреждений товара – на 12%.

Следует также обратить внимание на то, что использование ИСУ на базе Блокчейн требует дополнительных вложений и реорганизации в работе компании. Требуется также повысить квалификацию работников организации, согласовать основные принципы работы с посредниками и инвесторами и создать инфраструктуру.

Conclusions. As a result of the study, a prototype of an IMS based on a blockchain platform was tested at an agricultural enterprise (poultry plant), and an overall integral performance indicator was determined before and after the proposed measures – the difference was 42%. The results obtained confirm the practical importance of these platforms and their prospects in transport logistics. The increase in the coefficient of absence of errors in the transfer of information amounted to 9%, the coefficient of efficiency of information transfer and the integral coefficient of efficiency of information logistics processes – 43%, the integral coefficient of efficiency of transport logistics processes – 18%, the coefficient of timely delivery – by 9%, and the coefficient of the absence of damage to goods – by 12%.

It should also be noted that the use of Blockchain-based IMS will require additional investments and reorganization in the company's work. It is also necessary to improve the skills of the organization's employees, agree on the basic principles of working with intermediaries and investors and create infrastructure.

Библиографический список

1. Пшеничников В. В., Бабкин А. В. Электронные деньги как фактор развития цифровой экономики. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 1. С. 32-42.
2. Кочергин Д. А. Место и роль виртуальных валют в современной платежной системе. Вестник СПбГУ. Серия 5: Экономика. 2020. № 1.

3. Епифанова О. Н., Буркальцева Д. Д., Тюлин А. С. Использование технологии блокчейн в государственном секторе. Электронная валюта в свете современных правовых и экономических вызовов: сборник материалов конференций. 2019. С. 88-97. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26554947>.
4. Генкин А. С., Маврина Л. А. Блокчейн плюс «умные» контракты: преимущества применения и возникающие проблемы. Экономика. Бизнес. Банки. 2017. № 2 (19). С. 136-149.
5. Пшеничников В. В., Бабкин А. В. Электронные деньги как фактор развития цифровой экономики. Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2017. Т. 10. № 1. С. 32-42.
6. Trunov A., Zinchenko E. Blockchain in Logistics and Supply Chain: Theory and Applications. Springer. 2020.
7. Li J., Wu S. Blockchain-enabled traceability in food supply chain: A systematic literature review. Computers in Industry. 2020. V. 122. 103303.
8. Tiwari R., Srivastava G. Blockchain in logistics: A systematic review, classification, and future research directions. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2022. V. 157. 102633.
9. Zhang Y., Liu Q., Xu Y., Shang G. Blockchain-based smart contracts in logistics and supply chain management: A comprehensive review. IEEE Access. 2022.
10. Zhou K., Yang S., Su Q. Blockchain in logistics and supply chain management: Current applications, challenges, and future research directions. Journal of Industrial Information Integration. 2021.
11. Iansiti M., Lakhani K. R. The truth about blockchain. Harvard Business Review. 2017. No 95 (1). Pp. 118-127.
12. Chen H., Ning X., Chen S., Li Z. Blockchain-enabled supply chain finance: A systematic literature review and future research directions. International Journal of Production Research. 2021. No 59 (7). Pp. 2065-2088.

References

1. Pshenichnikov V. V., Babkin A. V. Electronic money as a factor in the development of the digital economy. Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State University. Economic sciences. 2017. Vol. 10. No 1. Pp. 32-42.
2. Kochergin D. A. The place and role of virtual currencies in the modern payment system. Bulletin of St. Petersburg State University. Episode 5: Economics. 2020. No.1.
3. Epifanova O. N., Burkaltseva D. D., Tyulin A. S. The use of blockchain technology in the public sector. Electronic currency in the light of modern legal and economic challenges: collection of materials of the International Scientific and Practical Conference. Moscow, 2019. Pp. 88-97. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26554947>.
4. Genkin A. S., Mavrina L. A. Blockchain plus smart contracts: advantages of application and emerging problems. Economics. Business. Banks. 2017. No 2 (19). Pp. 136-149.
5. Pshenichnikov V. V., Babkin A. V. Electronic money as a factor in the development of the digital economy. Scientific and Technical Bulletin of St. Petersburg State University. Economic sciences. 2017. V. 10. No 1. Pp. 32-42.
6. Trunov A., Zinchenko E. Blockchain in Logistics and Supply Chain: Theory and Applications. Springer. 2020.
7. Li J., Wu S. Blockchain-enabled traceability in food supply chain: A systematic literature review. Computers in Industry. 2020. V. 122. 103303.
8. Tiwari R., Srivastava G. Blockchain in logistics: A systematic review, classification, and future research directions. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review. 2022. V. 157. 102633.
9. Zhang Y., Liu Q., Xu Y., Shang G. Blockchain-based smart contracts in logistics and supply chain management: A comprehensive review. IEEE Access. 2022.
10. Zhou K., Yang S., Su Q. Blockchain in logistics and supply chain management: Current applications, challenges, and future research directions. Journal of Industrial Information Integration. 2021.
11. Iansiti M., Lakhani K. R. The truth about blockchain. Harvard Business Review. 2017. No 95 (1). Pp. 118-127.
12. Chen H., Ning X., Chen S., Li Z. Blockchain-enabled supply chain finance: A systematic literature review and future research directions. International Journal of Production Research. 2021. No 59 (7). Pp. 2065-2088.

Информация об авторах

Мирошниченко Юлия Андреевна, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), e-mail: juliaaslioness@mail.ru

Гамаюнов Павел Петрович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А.» (Российская Федерация, 410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77), e-mail: gamaunovv@yandex.ru

Фомин Сергей Денисович, доктор технических наук, профессор, заведующий Центром наукометрического анализа и международных систем индексирования, ФГБОУ ВО Волгоградский ГАУ (Российская Федерация, 400002, Волгоград, проспект Университетский, 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

Author's Information

Miroshnicheko Yulia Andreevna, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU) (Russian Federation, 410054, Saratov, Politechnicheskaya str., 77), e-mail: juliaaslioness@mail.ru

Gamayunov Pavel Petrovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (SSTU) (Russian Federation, 410054, Saratov, Politechnicheskaya str., 77), e-mail: gamaunovv@yandex.ru

Fomin Sergey Denisovich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the Center for Scientometric Analysis and International Indexing Systems, Volgograd State Agrarian University (Russian Federation, 400002, Volgograd, Universitetskiy Ave., 26), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7910-9284>, e-mail: fsd_58@mail.ru

CULTIVATION OF WINTER WHEAT IN MANY YEARS OF EXPERIENCE

^{1,2}Semenikhina Y. A., ^{1,2}Kambulov S. I., ^{1,2}Pakhomov V. I., ^{1,2}Rykov V. B., ²Polushkin O. A.,
^{1,3}Belousov S. V.¹Agrarian Scientific Center "Donskoy"

Zernograd, Russian Federation

²Don State Technical University

Rostov-on-Don, Russian Federation

³Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin
Krasnodar, Russian Federation

Corresponding author E-mail: odejnaya@rambler.ru

Received 29.10.2024

Submitted 24.01.2025

Abstract

Introduction. The main crop that ensures the food security of the population is winter wheat. The productivity of wheat directly depends on the prevailing climatic conditions. On non-irrigated soils, the combination of limiting factors in the process of vegetation of plants has an adverse effect on crop yield and crop quality. In traditional cultivation technology, tillage is based on the classical farming system, which provides for loosening the soil. The zero technology provides for sowing seeds in uncultivated soil. The purpose of the study is to study the technology of winter wheat cultivation in many years of experience and to assess the impact of the main methods of tillage (under the prevailing weather conditions) on its yield. **Materials and methods.** Studies on the cultivation of winter wheat were carried out on ordinary carbonate heavy loamy chernozem. With traditional technology, the main tillage was carried out by surface, shallow and dumps methods. With zero technology, sowing was carried out in uncultivated soil. During the tests, meteorological conditions were taken into account: the amount of precipitation and the average annual air temperature. **Discussions and conclusion.** A deviation of meteorological parameters from the norm was established. It was determined that the cultivation of winter wheat partially took place during the dry period from 2017-2018 to 2021-2022 due to a lack of precipitation and high temperatures. It was revealed that in long-term studies, no-till technology provided the highest yield of winter wheat 6.03 t/ha. In traditional technology, surface and mold-board tillage were inferior to zero tillage by 0.33-1.86% to ensure winter wheat yields, shallow tillage was inferior by 8.08%. After systematizing the maximum and minimum values of wheat yield, it was found that during many years of research, the zero technology provided the highest yield for 5 years, and the traditional one for 4 years. Based on the results of the correlation analysis, it was found that the average annual air temperature had a negative effect on the yield of winter wheat for all methods of tillage $r = -0.80 - -0.60$, and the amount of precipitation had a positive effect $r = 0.43 - 0.57$.

Keywords: winter wheat, wheat cultivation technology, tillage methods, winter wheat yield, no-till technology.**Citation.** Semenikhina Y. A., Kambulov S. I., Pakhomov V. I., Rykov V. B., Polushkin O. A., Belousov S. V. Cultivation of winter wheat in many years of experience. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 462-474 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-50.**Author's contribution.** All the authors of this article took part in the analysis, planning, research and mathematical calculations to justify the theoretical dependencies that reduce the vibrations of the rod using the new technology. The authors reviewed and approved the received version of the article.**Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

УДК 633.11:631.51.01

ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В МНОГОЛЕТНЕМ ОПЫТЕ

^{1,2}Семенихина Ю. А., старший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент
^{1,2}Камбулов С. И., главный научный сотрудник, доктор технических наук, доцент, профессор
^{1,2}Пахомов В. И., директор, доктор технических наук, член-корреспондент РАН
^{1,2}Рыков В. Б., главный научный сотрудник, доктор технических наук, профессор
²Полушкин О. А., доктор технических наук, профессор
^{1,3}Белоусов С. В., младший научный сотрудник, кандидат технических наук, доцент¹ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»

г. Зерноград, Российская Федерация

²ФГБОУ ВО Донской государственный технический университет

г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

³Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина
г. Краснодар, Российская Федерация**Актуальность.** Основной культурой, обеспечивающей продовольственную безопасность населения, является озимая пшеница. Продуктивность пшеницы напрямую зависит от сложившихся климатических условий. На неорошаемых почвах сочетание лимитирующих факторов в процессе

вегетации растений оказывает неблагоприятное влияние на урожайность культуры и качество урожая. В традиционной технологии возделывания обработка почвы базируется на классической системе земледелия, предусматривающей рыхление почвы. В нулевой технологии предусмотрен посев семян в необработанную почву. Цель исследования – изучить технологию возделывания озимой пшеницы в многолетнем опыте и оценить влияние основных способов обработки почвы (при сложившихся метеоусловиях) на её урожайность.

Материалы и методы. Исследования по возделыванию озимой пшеницы провели на чернозёме обыкновенном карбонатном тяжелосуглинистом. При традиционной технологии основную обработку почвы проводили поверхностным, мелким и отвальным способом. При нулевой технологии осуществляли посев в необработанную почву. В ходе испытаний учитывали метеорологические условия: сумму осадков и среднегодовую температуру воздуха.

Обсуждение и выводы. Установили отклонение метеорологических параметров от нормы. Определили, что возделывание озимой пшеницы частично происходило в засушливый период с 2017-2018 гг. по 2021-2022 гг. вследствие недобора осадков и повышенных температур. Выявили, что в многолетних исследованиях нулевая технология обеспечила наибольшую урожайность озимой пшеницы 6,03 т/га. В традиционной технологии поверхностная и отвальная обработки почвы по обеспечению урожайности озимой пшеницы уступали нулевой на 0,33-1,86%, мелкая обработка почвы уступала на 8,08%. После систематизации максимальных и минимальных значений урожайности пшеницы установили, что течение многолетних исследований нулевая технология обеспечивала наибольшую урожайность в течение 5-ти лет, а традиционная в течение 4-х лет. По результатам корреляционного анализа было установлено, что на урожайность озимой пшеницы по всем способам обработок почвы среднегодовая температура воздуха оказала отрицательное влияние $r = -0,80$ – $-0,60$, а суммы осадков положительное $r = 0,43$ – $0,57$.

Ключевые слова: озимая пшеница, технология возделывания пшеницы, способы обработки почвы, урожайность озимой пшеницы, нулевая обработка почвы.

Цитирование. Семенихина Ю. А., Камбулов С. И., Пахомов В. И., Рыков В. Б., Полушкин О. А., Белосов С. В. Возделывание озимой пшеницы в многолетнем опыте. *Известия НВ АУК*. 2025. 1(79). 462-474. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-50.

Авторский вклад. Все авторы данной статьи принимали участие в анализе, планировании, исследовании и математических расчетах, для обоснования теоретических зависимостей снижающих колебания штанги с использованием новой технологии. Авторы ознакомились и одобрили полученный вариант статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Озимая пшеница является ценной культурой, обеспечивающей продовольственную безопасность населения и самодостаточность экономики региона в частности и страны в целом. Уязвимость урожайности озимой пшеницы к климатическим условиям представляет существенную угрозу производительности отечественных сельскохозяйственных предприятий. В ранее проведенных исследованиях по выявлению взаимосвязи между продуктивностью сельскохозяйственных культур и гидротермическими параметрами почвы с учётом климатических условий окружающей среды показывают, что засухи, особенно продолжительные, угнетают физиологическое состояние растений пшеницы, влияют на скорости прохождения фаз вегетации независимо от генетического потенциала сорта [1].

В селекции решаемые задачи значительного наследственного повышения засухоустойчивости озимой пшеницы ограничены канонически сложившимся геноцентрическим подходом и подходами молекулярной генетики [2]. Поэтому пока ученые селекционеры работают над решением задачи по выведению стабильно засухоустойчивых сортов, современному агропроизводителю в условиях богарного земледелия приходится довольствоваться при возделывании озимой пшеницы имеющимися сортами, зарекомендовавшими себя как засухоустойчивые.

В условиях засухи урожайность озимой пшеницы особенно восприимчива к малейшим изменениям климатических условий, высокие температуры вкупе с низкой влажностью существенно снижают продуктивность её посевов [3]. В зависимости от того, на какую фазу вегетации выпадают засушливые условия, страдают формирование продуктивного стеблестоя, снижается количество зёрен в колосе и налив зерна [4, 5].

Тем не менее, генетически засухоустойчивые сорта также подвергаются неблагоприятным факторам окружающей среды. Из чего следует, что урожайность определяется не только генетически обусловленными количественными признаками, но и возникновением системы «генотип растения – окружающая среда». Согласно Драгавцеву В. А. [6], доля

генетической изменчивости в компонентах продуктивности проявляется на уровне 10-20%, в то время как доля экологической изменчивости может достигать 80-90%. Это позволяет предположить, что любой лимитирующий фактор внешней среды может влиять на спектр и количество генов, и как следствие повлиять на конечный результат – урожайность культуры и качество урожая.

Лимитирующих факторов большое разнообразие, а их сочетание в процессе вегетации растений даёт неблагоприятные прогнозы. Наиболее ярко выраженными лимитирующими факторами климатических условий, ограничивающими рост и развитие растений, являются осадки, температура воздуха, влажность воздуха. Особенно остро данные факторы оказывают своё влияние на неорошаемых почвах в засушливом или полузасушливом климате [7, 8].

Для достижения экономической эффективности при разработке оптимальной технологии возделывания культур каждое конкретное хозяйство опирается на имеющиеся материально-технические ресурсы и опыт производства растениеводческой продукции с учётом агроэкологических требований культуры и сорта к условиям произрастания [9, 10, 11, 12].

Технология возделывания сельскохозяйственных культур представляет собой совокупность тесно увязанных агротехнических приёмов, направленных на создание благоприятных условий для роста и развития растений.

Технологический цикл возделывания берёт своё начало с момента освобождения поля от предшественника до уборки урожая включительно. В течение всего цикла осуществляют основную и предпосевную обработку почвы, подготавливают семена к посеву, проводят внесение удобрений и посев, по мере роста и развития растений выполняют уходные работы по борьбе с болезнями и вредителями, с целью поддержания оптимального агрофизического состояния почвы проводят культивацию почвы, одновременно избавляясь от сорных растений, завершается цикл уборкой урожая.

В цикле классической технологии возделывания сельскохозяйственных культур обработка почвы обычно базируется на традиционной системе земледелия, суть которой заключается в регулярной ежегодной обработке почвы. Под регулярностью подразумевается все этапы обработки почвы в течение цикла технологии. Это и лущение стерни, и основная обработка почвы, и предпосевная с уходовой культивацией почвы. Однако главенствующее место в системе земледелия отводится способу основной обработки почвы. Именно основная обработка почвы, подбираемая с учётом возделываемой культуры и предшественника, природно-климатических и почвенных условий, преследует цель формирования благоприятных условий для роста и развития растений за счёт рыхления почвы [13, 14]. Основное рыхление почвы проводят рабочими органами почвообрабатывающей техники, и в зависимости от глубины обработки почвы, конфигурации рабочих органов и способа их воздействия на почву определяется название основного способа обработки почвы. Отсюда основная обработка почвы может быть отвальной или безотвальной, послойной или плоскорезной, поверхностной или мелкой и т.п. Чаще применяют комбинированную обработку почвы, которая позволяет за один проход агрегата провести дифференцированное глубокое рыхление одновременно с мульчированием и уплотнением верхнего слоя почвы.

Преимущество от применения любого основного способа обработки почвы заключается в формировании рыхлой структуры почвы. В обработанном объёме почвы происходят пространственно-временные изменения физико-химических параметров почвы. Почвенные агрегаты, взаимоувязанные послойно, приобретают почвенный скелет с хаотичным распределением в межагрегатном пространстве с макро- и микропорами. В таких условиях процесс термодиффузии способствует длительному сохранению почвенной влаги. При этом сам процесс взаимоувязан с атмосферными явлениями.

В засушливых условиях колебания сезонных, дневных и ночных температур воздуха и почвы определяют величину и направление движения почвенной влаги внутри почвенного пласта в виде почвенного пара [15]. В связи с чем, обработка почвы должна обеспечить движение влаги внутри почвенного пласта и одновременно препятствовать эвапотранспирации. Наличие мульчирующего слоя на поверхности почвы из пожнивных остатков способствует влагонакоплению, что особо важно для регионов с засушливым климатом. В обработанной почве снижаются плотность и твёрдость почвы, полностью или частично гибнет сорная растительность.

В целом, засушливый климат, недостаточное и неустойчивое увлажнение в период вегетации растений побуждают поиск новых решений при возделывании сельскохозяйственных культур, направленных на ресурсосбережение, особенно такого ресурса, как почвенная влага, которая в основе своей является лимитирующим фактором.

В связи с чем, в последнее три десятилетия в России стал приобретать популярность новый подход к возделыванию сельскохозяйственных культур с уклоном на ресурсосбережение в сочетании с экономической эффективностью технологии возделывания.

Такой подход при возделывании сельскохозяйственных культур подразумевает «нулевую» обработку почвы. Данный вид обработки представляет такой агротехнический приём, при котором полный цикл технологии возделывания сельскохозяйственных культур проходит без предварительной основной обработки почвы (т.е. полностью исключается любое рыхление почвы. Прямой посев семян проводят в необработанную почву посредством специальных посевных агрегатов, снабжённых дисковыми сошниками с колтерами. Если в технологии возделывания нулевую обработку почвы применяют в течение длительного времени (4 и более лет) [16], то такую технологию возделывания сельскохозяйственных культур квалифицируют как нулевую (технология No till). Преимущество данной технологии заключается в снижении эрозионных процессов почвы и влагосбережения за счёт сохранения растительных остатков (стерни) на поверхности поля от предыдущей культуры, а также в снижении затрат и сокращении рабочего времени за счёт прямого посева [17, 18].

Кроме того, бытует мнение, что долгосрочное применение нулевой технологии приводит к восстановлению плодородия почвы за счёт снижения её деградации вследствие ветровой и водной эрозии, поскольку агрономически ценные почвенные агрегаты остаются сохранными под покровом растительных остатков. При этом повышается биологическая активность почвы в результате стабильности её структуры. В такой почве наблюдается эффективная инфильтрация воды в нижние слои, что способствует накоплению почвенной влаги, а её сохранению способствует покров из слоя пожнивных остатков. В данной технологии борьба с сорняками механическим способом заменена на борьбу химическими средствами – гербицидами [19]. А способ механического рыхления заменён на грамотный севооборот культур, в котором чередуются культуры со стержневой и мочковатой корневой системами, способствующие биологическому саморыхлению почвенных слоёв [20].

Обобщая вышесказанное, следует, что производство озимой пшеницы в засушливых условиях с недостаточным и неустойчивым увлажнением является трудоёмким процессом, сопряжённым с рисками, зависящими от погодно-климатических условий каждого года.

Известно, что результирующим показателем любой технологии возделывания сельскохозяйственных культур является урожайность. Когда урожайность культур держится на стабильно высоком уровне с высокими качественно-технологическими показателями продукции, то говорят об эффективном применении технологии возделывания, которую смогли приспособить под агроклиматический потенциал конкретного агроландшафта.

Определить закономерности повышения урожайности и качества сельскохозяйственной продукции нельзя иначе, нежели чем при проведении длительных экспериментальных исследований в реальных почвенно-климатических условиях. Только в результате полевого эксперимента можно установить связь между изучаемыми свойствами культур и средствами воздействия на них, так как существует ряд вопросов, которые вообще не могут быть изучены за границами полевого опыта. К этим вопросам можно отнести системы обработки почвы и ухода за растениями, севооборот, применение удобрений и др.

Эффективность производства озимой пшеницы во многом зависит от адаптации технологии возделывания к почвенно-климатическим условиям. Результативность адаптации технологии возделывания рационально выявлять в длительных полевых опытах, когда пролонгированность экспериментальных исследований позволяет набирать весомую информационную базу сведений, которые представляют научный интерес и практическую значимость.

Основные акценты в технологии возделывания озимой пшеницы в условиях длительного полевого опыта делают на изучении основных способов обработки почвы, подготавливающих почву в качестве основного агрофона к посеву, различающихся по глубине и виду обработки с применяемым агрегатом в имеющихся почвенно-климатических условиях каждого отдельного сельскохозяйственного года исследования.

Цель исследования – изучить технологии возделывания озимой пшеницы в многолетнем опыте и оценить влияние основных способов обработки почвы (при сложившихся метеоусловиях) на её урожайность.

Материалы и методы. Для изучения традиционной и нулевой технологий возделывания, а также влияния способов обработки почвы на урожайность озимой пшеницы был заложен технологический опыт на полях «Аграрного научного центра «Донской» (Ростовская область, город Зерноград) с 2013 по 2022 гг.

Закладка полевого стационарного многолетнего опыта и формирование фиксированных деланочных площадей была проведена в 2013. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый. Содержание в пахотном слое почвы гумуса – 3,2 %, P_2O_5 – 19,–25,1 мг/кг, K_2O – 334-339 мг/кг почвы, pH – 7,1.

Схема стационарного опыта представлена на рис. 1. Севооборот четырёхпольный: озимая пшеница, яровой ячмень, горох и соя. Общая площадь всех опытных деланок составляет 4,3 га, а размеры каждой деланки 20×90 м.

Традиционная технология										Нулевая технология								
Повторность 1			Повторность 2			Повторность 3				Повторность 1			Повторность 2			Повторность 3		
Горох (Б7Т, УНС-3)			Горох (Б7Т, КАО-2)			Горох (Б7Т, ПН-5-35)				Горох			Горох			Горох		
Яровой ячмень (Б7Т, УНС-3)			Яровой ячмень (Б7Т, КАО-2)			Яровой ячмень (Б7Т, ПН-5-35)				Яровой ячмень			Яровой ячмень			Яровой ячмень		
Озимая пшеница (Б7Т)			Озимая пшеница (Б7Т, КУМ-4)			Озимая пшеница (Б7Т, ПН-5-35)				Озимая пшеница			Озимая пшеница			Озимая пшеница		
Соя (Б7Т, УНС-3)			Соя (Б7Т, КАО-2)			Соя (Б7Т, ПН-5-35)				Соя			Соя			Соя		

Рисунок 1 – Схема стационарного опыта
Figure 1 – Scheme of the stationary experiment

В традиционной технологии опирались на классическую систему земледелия, поэтому были выбраны три варианта основного способа обработки почвы, обеспечивших агрофоны для возделывания пшеницы: поверхностный способ с применением бороны дисковой тяжёлой Б7Т (разработчик ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»», мелкий способ с применением комбинированного агрегата – КУМ-4 (разработчик ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской»»), отвальный способ или классическая вспашка с применением серийного плуга – ПН-5-35. В нулевой технологии (No Till) посев озимой пшеницы проводили сеялкой прямого посева «Дон 114» (равно как и в традиционной технологии).

В варианте опыта с применением поверхностной обработки почвы (боронование) почвообрабатывающий агрегат Б7Т (рисунок 2) использовали в два следа, затем проводили предпосевную культивацию.

Рабочими органами агрегата Б7Т являются дисковые батареи, расположенные в два ряда поочерёдно с регулируемым углом атаки. Агрегат Б7Т осуществляет одну почвообрабатывающую операцию поверхностного рыхления почвы. Технологический процесс обработки почвы состоит из операции боронования на глубину до 10 см. Рабочие органы представлены сплошными сферическими дисками. При прохождении по полю диски вырезают почвенные пласты в виде стружки, оставляя после себя желобчатое дно. Одновременно с этим подрезается корневая система сорной растительности и растительные остатки после предыдущей культуры. Успешно диски справляются и с крошением глыб при использовании агрегата Б7Т для боронования поля после глубокой обработки почвы.



Рисунок 2 – Борона дисковая тяжелая для поверхностной обработки почвы Б7Т
Figure 2 – Heavy disc harrow for surface tillage B7T

В варианте опыта для подготовки агрофона с комбинированной мелкой обработкой почвы применяли комбинированный почвообрабатывающий агрегат КУМ-4 (рисунок 3) в один след, а перед посевом озимой пшеницы проводили предпосевную культивацию.



Рисунок 3 – Комбинированный агрегат для мелкой обработки почвы КУМ-4
Figure 3 – Combined unit for shallow tillage KUM-4

Агрегат КУМ-4 за один проход по полю совмещал операции мелкой послойной обработки на глубину до 16 см с одновременным подрезанием сорных растений, крошением глыб, выравниванием, уплотнением и мульчированием поверхностного слоя почвы. Это многооперационный агрегат, рабочими органами которого являются сферические дисковые батареи, вслед за ними расположены стрельчатые лапы, затем расположены катки рыхлители и в завершении расположен мульчирующий каток. Технологический процесс обработки почвы комбинированного агрегата КУМ-4 состоит из нескольких операций выполняемых одновременно. Рабочие органы в виде батареи дисков, расположенных первыми на раме агрегата, рыхлят почву на глубину 6-7 см, измельчают растительные остатки

стерни и уничтожают сорняки. В этот же момент формируется сеть трещин в нижележащих почвенных горизонтах, нарушающих монолитность почвенного пласта. За дисковыми батареями расположены плоскорежущие рабочие органы в виде лап шириной захвата 400 мм каждая, которые рыхлят почву на установленную глубину до 14-16 см. В результате их работы происходит подрезание корневой системы сорняков и рыхление слоя почвы с уже заложёнными трещинами до требуемой глубины и формирование ровного дна борозды с сепарацией пылевидных почвенных частиц и ценных почвенных агрегатов на дно борозды. В результате чего сохраняется плодородный слой почвы, значительно снижаются эрозионные процессы. Вслед за плоскорежущими лапами вступает в работу каток-комкователь-уплотнитель, обеспечивающий измельчение оставшихся крупных почвенных комков на поверхности поля и формирует подуплотнение обработанного слоя. Завершающую технологическую операцию агрегата КУМ-4 совершает мульчирующий каток. В его задачу входит формирование уплотнённого посевного ложа для семян с одновременным мульчированием уплотнённого верхнего слоя почвы. Использование комбинированного агрегата КУМ-4 позволяет за один проход довести почву до предпосевного состояния. Чередование рыхлых и уплотнённых слоёв с отсепарированной почвой обеспечивает сохранение почвенной влаги, а также способствует накоплению влаги путём конденсации в засушливый период.

В варианте опыта для подготовки агрофона с отвальным способом обработки почвы плугом ПН5-35 (рисунок 5) проводили на глубину 22 см непосредственно после уборки предшествующей культуры. Впоследствии, перед посевом проводили культивацию почвы на глубину посева семян, в результате чего формировалась рыхлая почвенная структура, удалялись проросшие сорняки, и формировалось уплотнённое почвенное ложе под семена.



Рисунок 5 – Плуг для отвальной вспашки ПН-5-35
Figure 5 – Plough for moldboard ploughing PN-5-35

В варианте опыта с нулевой технологией No Till воздействие на почву было однократным и происходило во время посева. Основное воздействие на почву оказывала сошниковая группа сеялки «Дон 114» (рисунок 6). За один проход сеялки осуществлялись технологические операции обработки почвы и посева. Впереди идущие колтеры прорезали пожнивные остатки, тем самым создавая борозду и микрообработку почвы. Вслед идущие за колтером двухдисковые сошники укладывали на установленную глубину семена, а хвостовик-пакователь прижимал их ко дну борозды. В последующем борозду закрывали двойные укрывающие колёса трапецевидной формы.



Рисунок 6 – Сеялка для прямого посева «Дон 114»

Figure 6 – Seeder for direct seeding "Don 114"

В течение многолетних наблюдений учитывали метеорологические параметры каждого сельскохозяйственного года в период вегетации озимой пшеницы, которые включали среднегодовую температуру воздуха и сумму осадков за год.

Полевые и лабораторные исследования выполняли в соответствии с Методикой государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур [21]. Для выявления биологической урожайности озимой пшеницы снопы растений с учётной делянки отбирали в четырёхкратной повторности

Результаты и обсуждение. В течение многолетних полевых исследований вели наблюдения за метеорологическими параметрами. В таблице 1 представлены отклонения среднегодовой температуры воздуха и суммы осадков от установленной нормы каждого параметра.

Таблица 1 – Отклонения метеорологических параметров в течение сельскохозяйственного года

Table 1 – Deviations of meteorological parameters during the agricultural year

Отклонения / Deviation	Норма за год / Norm for the year	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	2021- 2022
От ср. год. темпе- ратуры, °C / From the middle year temperature, °C	9,6	0,8	0,7	2,7	0,3	2,2	1,9	2,3	2,0	1,9
От нормы осадков, мм / From the norm of precipitation, mm	582,4	-10,5	17,9	76,5	-4,3	-136,3	-71,8	-130,6	-39,9	-52,6

В результате анализа метеорологических параметров было установлено, что температурный режим каждого сельскохозяйственного года превышал среднегодовую норму. Максимальные превышения температуры воздуха на 1,9-2,3 °C были в 2015-2016 с.-х. году и в течение последних 5-ти лет исследований (с 2017-2018 по 2021-2022 с.-х. годы).

Существенный недобор осадков отмечен в те же последние 5 лет исследований. Зарегистрированы были года с весомым дефицитом осадков 136,3 мм и 130,6 мм соответственно 2017-2018 с.-х год и 2019-2020 с.-х. год.

В результате анализа выявленных отклонений среднегодовой температуры и суммы осадков от нормы было установлено, что период исследований с 2017 по 2022 год можно отнести к крайне засушливому вследствие сочетания высоких температур воздуха и недобора осадков.

За девять сельскохозяйственных лет возделывания озимой пшеницы состоялись две полноценные ротации севооборота. В зависимости от способа обработки почвы для подготовки агрофона, заложенного в технологию возделывания, получили урожайность озимой пшеницы, которая отражена в таблице 2.

Таблица 2 – Урожайность озимой пшеницы в зависимости от способа обработки почвы, т/га
Table 2 – Winter wheat yield depending on the method of tillage, t/ha

Способ обработки почвы / Method of tillage	Годы / Years										Отклонение / Deviation	
	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Среднее	%	т/га
Поверхностная / Surface	5,76	7,35	5,96	9,59	3,08	5,64	4,42	4,74	7,59	6,01	99,67	-0,02
Мелкая / Shallow tillage	5,70	7,12	4,38	8,03	2,7	6,05	4,15	4,81	6,98	5,55	91,92	-0,49
Отвальная / Moldboard tillage	5,58	6,71	5,79	8,56	3,06	6,41	4,58	4,99	7,62	5,92	98,14	-0,11
Нулевая / No tillage	6,18	7,52	4,72	9,91	2,62	5,57	5,14	5,44	7,21	6,03	-	-

В результате анализа данных таблицы 2 было установлено, что за 9 лет исследований наибольшую урожайность озимой пшеницы – 6,03 т/га обеспечила нулевая обработка почвы в технологии No Till. Это при том, что поверхностная и отвальная обработки почвы по обеспечению урожайности озимой пшеницы уступали лишь на 0,33-1,86%, что позволяет их рассматривать равноценно с нулевой обработкой почвой. Самая низкая урожайность 5,55 т/га была установлена при мелкой обработке почвы и на 8,08% уступала нулевой.

Анализируя урожайность озимой пшеницы на различных агрофонах за каждый сельскохозяйственный год и метеорологические условия за вегетационный период озимой пшеницы, определили, что не каждый засушливый год приводит к низкой урожайности, и не каждый дождливый год обеспечивает высокую урожайность. Однако, не вызывает сомнений тот факт, что управлять урожайностью возможно посредством внедрения того или иного способа обработки почвы, который при основной подготовке агрофона провоцировал бы накопление почвенной влаги в период осадков и её сохранение в период засухи, а также через оструктуренность пахотного слоя, оптимизировал для растений условия потребления почвенной влаги.

По результатам многолетних наблюдений по влиянию способа обработки почвы на урожайности озимой пшеницы провели оценку и выделили по годам те способы обработки, которые обеспечили минимальную и максимальную урожайность. Систематизированные таким образом данные приведены в таблице 3.

Анализ таблицы 3 выявил, что за девятилетний период наблюдений мелкий способ обработки почвы 4 года обеспечивал самую низкую урожайность и ни одного года не обеспечивал высокой урожайности, на агрофоне с отвальной обработкой почвы 2 года получали низкую урожайность и 2 года – высокую урожайность, агрофон с нулевой обработкой почвы обеспечивал низкую урожайность в течение 2 лет, а высокую урожайность в течение 5 лет, на агрофоне с поверхностной обработкой почвы низкую урожайность получили в течение 1 года, а высокую – в течение 2 лет.

В засушливых условиях с 2017-2018 по 2021-2022 с.-х. годы нулевая технология с прямым посевом дважды подряд обеспечивала высокую урожайность озимой пшеницы 5,14 т/га и 5,44 т/га в 2020 г и в 2021 г соответственно, и дважды подряд низкую урожайность 2,62 т/га и 5,57 т/га в 2018 г и 2019 г соответственно.

Таблица 3 – Систематизация урожайности озимой пшеницы, в зависимости от способов обработки почвы
Table 3 – Systematization of winter wheat yield, depending on the methods of tillage

Способ Обработки / Method of tillage	Сельскохозяйственный год / Agricultural year									Итого, лет / Total, years
	2013- 2014	2014- 2015	2015- 2016	2016- 2017	2017- 2018	2018- 2019	2019- 2020	2020- 2021	2021- 2022	
Минимальная урожайность, т/га / Minimum yield, t/ha										
Поверх- ностный / Surface tillage								4,74		1
Мелкий / Shallow tillage method			4,38	8,03			4,15		6,98	4
Отвальный / Moldboard method of tillage	5,58	6,71								2
Нулевой / No till					2,62	5,57				2
Максимальная урожайность, т/га / Maximum yield, t/ha										
Поверх- ностный / Surface tillage			5,96		3,08					2
Мелкий / Shallow tillage method										0
Отвальный / Moldboard method of tillage						6,41			7,62	2
Нулевой / No till	6,18	7,52		9,91			5,14	5,44		5

В традиционной технологии возделывания при классической системе земледелия высокую урожайность получили на агрофоне с отвальным способом обработки 6,41 т/га и 7,62 т/га в 2019 и 2022 гг. соответственно и на агрофоне с поверхностным способом обработки 3,08 т/га в 2018 г. Низкую урожайность 4,15 т/га и 6,98 т/га в традиционной технологии возделывания получили на агрофоне с поверхностной обработкой почвы в 2020 г. и в 2022 г. соответственно, и на агрофоне с поверхностной обработкой – 4,74 в 2021 г.

Проведённый корреляционный анализ между суммой осадков за вегетационный период озимой пшеницы и её урожайностью на агрофонах, подготовленных различными способами обработки почвы выявил высокую положительную взаимосвязь у вариантов с поверхностной и отвальной обработками почвы $r=0,57$ и $r=0,52$ соответственно и среднюю положительную у вариантов с мелкой и нулевой обработками почвы $r=0,45$ и $r=0,43$ соответственно.

Наиболее сильное отрицательное влияние на урожайность озимой пшеницы за многолетний период наблюдений оказала среднегодовая температура воздуха, поскольку значение коэффициента корреляции для агрофона с нулевой обработкой почвы было $r = -0,80$, а на агрофонах с поверхностной, мелкой и отвальной обработками почвы коэффициент корреляции составил $r = -0,70$, $r = -0,76$, $r = -0,60$ соответственно.

В целом, общая тенденция изменения урожайности озимой пшеницы за многолетний период наблюдений выявила её зависимость от основного способа обработки при сложившихся метеорологических условиях. В засушливых условиях с 2017 по 2022 сельскохозяйственные годы максимальную урожайность получали по нулевой технологии и по традиционной технологии с отвальной обработкой почвы.

Выводы. На основании проведенных исследований было выявлено следующее: в многолетних исследованиях нулевая технология обеспечила наибольшую урожайность озимой пшеницы 6,03 т/га. В традиционной технологии поверхностная и отвальная обработки почвы по обеспечению урожайности озимой пшеницы уступали нулевой на 0,33-1,86%, мелкая обработка почвы уступала на 8,08%. После систематизации максимальных и минимальных значений урожайности пшеницы установили, что течение многолетних исследований нулевая технология обеспечивала наибольшую урожайность в течение 5-ти лет, а традиционная в течение 4-х лет. Корреляционный анализ выявил отрицательное влияние среднегодовой температуры воздуха на урожайность озимой пшеницы для всех агрофонов $r = -0,80 - -0,60$. Среднее положительное влияние на урожайность озимой пшеницы оказала сумма осадков для всех агрофонах и $r=0,43 - 0,57$.

Conclusions. Based on the conducted research, the following was revealed: in long-term studies, zero technology provided the highest yield of winter wheat of 6.03 t/ha. In traditional technology, surface and dump tillage to ensure the yield of winter wheat was inferior to zero by 0.33-1.86%, shallow tillage was inferior by 8.08%. After systematization of the maximum and minimum values of wheat yield, it was established that during many years of research, the zero technology provided the highest yield for 5 years, and the traditional one for 4 years. The correlation analysis revealed a negative effect of the average annual air temperature on the yield of winter wheat for all agricultural ranges $r = -0.80 - -0.60$. The average positive effect on the yield of winter wheat was provided by the amount of precipitation for all agricultural zones and $r=0.43 - 0.57$.

Библиографический список

1. Hussain J., Khaliq T., Ahmad A. et al. Wheat Responses to Climate Change and Its Adaptations: A Focus on Arid and Semi-arid Environment. *Int. J. Environ. Res.* 2018. N 12. Pp. 117-126.
2. Драгавцев В. А., Михайленко И. М., Проскуряков М. А. Неканонический подход к решению задачи наследственного повышения засухоустойчивости у растений (на примере хлебных злаков). *Сельскохозяйственная биология*. 2017. Т. 52. N 3. С. 487-500.
3. Лиховидова В. А., Газе В. Л., Ионова Е. В., Марченко Д. М. Влияние почвенной и воздушной засухи на развитие корневой системы сортов и линий озимой мягкой пшеницы. *Зерновое хозяйство России*. 2018. N 4. С. 39-42.
4. Письменная Е. В., Азарова М. Ю. Влияние почвенно-климатических условий на урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны Ставропольского края. *Наука и Образование*. 2019. Т. 2. N 4. С. 135.
5. Письменная Е. В., Азарова М. Ю., Беляева А. А. Влияние погодно-климатических условий на фенологические показатели и продуктивность озимой пшеницы, возделываемой по технологии прямого посева в засушливой зоне Ставропольского края. *Аграрный научный журнал*. 2021. N 6. С. 21-26.
6. Драгавцев В. А. Решения технологических задач селекционного повышения урожаев, вытекающие из Теории эколого-генетической организации количественных признаков. *АгроФорум*. 2019. N 1. С. 64-71.
7. Волкова Е. И. Связь урожайности с тепловлагообеспеченностью по фазам развития сельскохозяйственных культур. *Мелиорация переувлажненных земель*. 2006. N 2 (56). С. 85-93.
8. Pramani P., Chakrabarti B., Bhatia A., Singh S., Maity A., Aggarwal P., Krishnan P. Effect of Elevated Temperature on Soil Hydrothermal Regimes and Growth of Wheat Crop. *Environ. Monit. Assess.* 2018. N 190 (4). P. 217.
9. Меданова К. В. Совершенствование ресурсного обеспечения отрасли растениеводства в условиях неустойчивости сельскохозяйственного землепользования. *Электронный научный журнал «Век качества»*. 2023. N 4. С. 110-126.
10. Моргачев В. В. Формирование эффективного механизма материально-технического обеспечения сельскохозяйственных товаропроизводителей. *Экономика и предпринимательство*. 2016. N 10 (2). С. 205-210.
11. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. N 5. С. 617-626.
12. Lachuga Y., Akhalaya B., Shogenov Y., Meskhi B., Rudoy D. Tillage Device of Precision Processing with Pulsed Blows of Compressed Air. *Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS)*. Springer, 2023. V. 510. Pp. 1897-1904.
13. Кравченко Р. В., Прохода В. И., Лучинский С. И., Архипенко А. А. Влияние основной обработки почвы под озимую пшеницу на формирование ее продуктивности. *Научный журнал КубГАУ*. 2021. N 169. С. 124-132.
14. Semenikhina Y. A., Kambulov S., Podlesniy D. et al. The efficiency of the system tillage during of the cultivation crops. *E3S Web of Conferences*. 2021. 273 p.
15. Kribaa M., Hallaire V., Curmi P., Lahmar R. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil and Tillage Research*. 2001. N 60. Pp. 43-53.
16. Иванов А. Л., Кулинцев В. В., Дригидер В. К., Белобров В. П. О целесообразности освоения системы прямого посева на черноземах России. *Достижения науки и техники АПК*. 2021. Т. 35. N 4. С. 8-16.

17. Красавин Д. Е. Томашова О. Л., Рудой Д. В. Основные преимущества технологии прямого посева no-till в сравнении с традиционной технологией обработки почвы. Инновационные технологии в науке и образовании: сборник научных трудов VIII Международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону: ООО "ДГТУ-ПРИНТ", 2020. С. 444-446.
18. Гармашов В. М., Гармашова Л. В. Биологическая активность чернозема обыкновенного при освоении технологии No-till. Международный научно-исследовательский журнал. 2020. N 12-1 (102). С. 131-135.
19. Немченко В. В., Филиппов А. С., Заргарян А. М. Применение общеистребительных гербицидов при минимальной и нулевой технологиях возделывания зерновых культур. Защита и карантин растений. 2015. N 11. С. 22-24.
20. Бакиров Ф. Г., Петрова Г. В. Эффективность технологии No-till на чернозёмах южных оренбургского Предуралья. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2014. № 1 (45). С. 23-26.
21. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: ООО "Группа компаний Море", 2019. Вып. 1. 384 с.

References

1. Hussain J., Khaliq T., Ahmad A. et al. Wheat Responses to Climate Change and Its Adaptations: A Focus on Arid and Semi-arid Environment. *Int. J. Environ. Res.* 2018. N 12. Pp. 117-126.
2. Dragavcev V. A., Mihajlenko I. M., Proskuryakov M. A. A non-canonical approach to solving the problem of heritable increase of drought tolerance in plants (on the example of bread cereals). *Agricultural Biology*. 2017. V. 52. N 3. Pp. 487-500.
3. Lihovidova V. A., Gaze V. L., Ionova E. V., Marchenko D. M. The effect of soil and air drought on root system development of winter soft wheat varieties and lines. *Grain farming in Russia*. 2018. N 4. Pp. 39-42.
4. Pismennaya E. V., Azarova M. Y. Influence of soil and climatic conditions on the yield of winter wheat in the conditions of the arid zone of the Stavropol Territory. *Science & Education*. 2019. V. 2. N 4. P. 135.
5. Pismennaya E. V., Azarova M. Y., Belyaeva A. A. Influence of weather and climatic conditions on phenological indicators and productivity of winter wheat cultivated by direct sowing technology in the arid zone of Stavropol Territory. *Agrarian Scientific Journal*. 2021. N 6. Pp. 21-26.
6. Dragavcev V. A. Solutions of technological problems of breeding yield increase arising from the Theory of ecological and genetic organisation of quantitative traits. *AgroForum*. 2019. N 1. Pp. 64-71.
7. Volkova E. I. Relation of crop yield with heat and moisture availability by phases of crop development. *Reclamation of waterlogged lands*. 2006. N 2 (56). Pp. 85-93.
8. Pramani P., Chakrabart B., Bhatia A., Singh S., Maity A., Aggarwal P., Krishnan P. Effect of Elevated Temperature on Soil Hydrothermal Regimes and Growth of Wheat Crop. *Environ. Monit. Assess.* 2018. N 190 (4). P. 217.
9. Medanova K. V. Medanova K. V. Perfection of resource provision of crop production industry in conditions of instability of agricultural land use. *Electronic scientific journal "Century of Quality"*. 2023. N 4. Pp. 110-126.
10. Morgachev V. V. Formation of an effective mechanism of material and technical support of agricultural commodity producers. *Economics and Entrepreneurship*. 2016. N 10 (2). Pp. 205-210.
11. Rybas I. A. Increase of adaptability in breeding of grain crops (review). *Agricultural Biology*. 2016. V. 51. N 5. Pp. 617-626.
12. Lachuga Y., Akhalaya B., Shogenov Y., Meskhi B., Rudoy D. Tillage Device of Precision Processing with Pulsed Blows of Compressed Air. *Lecture Notes in Networks and Systems book series (LNNS)*. Springer, 2023. V. 510. Pp. 1897-1904.
13. Kravchenko R. V., Prohoda V. I., Luchinskij S. I., Arhipenko A. A. Influence of basic tillage under winter wheat on the formation of its productivity. *Scientific journal of KubSAU*. 2021. N 169. Pp. 124-132.
14. Semenikhina Y. A., Kambulov S., Podlesniy D. et al. The efficiency of the system tillage during of the cultivation crops. *E3S Web of Conferences*. 2021. 273 p.
15. Kribaa M., Hallaire V., Curmi P., Lahmar R. Effect of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of a soil in a semi-arid climate. *Soil and Tillage Research*. 2001. N 60. Pp. 43-53.
16. Ivanov A. L., Kulincev V. V., Dridiger V. K., Belobrov V. P. About the expediency of development of direct sowing system on chernozems of Russia. *Achievements of science and technology in the agro-industrial complex*. 2021. V. 35. N 4. Pp. 8-16.
17. Krasavin D. E., Tomashova O. L., Rudoy D. V. Main advantages of no-till direct seeding technology in comparison with traditional tillage technology. *Innovative Technologies in Science and Education: Collection of Scientific Papers of the VIII International Scientific and Practical Conference*. Rostov-on-Don: DGTU-PRINT LLC, 2020. Pp. 444-446.
18. Garmashov V. M., Garmashova L. V. Biological activity of ordinary chernozem at development of No-till technology. *International Research Journal*. 2020. N 12-1 (102). Pp. 131-135.
19. Nemchenko V. V., Filippov A. S., Zargaryan A. M. Application of general exterminating herbicides at minimum and zero technologies of grain crops cultivation. *Plant protection and quarantine*. 2015. N 11. Pp. 22-24.
20. Bakirov F. G., Petrova G. V. Effectiveness of No-till technology on southern chernozems of the Orenburg Urals. *Proceedings of the Orenburg State Agrarian University*. 2014. № 1 (45). Pp. 23-26.
21. Methods of state varietal testing of agricultural crops. Moscow: Group of Companies "More", 2019. Vol. 1. 384 p.

Информация об авторах

Семенихина Юлия Александровна, старший научный сотрудник лаборатории, кандидат технических наук, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3), доцент ФГБОУ «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1), <https://orcid.org/0000-0003-1088-2425>, e-mail: semenixina1982@mail.ru

Камбулов Сергей Иванович, главный научный сотрудник лаборатории, доктор технических наук, доцент, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3), профессор ФГБОУ «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1), <https://orcid.org/0000-0001-8712-1478>, e-mail: kambulov.s@mail.ru

Пахомов Виктор Иванович, директор ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3), доктор технических наук, член-корреспондент РАН, заведующий кафедрой, ФГБОУ «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1), <https://orcid.org/0000-0002-8715-0655>, e-mail: v.i.pakhomov@mail.ru

Рыков Виктор Борисович, главный научный сотрудник лаборатории, доктор технических наук, доцент, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (Российская Федерация, 347740, Ростовская область, г. Зерноград, Научный городок, 3), профессор, ФГБОУ «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1), <https://orcid.org/0000-0003-1358-9312>, e-mail: rykovvb@mail.ru

Полушкин Олег Алексеевич, профессор, доктор технических наук, ФГБОУ «Донской государственный технический университет» (Российская Федерация, 344003, г. Ростов-на-Дону, площадь Гагарина, 1), <https://orcid.org/0000-0002-4070-8121>, e-mail: polushckinol@yandex.ru

Белюсов Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент, Кубанский государственный аграрный университет им. И. Т. Трубилина (Российская Федерация, 350044, г. Краснодар ул. им. Калинина, 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>, e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

Author's Information

Semenikhina Yulia Aleksandrovna, Senior Researcher, Candidate of Engineering Sciences, Agrarian Scientific Center "Donskoy" (Russian Federation, 347740, Rostov Region, Zernograd, Scientific City, 3), Associate Professor, Don State Technical University, (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), <https://orcid.org/0000-0003-1088-2425>, e-mail: semenixina1982@mail.ru

Kambulov Sergey Ivanovich, Chief Researcher of the Laboratory, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Agrarian Research Center "Donskoy" (Russian Federation, 347740, Rostov Region, Zernograd, Scientific City, 3), Professor, Don State Technical University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), <https://orcid.org/0000-0001-8712-1478>, e-mail: kambulov.s@mail.ru

Pakhomov Victor Ivanovich, Director of the Agrarian Scientific Center "Donskoy" (Russian Federation, 347740, Rostov Region, Zernograd, Scientific City, 3), Doctor of Engineering Sciences, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Head of Department, Don State Technical University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), <https://orcid.org/0000-0002-8715-0655>, e-mail: v.i.pakhomov@mail.ru

Rykov Viktor Borisovich, Chief Researcher of the Laboratory, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Agrarian Scientific Center "Donskoy" (Russian Federation, 347740, Rostov Region, Zernograd, Scientific City, 3), professor, Don State Technical University (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), <https://orcid.org/0000-0003-1358-9312>, e-mail: rykovvb@mail.ru

Polushkin Oleg Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, "Don State Technical University", (Russian Federation, 344003, Rostov-on-Don, Gagarin Square, 1), <https://orcid.org/0000-0002-4070-8121>, e-mail: polushckinol@yandex.ru

Belousov Sergey Vitalievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Kuban State Agrarian University named after I. T. Trubilin (Russian Federation, 350044, Krasnodar, Kalinin Street, 13), <https://www.orcid-ru.org/0000-0002-8874-9862>, e-mail: sergey_belousov_87@mail.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-51

THE DEVELOPMENT OF THE NATURAL REMEDY TO ENSURE THE HOMOGENEITY OF SESAME PASTE DURING THE STORAGE

Khlopov A. A.

*Vyatka SATU
Kirov, Russia*

Corresponding author E-mail: akhlopov@yandex.ru

Received 15.11.2025

Submitted 27.12.2024

Abstract

Introduction. The sesame seed paste begins to delaminate with the release of oil and the formation of dense sediment almost immediately after manufacture. The introduction of sweet ingredients to prevent delamination limits the scope of its gastronomic application. The addition of modern "chemical" aids is not welcomed by supporters of a healthy diet. There is a myth among the broad masses of fellow citizens that urban stratification is a sign of its deterioration. It is known that it is possible to prevent the stratification of nut paste by thickening it. **The object** of the study was the sesame seed paste with the addition of substances capable of slowing down the release of oil on its surface. **Materials and methods:** sesame seed paste obtained on stone millstones; stabilizers, thickeners, auxiliaries and natural substances from the "clean label" series. The amount of oil released on the surface of the sesame seed paste was collected using filter paper and weighed. The viscosity was determined by a rotary viscometer. The obtained research results were analyzed using regression analysis. **Results and conclusion.** Three substances were isolated from more than 60 studied substances, which individually slowed down the stratification of the urbech. These are natural substances that belong to a clean label. They had a joint significant impact on preventing urban stratification. With the help of regression equations, such dosages of the studied substances were established that the oil should not be released during the storage of the paste, and the viscosity is kept as low as possible. The experimental data obtained were confirmed by verification during the year. Sesame urbech was in a homogeneous state during the entire storage period. The obtained substances will become the basis of a technological auxiliary substance to prevent the stratification of sesame seeds.

Keywords: *nut butter, sesame paste, nut butter separation, nut butter homogeneity, nut butter viscosity.*

Citation. Khlopov A. A. The development of the natural remedy to ensure the homogeneity of sesame paste during the storage. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 474-483 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-51.

Author's contribution. The author of this study independently planned, performed research, analyzed the data obtained and presented the final version of the article.

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

УДК 664.4

РАЗРАБОТКА НАТУРАЛЬНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГОМОГЕННОСТИ КУНЖУТНОГО УРБЕЧА ПРИ ХРАНЕНИИ

Хлопов А. А., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет»
г. Киров, Российская Федерация

Актуальность. Урбеч из семян кунжута начинает расслаиваться с выделением масла и образованием плотного осадка практически сразу после изготовления. Введение сладких ингредиентов для предотвращения расслоения ограничивает сферу его гастрономического применения. Добавление современных «химических» вспомогательных средств не приветствуется сторонниками здорового питания. Среди широких масс сограждан существует миф о том, что расслоение урбеча является признаком его порчи. Известно, что предотвратить расслоение ореховой пасты можно путем её загущения. **Объектом исследования** являлся урбеч с добавлением веществ, способных замедлить выделение масла на его поверхности. **Материалы и методы:** паста из семян кунжута, полученная на каменных жерновах мельницы; стабилизаторы, загустители, вспомогательные средства и природные вещества из серии «clean label». Количество масла, выделившееся на поверхности урбеча, собирали с помощью фильтровальной бумаги и взвешивали. Вязкость определяли ротационным вискозиметром. Полученные результаты исследований анализировали с помощью регрессионного анализа. **Результаты и выводы.** Более чем из 60 изученных веществ были выделены три, которые по отдельности замедлили расслоение урбеча. Это натуральные вещества, которые относятся к чистой этикетке. Они оказали совместное достоверное влияние по предотвращению расслоения урбеча. С помощью уравнений регрессии были установлены такие дозировки изучаемых веществ, при которых масло при хранении пасты не должно выделяться, а вязкость сохраняется минимально возможной. Полученные экспериментальные данные получили подтверждение проверкой в течение года. Кунжутный урбеч находился в гомогенном состоянии в течение всего периода хранения. Полученные вещества станут основой технологического вспомогательного вещества для предотвращения расслоения кунжутного урбеча.

Ключевые слова: *урбеч, ореховая паста, кунжутная паста, расслоение ореховой пасты, гомогенность ореховой пасты, вязкость ореховой пасты.*

Цитирование. Хлопов А. А. Разработка натурального средства для обеспечения гомогенности кунжутного урбеча при хранении. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 474-483. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-51.

Авторский вклад. Автор настоящего исследования самостоятельно планировал, выполнял исследования, анализировал полученные данные и представил окончательный вариант статьи.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Исторически сложилось, что урбеч, как национальное блюдо народов Дагестана, приобретает широкую известность. Это связано с интересом все большего числа людей во всем мире к продуктам здорового питания [1].

Паста из семян масличных культур или ядер орехов с добавлением меда длительное время сохраняет свои свойства. Такие пасты брали с собой в дорогу для быстрого перекуса путешественники и воины, чабаны и лесорубы.

В современном мире находят признание как традиционные рецепты урбечей, так и новые, весьма необычные сочетания ингредиентов. Например, это урбечи на основе расторопши пятнистой, мака масличного, тмина черного, кокосовой стружки, ядер и плодов конопли. Помимо онлайн продажи в крупных городах открываются специализированные отделы по продаже таких продуктов [2].

Кунжутный урбеч (паста) или тахини известна практически с незапамятных времен, когда человек впервые измельчил семена кунжута. Тогда же возникла проблема, связанная с выделением масла на поверхности пасты и образованием плотного осадка.

Тахини больше знакома жителям Ближнего Востока. Её используют для приготовления закусок, соусов, напитков как в общественном питании, так и в домашних условиях [3]. Она применяется жителями Турции, Израиля в качестве дополнительного блюда или гарнира, в супах. В азиатской кухне тахини используется совместно с соевыми соусами. В России, Греции, Пакистане из кунжутного жмыха делают халву [4]. Пасты из орехового и масличного сырья ценны своим жирнокислотным составом, функциональными и вкусовыми характеристиками [5].

Основными производителями кунжутного урбеча являются крупные предприятия. Мелкие производства для своих нужд приобретают уже готовую пасту. Тахини начинает расслаиваться через 10-15 суток после изготовления. Это связано с тем, что семена кунжута содержат 43-58% масла, которое высвобождается при размоле [3]. С увеличением времени хранения количество масла на поверхности пасты увеличивается, а на дне образуется сухой плотный осадок. Он прилипает к стенкам тары и зачастую остается в ней, являясь потерями [6]. Осадок сложно диспергировать при перемешивании пасты.

Люди несведущие в особенностях расслоения кунжутного урбеча считают, что подобное явление является признаком порчи, что не соответствует действительности. Паста из семян кунжута ведет себя как неньютоновский псевдопластичный тиксотропный объект. При понижении температуры паста становится более стабильной, а с повышением температуры повышается её текучесть [3].

Выделение масла на поверхности тахини с образованием плотного осадка снижается с повышением вязкости. Установлено, что индекс консистенции увеличивался с увеличением содержания меда в пасте. Для предотвращения расслоения тахини требуется от 3% до 10% меда. У полученного продукта изменяется общее восприятие, текстура, цвет, запах. Паста становится более густой, вязкой. Она становится непригодной для приготовления соленых, мясных, рыбных блюд [7]. Аналогичная картина наблюдается при введении в пасты из семян масличных культур и орехов насыщенного раствора мальтодекстрина или патоки в количестве 5% [8], а также сахара [9].

Стабильность кунжутного урбеча как белково-масляной суспензии зависит от размера частиц. Было обнаружено, что коллоидная стабильность пасты улучшалась с уменьшением её горанулометрического состава. При среднем размере частиц пасты менее 5 мкм была достигнута гомогенность, сохраняющаяся при хранении [10]. Известно, что размеры частиц урбеча, полученного на каменных жерновах мельницы, составляет 80-160 мкм [11]. Следовательно, добиться его гомогенности при традиционном способе производства достаточно сложно.

Простые эмульгаторы оказываются неэффективными в тахини. Для их работы в кунжутной пасте недостаточно свободной воды. Добавление воды в пасту для успешной работы эмульгаторов приводило к образованию крема в эмульсиях [12] и микробиологической порче.

Стабилизировать тахини и остановить выделение масла на её поверхности возможно при внесении 1,0-1,6% диоксида кремния. Результаты дегустационной оценки показали, что стабилизированная таким образом паста не имеет существенных отклонений вкуса, цвета, внешнего вида, общего восприятия и послевкусия по сравнению с контролем [11].

Введение в кунжутную пасту пальмового масла до 2% и дистиллированных моноглицеридов до 8% привело к значительному увеличению вязкости тахини, но снижению выделения масла на её поверхности менее чем на половину [6].

Предотвратить выделение масла в тахини возможно внесением подсолнечниковой муки, высушенной в течение 60 мин. при температуре 30-60 °С. Увеличение температуры и времени высушивания приводит к увеличению перекисного числа, гидролизу жира и ухудшению качества получаемой продукции [5].

Известна эмульсионная композиция, которая способствует повышению стабильности паст из масличного и орехового сырья. Эта эмульсия готовится из модифицированного бараньего жира, масла ядер конопли в соотношении 3:1 и гидроксипропилметилцеллюлозы в количестве 0,6% от смеси жиров. Полученная композиция позволяет сохранять стабильность размеров капель эмульсий и является перспективной разработкой для применения в химической, пищевой и косметической промышленности [13].

Снизить выделение масла и повысить вязкость пасты из кунжута возможно с помощью пектина, который выступает не только как стабилизатор продукта питания, но и как вещество, способствующее очищению от шлаков и оздоровлению организма человека [14].

Введение в тахини мелкокристаллической клетчатки в количестве до 2% увеличивало вязкость, но не исключало отслаивание масла на её поверхности [15].

Применение пальмового масла, циклодекстринов, стабилизаторов с Е-кодами не находит положительного отклика у приверженцев здорового питания. Для них неприемлемо введение в пищу аскорбиновой кислоты, сахара, эмульгаторов, а также консервантов и иной «химии». Эти люди с осторожностью относятся к современным синтезированным технологическим вспомогательным средствам. Поэтому **цель** работы состояла в подборе веществ натурального природного происхождения для создания технологического вспомогательного средства, исключающего расслоение кунжутного урбеча при хранении.

Задачи:

- подобрать натуральные вещества для стабилизации кунжутного урбеча;
- определить количество этих веществ;
- построить математическую модель влияния дозировки подобранных веществ на стабилизирующие свойства урбеча;
- проверить на практике эффективность модели.

Материалы и методы. Объектами для исследований являлись кунжутный урбеч, полученный размолотом семян кунжута на мельнице с каменными жерновами, эмульгаторы, загустители, стабилизаторы и иные вещества.

В ходе работы было проанализировано более 60 веществ, которые производители рекомендовали для замедления выделения масла. Вещества изучали в два этапа. На первом этапе изучаемое вещество вносили в тахини в максимально рекомендуемой дозировке, перемешивали и помещали в термостат на 60 сут. при температуре +40 °С. После выделения группы веществ, способствующих хотя бы незначительному снижению выделения масла на поверхности тахини был проведен второй этап исследований.

Для второго этапа исследований было отобрано три вещества. С их участием был проведен трехфакторный эксперимент, в котором после выдерживания образцов в термостате при указанных выше параметрах определяли количество выделившегося масла на поверхности и вязкость полученного продукта.

Масло с поверхности пасты собирали с помощью фильтровальной бумаги. За результат брали массу снятого с поверхности тахини масла.

Схема эксперимента:

- вещество 1 в дозировке 1%; 2 и 3% (X1),
- вещество 2 в дозировке 0,1%; 0,5 и 1,0% (X2),
- вещество 3 в дозировке 1%; 2 и 3% (X3).

Вязкость пасты определяли с помощью ротационного вискозиметра путем погружения в неё штатной насадки с самым маленьким диаметром наконечника.

Статистический анализ включал расчет уравнений линейной регрессии. В качестве факторных признаков учитывали дозировки веществ (г/100 г продукта). За результат принимали количество масла (г), выделившееся на поверхности 100 г кунжутного урбеча и его вязкость (условные единицы прибора).

Уравнения регрессии рассчитывали на основе данных, полученных в эксперименте. Эксперимент проводили в трехкратной повторности (Y). За результативные признаки принимали медианы количества масла и показателей вязкости по 3 повторностям. Для оценки качества регрессионных моделей был рассчитан коэффициент детерминации (R-квадрат) и уровень значимости F (по итогам дисперсионного анализа). Оценка значимости влияния факторов на результат осуществлялась по результатам t-статистики. Регрессионный анализ проводили при уровне надежности 95%. Достоверными считались данные, полученные при $p < 0,05$. Для расчетов использовали программу MS Excel 2016.

Результаты и обсуждение. В ходе работы на первом этапе было обнаружено, что эмульгаторы, доступные для промышленного рынка продуктов питания, в тахини не работают. Это связано с тем, что в пасте практически отсутствует свободная влага, поэтому

гидрофильной части эмульгатора не к чему присоединяться. Введение свободной воды в тахини приводило к микробиологической порче изучаемых образцов с образованием плесени, ухудшению органолептических характеристик продукта.

Имеющиеся на рынке стабилизаторы и загустители ориентированы на водную составляющую, т.е. они хорошо загущают и препятствуют выделению жира на поверхности водных растворов продуктов питания: майонезы, соусы, напитки.

Вещества, отобранные по отдельности на первом этапе снижали выделение масла на поверхности тахини, но недостаточно для получения требуемого результата. Совместное влияние изучаемых веществ оказалось результативным. В некоторых вариантах было обнаружено отсутствие расслоения тахини (таблица 1).

Таблица 1 – Количество масла на поверхности кунжутной пасты, г
Table 1 – The amount of oil on the surface of the sesame paste, g

X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3	Y (Me)
0	0	0	4,87	5,21	5,18	5,09
1	0,1	1	1,35	1,26	1,31	1,31
		2	0,95	1,30	1,10	1,10
		3	0	0	0	0
	0,5	1	1,40	1,40	0,80	1,40
		2	0,29	0,31	0,32	0,31
		3	0	0,10	0,10	0,10
	1	1	1,48	1,42	1,39	1,42
		2	0,57	0,58	0,51	0,57
		3	0	0	0	0
2	0,1	1	2,20	1,90	1,80	1,90
		2	0,94	1,50	1,20	1,20
		3	0,24	0,28	0,27	0,27
	0,5	1	1,58	1,42	1,57	1,57
		2	1,30	1,10	1,38	1,30
		3	0,10	0,10	0,10	0,10
	1	1	1,83	1,95	2,06	1,95
		2	1,23	1,42	1,37	1,37
		3	0,07	0,15	0,17	0,15
3	0,1	1	2,30	1,90	2,13	2,13
		2	1,80	1,60	1,70	1,70
		3	0,10	0,10	0,05	0,10
	0,5	1	2,90	3,40	3,10	3,10
		2	2,40	2,40	2,30	2,40
		3	0	0	0	0
	1	1	1,50	1,40	1,30	1,40
		2	0,60	0,70	0,80	0,70
		3	0,60	0,40	0,80	0,60

Данные таблицы свидетельствуют о том, что в 100 г тахини выделилось от 0 до 5,09 г масла. Внешне поверхность образцов без масла выглядела различно. У одних вариантов ($X_1=3$; $X_2=0,5$; $X_3=3$) она выглядела влажной, маслянистой, блестящей, а у других ($X_1=1$; $X_2=0,1$; $X_3=3$ и $X_1=1$; $X_2=0,5$; $X_3=3$) – сухой, матовой.

Регрессионный анализ результатов эксперимента показал, что значение R-квадрат составило 0,77, т.е. количество масла на поверхности тахини на 77% определяется влиянием изучаемых веществ. Уровень значимости $F<0,01$, следовательно, полученную модель можно считать достоверной. р-значение для вещества X_1 составило 0,004% ($<0,05$), т.е. влияние дозировки данного вещества на результат статистически значимо. Для веществ

X2 и X3 р-значение было 0,38% и 2,98% соответственно ($>0,05$), следовательно, их влияние на результат статистически не значимо. Уравнение регрессии имеет следующий вид (формула 1):

$$Y = 2,14 + 0,33 \cdot X_1 - 0,20 \cdot X_2 - 0,83 \cdot X_3 \quad (1)$$

Поскольку в трехфакторном эксперименте были получены желаемые результаты в виде вариантов без масла на поверхности пасты, а статистически влияния веществ X2 и X3 оказались не значимыми, построим поверхности отклика функций, где переменными будут пары X1X2 и X1X3.

Подставляя значения вместо переменных X1 и X2 при $X_3 = 0$ в формулу 1 не были получены отрицательные результаты уравнения. Следовательно, введение в тахини веществ X1X2 не приведет к остановке расслоения пасты. Масло будет выделяться на её поверхности.

При $X_2 = 0$ значения переменных X1X3 в формуле 1 позволяют получить отрицательные значения уравнения. Следовательно, есть вероятность, что мало на поверхности тахини выделяться не будет. Переход через нулевую отметку количества масла на поверхности происходит при дозировке $X_1 = 1 \text{ г/100 г}$ и менее, а дозировка вещества $X_3 = 3 \text{ г/100 г}$ и более.

График зависимости количества масле на поверхности тахини от дозировки веществ X1X3 отражен на рисунке 1.

На рисунке 1 видно, что выделение масла на поверхности тахини обратно пропорционально количеству вещества X3 и прямо пропорционально количеству вещества X1. Существует область с отрицательным значением количества масла на поверхности кунжутной пасты.

С точки зрения технологии изготовления пасты введение веществ с низкой дозировкой представляет некоторые сложности, поскольку требуется ступенчатое введение этих веществ. Следовательно, ограничим дозировку вещества X1 от $0,1 \text{ г/100 г}$ до $0,5 \text{ г/100 г}$, а количество вещества X3 возьмем $3,0 \text{ г/100 г}$. Подставляя значения переменных X1 и X3 в формулу 1, при $X_2 = 0$ получаем результат от минус $0,32 \text{ г/100 г}$ до минус $0,19 \text{ г/100 г}$.

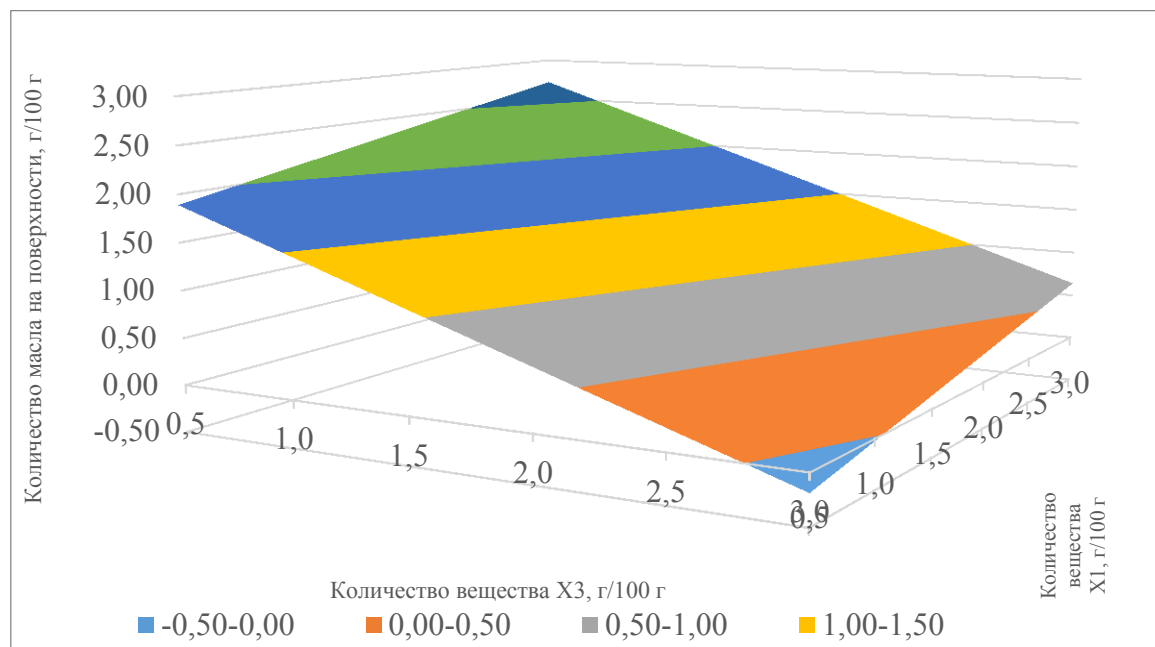


Рисунок 1 – Поверхность отклика функции зависимости количества масла на поверхности тахини при $X_2 = 0$ от содержания веществ X1X3

Figure 1 – The response surface is a function of the dependence of the amount of oil on the surface of the tahini at $X_2 = 0$ on the content of substances X1X3

Вводя значения X_2 и X_3 в формулу 1 при $X_1 = 0$ получаем, что с увеличением как X_2 , так и X_3 количество масла на поверхности тахини снижается. Переход через нулевую отметку отмечается при значении $X_2 = 0,5$ г/100 г и более, а $X_3 = 2,5$ г/100 г и более. Увеличение количества вещества X_3 приводит к резкому снижению содержания масла на поверхности тахини, а внесение вещества X_2 дает плавное снижение значений уравнения, рисунок 2.

Подставляя значения переменных в формулу 1 получаем, что с увеличением переменной X_1 увеличивается результат. Следовательно, для получения результата уравнения ниже нуля (снижения количества масла на поверхности тахини) переменная X_1 должна быть минимальной. С увеличением значений X_2 и X_3 результат уравнения уменьшается.

Помимо количества масла на поверхности тахини важным критерием, характеризующим пасту, является её вязкость. В каждом из исследуемых вариантов в эксперименте была определена вязкость, которая у контроля составила 13 единиц прибора. Разброс значений вязкости среди вариантов изменялся от 16 до 44 единиц прибора.

Полученные результаты вязкости были исследованы с помощью регрессионного анализа и установлено, что значение R-квадрат составило 0,94, т.е. вязкость пасты на 94% определяется влиянием дозировок изучаемых веществ. Уровень значимости $F < 0,01$, следовательно, полученную модель можно считать достоверной. Для вещества X_1 р-значение составило 0,006% ($< 0,05$), т.е. количество данного вещества оказывает статистически значимое влияние на результат; для веществ X_2 и X_3 – 0,11% и 5,31% соответственно ($> 0,05$), т.е. влияние дозировок данных веществ на результат статистически не значимо. Таким образом, получено уравнение зависимости вязкости пасты от количества внесенных веществ (формула 2):

$$Y = 11,78 - 1,61 \cdot X_1 + 2,0 \cdot X_2 + 9,61 \cdot X_3 \quad (2)$$

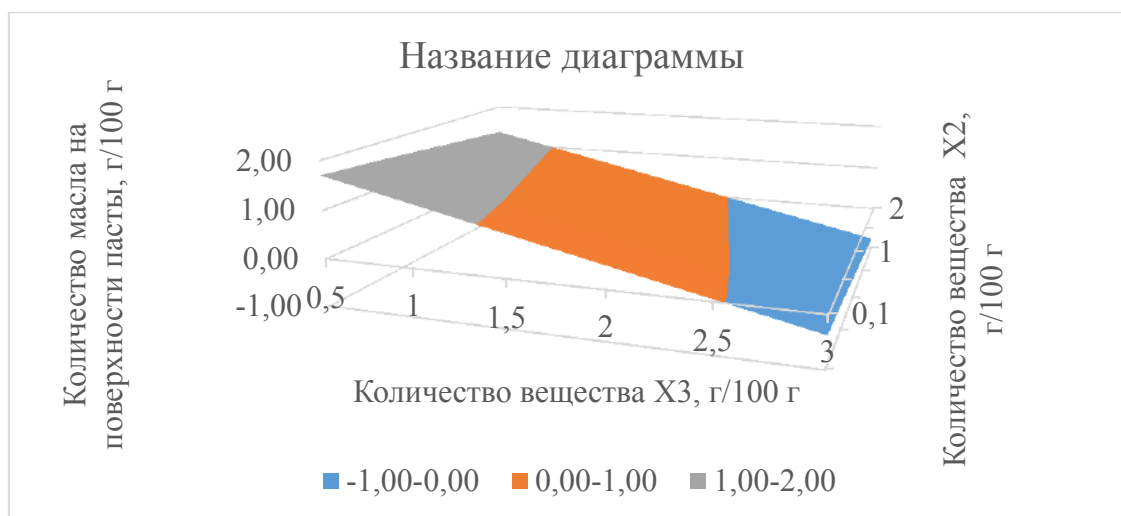


Рисунок 2 – Поверхность отклика функции зависимости количества масла на поверхности тахини при $X_1 = 0$ от содержания веществ X_2 и X_3

Figure 1 – The response surface of the function of the dependence of the amount of oil on the surface of the tahini at $X_1 = 0$ on the content of substances X_2 and X_3

Исходя из логики, что величина X_1 должна быть минимальной подбираем значения X_2 и X_3 так, чтобы результаты формулы 1 были отрицательные, а формулы 2 – минимальные (таблица 2).

Данные, представленные в таблице 2, показывают, что при X_1 и X_2 в значениях 0,01 г/100 г и 0,1 г/100 г соответственно, а количество вещества X_3 – 2,6 г/100 г расчетное количество масла на поверхности пасты дает отрицательные значения, а вязкость пасты минимальная среди полученных значений и изменяется в пределах 36,6-36,9.

Таблица 2 – Дозировки изучаемых веществ, г/100 г
Table 2 – Dosages of the studied substances, g/100 g

X1	X2	X3	Масло на поверхности тахини, г / Oil on the surface of tahini, g	Вязкость пасты / Viscosity of the paste
0,01	0,01	2,6	-0,017	36,8
0,01	0,10	2,6	-0,035	36,9
0,01	0,50	2,6	-0,115	37,7
0,01	1,00	2,6	-0,215	38,7
0,10	0,01	2,6	0,013	36,6
0,10	0,10	2,6	-0,005	36,8
0,10	0,50	2,6	-0,085	37,6
0,10	1,00	2,6	-0,185	38,6
0,10	0,10	2,5	0,078	35,8
0,10	0,10	2,7	-0,088	37,8
0,10	0,10	2,8	-0,171	38,7

При значениях веществ X1 и X2 равным 0,1 г/100 г оптимальное количество вещества X3 составляет 2,6 г/100 г. Снижение количества вещества X3 менее этого значения выходит за отрицательный результат уравнения 1, а увеличение значений этой переменной приводит к увеличению вязкости.

Для проверки полученных расчетных данных был сделан кунжутный урбеч где дозировка изучаемых веществ составила X1 – 0,1 г/100 г; X2 – 0,1 г/100 г; X3 – 2,6 г/100 г. Всего было изготовлено и герметично укупорено 9 банок массой 300 г. три банки были помещены в термостат при температуре +40 °С, три банки – в холодильник при температуре плюс 5 °С и три банки были оставлены в комнатных условиях. Через 12 месяцев ни в одной из исследуемых емкостей не было обнаружено выделение масла на поверхности тахини. При выравнивании температуры было установлено, что вязкость в изучаемых образцах отличалась не более, чем на 5%. Вкус и запах урбеча характерные, без порчи.

Закладка на хранение опытных образцов с веществами X1X3 без X2 и X2X3 без X1 результатов не дали.

Заключение. В результате исследований были найдены три простых природных вещества, на основе которых будет разработано технологическое вспомогательное средство для предотвращения расслоения кунжутного урбеча. Эти вещества по отдельности оказали незначительное влияние на уменьшение выделения масла, а при совместном внесении было установлено полное отсутствие расслоения кунжутной пасты и выделения масла на её поверхности.

С помощью полученных уравнений регрессии влияния изучаемых веществ на количество масла на поверхности урбеча и его вязкость было подобрано оптимальное количество этих веществ, которое составило X1 – 0,1 г/100 г, X2 – 0,1 и X3 – 2,6 г/100 г. Контрольное исследование позволило подтвердить полученные экспериментальные данные. Урбеч с внесенными веществами в указанных дозировках хранился в течение 12 месяцев при температуре +5 °С, +18...+20 и 40 °С. За это время он сохранил свою однородность.

Conclusions. As a result of the research, three simple natural substances were found, on the basis of which a technological auxiliary tool will be developed to prevent the stratification of sesame seeds. These substances individually had a negligible effect on reducing oil release, and when applied together, the complete absence of sesame paste stratification and oil release on its surface was found.

Using the obtained regression equations of the influence of the studied substances on the amount of oil on the surface of the urbech and its viscosity, the optimal amount of these substances was selected, which was X1 – 0.1 g/100 g, X2 – 0.1 and X3 – 2.6 g/100 g. The control study allowed us to confirm the experimental data obtained. The urbech with the added substances in the indicated dosages was stored for 12 months at a temperature of +5 °С, +18 ... +20 and 40 °С. During this time, it has maintained its homogeneity.

Библиографический список

1. Зильпукарова Э. М., Сефербеков Р. И. Пища мусульманских религиозных праздников и обрядов у горжан Дагестана в постсоветский период. Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 2: Гуманитарные науки. 2017. Т. 32. №. 1. С. 22-31.

2. Ибрагимова З. Б. Урбеч – традиционный дагестанский продукт питания. ACTA HISTORICA: труды по историческим и обществоведческим наукам. 2018. Т. 1. № 1. С. 34-37.
3. Abu-Jdayil B., Al-Malah K., Asoud H. Rheological characterization of milled sesame (tehineh). Food Hydrocolloids. 2002. V. 16. № 1. Pp. 55-61.
4. Панина Е. В., Исаев Е. А. Исследование применения нетрадиционных ингредиентов в майонезных соусах. Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2018. № 2 (11). С. 145-152.
5. Мелёшкина Л. Е., Снегирева А. В. Разработка рецептуры и сравнительная оценка кондитерских паст. Ползуновский вестник. 2022. № 2. С. 28-35.
6. Al-Mahasneh M., Rababah T., Alu'Datt M. Effect of palm oil (PO) and distilled mono-glycerid (DMG) on oil separation and rheological properties of sesame paste. Journal of Food Processing and Preservation. 2017. V. 41. No 3. P. e12896.
7. Akbulut M., Saricoban C., Ozcan M. M. Determination of rheological behavior, emulsion stability, color, and sensory of sesame pastes (tahini) blended with pine honey. Food and Bioprocess Technology. 2012. V. 5. Pp. 1832-1839.
8. Bogis H. A., Turkmen N., Akyurt M. Experimental study of homogenizing tahini by using common food additives. Journal of King Abdulaziz University. 2013. V. 24. No 1. Pp. 89-97.
9. Bousi C. et al. Effect of sugar addition on the elongational and shearing deformation behavior of sesame paste systems. LWT. 2022. V. 153. P. 112479.
10. Çiftçi D., et al. Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. Journal of food Engineering. 2008. V. 87. No 3. Pp. 428-435.
11. Turkmen N., Bogis H. A., Akyurt M. Stabilizing Tahina Using Silicon Dioxide. Journal of King Abdulaziz University. 2013. V. 24. No 2. Pp. 81-97.
12. Kientza H. T. Emulsions and Foams: Ostwald Ripening and Disproportionation in Practice. Handbook of Molecular Gastronomy. CRC Press. 2021. Pp. 241-248.
13. Kowalska M., Woźniak M. Proposal of New Emulsion Systems Containing Hydroxypropylmethylcellulose as a Viscosity Modifier and Diacylglycerols from Mutton Tallow and Hemp Seed Oil. Applied Sciences. 2023. V. 13. No 18. P. 10289.
14. Бутова С. Н., Тарасова Н. А., Вольнова Е. Р. Использование пектина в технологии ореховых паст. 2020. С. 88-98.
15. Yuzer M. O., Genccelep H. Effect of sesame protein / PVA nanofibers on oil separation and rheological properties in sesame paste. Journal of Food Process Engineering. 2024. V. 47. No 1. P. e14534.

References

1. Zulpukarova E. M., Seferbekov R. I. Food of Muslim Religious Holidays and Rites among the Citizens of Dagestan in the Post-Soviet Period. Bulletin of Dagestan State University. Series 2: Humanities. 2017. V. 32. № 1. Pp. 22-31.
2. Ibragimova Z. B. Urbech is a traditional Dagestan food product. ACTA HISTORICA: Works on Historical and Social Sciences. 2018. V. 1. No 1. Pp. 34-37.
3. Abu-Jdayil B., Al-Malah K., Asoud H. Rheological characterization of milled sesame (tehineh). Food Hydrocolloids. 2002. V. 16. No 1. Pp. 55-61.
4. Panina E. V., Isaev E. A. Study of the use of non-traditional ingredients in mayonnaise sauces. Technologies and commodity science of agricultural products. 2018. № 2 (11). Pp. 145-152.
5. Meleshkina L. E., Snegireva A. V. Development of recipes and comparative assessment of confectionery pastes. Polzunov's Bulletin. 2022. № 2. Pp. 28-35.
6. Al-Mahasneh M., Rababah T., Alu'Datt M. Effect of palm oil (PO) and distilled mono-glycerid (DMG) on oil separation and rheological properties of sesame paste. Journal of Food Processing and Preservation. 2017. V. 41. No 3. P. e12896.
7. Akbulut M., Saricoban C., Ozcan M. M. Determination of rheological behavior, emulsion stability, color, and sensory of sesame pastes (tahini) blended with pine honey. Food and Bioprocess Technology. 2012. V. 5. Pp. 1832-1839.
8. Bogis H. A., Turkmen N., Akyurt M. Experimental study of homogenizing tahina by using common food additives. Journal of King Abdulaziz University. 2013. V. 24. No 1. Pp. 89-97.
9. Bousi C., et al. Effect of sugar addition on the elongational and shearing deformation behavior of sesame paste systems. LWT. 2022. V. 153. P. 112479.
10. Çiftçi D., et al. Colloidal stability and rheological properties of sesame paste. Journal of food Engineering. 2008. V. 87. No 3. Pp. 428-435.
11. Turkmen N., Bogis H. A., Akyurt M. Stabilizing Tahina Using Silicon Dioxide. Journal of King Abdulaziz University. 2013. V. 24. No 2. Pp. 81-97.
12. Kientza H. T. Emulsions and Foams: Ostwald Ripening and Disproportionation in Practice. Handbook of Molecular Gastronomy. CRC Press. 2021. Pp. 241-248.
13. Kowalska M., Woźniak M. Proposal of New Emulsion Systems Containing Hydroxypropylmethylcellulose as a Viscosity Modifier and Diacylglycerols from Mutton Tallow and Hemp Seed Oil. Applied Sciences. 2023. V. 13. No 18. P. 10289.
14. Butova S. N., Tarasova N. A., Volnova E. R. Use of pectin in the technology of nut pastes. 2020. Pp. 88-98.
15. Yuzer M. O., Genccelep H. Effect of sesame protein / PVA nanofibers on oil separation and rheological properties in sesame paste. Journal of Food Process Engineering. 2024. V. 47. No 1. P. e14534.

Информация об авторах

Хлопов Андрей Анатольевич, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» (Российская Федерация, 610017, г. Киров, Октябрьский проспект, 133), e-mail: akhlopov@yandex.ru

Author's Information

Khlopov Andrey Anatolyevich, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Vyatka State Agrotechnological University" (Russian Federation, 610017, Kirov, Oktyabrsky Prospekt, 133), e-mail: akhlopov@yandex.ru

DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-52

THE METHOD OF PRODUCING OIL FROM RAW MATERIALS OF VEGETABLE ORIGIN IN A CARBON DIOXIDE LABORATORY INSTALLATION**Demenyuk R. A., Neverov E. N., Korotkiy I. A., Timoshchuk I. V., Poturaev V. A.**

1 Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kemerovo State University"
Kemerovo, Russian Federation

Corresponding author E-mail: neverov42@mail.ru

Received 29.10.2024

Submitted 18.01.2025

Summary

The article analyzes various methods for obtaining sea buckthorn oil; one of the promising methods with a number of advantages is extraction using subcritical carbon dioxide. The results of the study showed the best parameters for obtaining the greatest isolation of various microelements.

Abstract

Introduction. Currently, there is a significant increase in interest in complex and waste-free processing of sea buckthorn with maximum extraction of biologically active substances and creation of drugs with a certain focus of pharmacological action on their basis. One of the methods for obtaining biologically active substances is a method for obtaining sea buckthorn oil. **Object.** The object of the study is samples of sea buckthorn berries. **Materials and methods.** The studies were carried out on the developed model of a subcritical unit for extraction using carbon dioxide, selection of optimal parameters (pressure and temperature) of subcritical extraction for obtaining sea buckthorn oil. The principle of operation of the unit is based on saturation of sea buckthorn berries with subcritical carbon dioxide, as a result of which the berry extract is separated into components. The developed unit is an extractor and a separator connected to each other by a copper pipeline with shut-off valves and fixed to a frame. The extractor and separator are made in the form of cylindrical cylinders, each of which has a flange. A perforated stainless steel cassette is placed in the extractor, into which the raw material is loaded. The cassette is fixed with a disk between the extractor flange. The pressure and temperature of the extraction process can be regulated using the installed heating elements. **Results and conclusions.** It was found that the optimal pressure for carrying out the process of extraction with carbon dioxide in subcritical conditions is 50 bar. It was found that at this pressure, the obtained sea buckthorn oil has the highest release of components, such as: pinenes 15.1%, myrcene 9.9%, sabinene 4.5%, limonene 1.33%, beta-carotene 0.347%, vitamin E 0.122%, vitamin K 0.01%, palmitic acid 8.8%, alpha-linolenic acid 30.01%; in the process of extraction with carbon dioxide in subcritical conditions.

Keywords: subcritical carbon dioxide extraction, oil extraction, carbon dioxide, sea buckthorn processing, vegetable oils, sea buckthorn oil.

Citation. Demenyuk R. A., Neverov E. N., Korotkiy I. A., Timoshchuk I. V., Poturaev V. A. The method of producing oil from raw materials of vegetable origin in a carbon dioxide laboratory installation. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2025. 1(79). 483-493 (in Russian). DOI:10.32786/2071-9485-2025-01-52.

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

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

УДК 664.8/9

**МЕТОДИКА ПРОИЗВОДСТВА МАСЛА ИЗ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ
В УГЛЕКИСЛОТНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКЕ**

Деменюк Р. А., магистр технических наук, преподаватель
Неверов Е. Н., доктор технических наук, профессор
Короткий И. А., доктор технических наук, профессор
Тимошук И. В., доктор технических наук, доцент
Потураев В. А., аспирант, ассистент

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»
г. Кемерово, Российская Федерация

Актуальность. В настоящее время значительно возрос интерес к комплексной и безотходной переработке облепихи с максимальным извлечением биологически-активных веществ и созданием на их основе препаратов с определенной направленностью фармакологического действия. Од-

ним из способов получения биологически-активных веществ, является способ получения облепихового масла. **Объект.** Объектом исследования являются образцы ягоды облепихи крушиновидной. **Материалы и методы.** Исследования проводились на разработанной модели субкритической установки для экстракции с помощью диоксида углерода, подбор оптимальных параметров (давления и температуры) субкритической экстракции, для получения облепихового масла. Принцип работы установки основан на насыщении субкритическим диоксидом углерода ягод облепихи, в результате чего происходит разделение экстракта ягоды на компоненты. Разработанная установка представляет собой экстрактор и сепаратор, соединенные между собой медным трубопроводом с запорной арматурой, и закреплены на раме. Экстрактор и сепаратор выполнены в виде цилиндрических баллонов, на каждом из которых имеется фланец. В экстрактор помещается перфорированная кассета из нержавеющей стали, в которую загружается сырьё. Кассета закрепляется с помощью диска между фланцем экстрактора. Давление и температуру процесса экстракции можно регулировать с помощью установленных ТЭНов. **Результаты и выводы.** Выявлено, что оптимальным давлением для проведения процесса экстракции диоксидом углерода в субкритических условиях является давление 50 бар. Установлено, что при данном давлении полученное масло из облепихи обладает наибольшим выделением компонентов, таких как: пинены 15,1%, мирцен 9,9%, сабинен 4,5%, лимонен 1,33%, бета-каротин 0,347%, витамин Е 0,122%, витамин К 0,01%, пальмитиновая кислота 8,8%, альфа-линолевая кислота 30,01%; в процессе экстракции диоксидом углерода в субкритических условиях.

Ключевые слова: субкритическая экстракция диоксидом углерода, экстракция масел, диоксид углерода, переработка облепихи, растительные масла, облепиховое масло.

Цитирование. Деменюк Р. А., Неверов Е. Н., Короткий И. А., Тимощук И. В., Потураев В. А. Методика производства масла из сырья растительного происхождения в углекислотной лабораторной установке. *Известия НВ АУК.* 2025. 1(79). 483-493. DOI: 10.32786/2071-9485-2025-01-52.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. В настоящее время значительно возрос интерес к комплексной и безотходной переработке облепихи с максимальным извлечением биологически-активных веществ и созданием на их основе препаратов с определенной направленностью фармакологического действия. Одним из способов получения биологически-активных веществ, является способ получения облепихового масла. В статье проведен анализ различных способов получения облепихового масла; одним из перспективных способов, обладающим рядом достоинств, является экстракция с помощью субкритического диоксида углерода.

Материалы и методы. Целью работы является разработка модели субкритической установки для экстракции с помощью диоксида углерода, подбор оптимальных параметров (давления и температуры) субкритической экстракции для получения облепихового масла. Принцип работы установки основан на насыщении субкритическим диоксидом углерода ягод облепихи, в результате чего происходит разделение экстракта ягоды на компоненты. Разработанная установка представляет собой экстрактор и сепаратор, соединенные между собой медным трубопроводом с запорной арматурой и закреплены на раме. Экстрактор и сепаратор выполнены в виде цилиндрических баллонов, на каждом из которых имеется фланец. В экстрактор помещается перфорированная кассета из нержавеющей стали, в которую загружается сырьё. Кассета закрепляется с помощью диска между фланцем экстрактора. Давление и температуру процесса экстракции можно регулировать с помощью установленных ТЭНов.

Результаты и обсуждение. Выявлено, что оптимальным давлением для проведения процесса экстракции диоксидом углерода в субкритических условиях является давление 50 бар. Установлено, что при данном давлении полученное масло из облепихи обладает наибольшим выделением компонентов, таких как: пинены, мирцен, сабинен, лимонен, бета-каротин, витамин Е, витамин К, пальмитиновая кислота, альфа-линолевая кислота; в процессе экстракции диоксидом углерода в субкритических условиях.

Введение. Облепиха представляет собой один из самых ценных природных источников биологически активных веществ, которые применяются для создания лекарств, витаминных и пищевых добавок.

Плоды облепихи имеют следующие средние показатели: 3% полиненасыщенных жирных кислот, включая важнейшие из них – незаменимые ненасыщенные кислоты (группы витамина F), 7% сахаров, 6 мг% каротиноидов, 200 мг% витамина С, 85 мг% витамина Р, 9 мг% витамина Е, а также в меньших количествах витамины В1, В2, В9 и К. В дополнение к этому в них присутствуют незаменимые аминокислоты и микроэлементы: бор, железо и марганец. Мякоть плодов содержит до 9% масла, тогда как в семенах этот показатель достигает 12,5%. [1, 2].

Плоды облепихи также известны своими антиоксидантными свойствами благодаря высокому содержанию флавоноидов и каротиноидов, которые способствуют защите клеток от свободных радикалов. Эти компоненты играют ключевую роль в укреплении иммунной системы и поддержании общего состояния здоровья.

Кроме того, обширный набор витаминов и минералов в облепихе делает её полезной для профилактики различных заболеваний. Например, витамин С помогает в борьбе с простудами, а витамины группы В способствуют улучшению обмена веществ и общей энергии организма. Незаменимые аминокислоты, присутствующие в плодах, необходимы для синтеза белка и поддержания мышечного тонуса.

Масло облепихи, получаемое из плодов и семян, также находит широкое применение в косметологии. Оно используется для увлажнения кожи, лечения ожогов и порезов, а также в составах антистареющих средств. Благодаря своим уникальным свойствам, облепиха становится неизменным компонентом многих терапевтических и профилактических подходов, что делает её настоящей находкой для здоровья и красоты.

В настоящее время наблюдается значительный интерес к комплексной и безотходной переработке облепихи, направленной на извлечение максимального количества биологически активных веществ для разработки препаратов с заданным фармакологическим действием. В процессе переработки используются как плоды, так и листья облепихи, а также их различные сочетания.

Одним из самых популярных продуктов, производимых из ягод облепихи, является масло. Оно изготавливается различными методами, включая экстракцию с использованием химических растворителей, мацерацию высушенной мякоти и кожуры плодов с другими растительными маслами – например, подсолнечным или оливковым. Также применяется экстракция сжиженным углекислым газом. В случае низкого содержания масла в сырье используется прямая экстракция с помощью летучих органических растворителей, таких как гексан или бензин марки «Нефрас». Важно отметить, что использование органических растворителей может привести к потере биологически активных компонентов в процессе дистилляции, что требует последующей дезодорации масла перед его применением в пищевой промышленности.

Один из подходов к получению облепихового масла заключается в экстракции органическими растворителями из высушенных ягод и жома, содержащих от 12 до 17 % и от 70 до 75 % семян соответственно. Для успешного извлечения масла необходима предварительная подготовка сырья, которая включает его измельчение.

Однако стоит отметить, что применение этих методов может приводить к наличию измельченного семени в масле, что, в свою очередь, вызывает увеличение кислотного числа и ухудшение качества продукта. Использование органических растворителей также имеет свои недостатки, которые требуют тщательного контроля на всех этапах процесса переработки.

Важным аспектом переработки облепихи является сохранение её биологически активных веществ, среди которых выделяются такие элементы, как каротиноиды, флавоноиды, токоферолы и аскорбиновая кислота. Эти компоненты обладают выраженными антиоксидантными, противовоспалительными и иммуномодулирующими свойствами, поэтому их сохранение в процессе переработки имеет первостепенное значение.

Для достижения максимального выхода активных веществ разработаны методы, позволяющие минимизировать воздействие высоких температур и длительного времени обработки. Например, использование технологии гидроэкстракции или сцеplения с применением высоких давлений позволяет обеспечить более бережное извлечение целебных компонентов без потерь качества.

Кроме того, перспективными направлениями в области переработки являются разработка новейших технологий, таких как ферментация или использование ультразвуковых волн, что может повысить эффективность экстракции и извлечения активных веществ.

Научные исследования также сосредоточены на получении комплексных препаратов, в состав которых входят экстракты из различных частей растения: ягод, семян и листьев облепихи. Это позволяет создать более эффективные средства, способные оказывать комплексное действие на организм.

Необходимо отметить, что успешная реализация процессов переработки требует координации между сельским хозяйством и фармацевтической промышленностью. Важно обеспечить устойчивое производство, которое не только удовлетворяет потребности рынка, но и сохраняет экосистему.

Одним из действенных растворителей для извлечения компонентов из сырья служит растительное масло. Метод экстракции различных веществ из эфирных и лекарственных материалов с использованием растительных масел (мацерация) применяется уже довольно продолжительное время. Процесс включает трёхкратную экстракцию облепихового сырья маслом с последующим прессованием для отделения жидкой фракции.

Экстракции подвергается верхний слой мякоти облепихи, который получается в результате измельчения и сепарации, а затем сушится до влажности $14,0 \pm 0,5\%$ при температуре $55-60^\circ\text{C}$. Эта смесь включает в себя 50-55% липидов. Экстракцию масла проводят при температуре $55-60^\circ\text{C}$ в соотношении масло к мякоти 2:1.

Важно отметить, что в результате экстракции с применением растительных масел, содержание облепихового масла в конечном продукте составит 30-50% от массы первоначально использованного сырья [3, 4].

Данный подход к экстракции позволяет эффективно извлекать полезные питательные вещества и активные компоненты из сырья, что делает его особенно ценным в пищевой, фармацевтической и косметической промышленности. Высокое содержание липидов, достигнутое в результате мацерации, способствует получению масел с выраженными биологическими свойствами и хорошими органолептическими качествами.

Процесс экстракции осуществляется в несколько этапов. Сначала сырьё подготавливают, измельчая и разделяя мякоть на части, затем при помощи растительного масла проводят экстракцию, обеспечивая оптимальные температурные условия. Высокая температура способствует лучшему растворению активных веществ, что, в свою очередь, повышает выход экстракта.

После завершения экстракции, полученная смесь подвергается прессованию, что позволяет отделить жидкую фракцию от остаточных твердых частиц. Этот этап играет ключевую роль в качественной обработке масла, так как он обеспечивает чистоту конечного продукта и его пригодность для дальнейшего использования.

Другой подход к извлечению масла предполагает использование жидкого диоксида углерода. В настоящее время в России была разработана технология, позволяющая извлекать ароматические, вкусовые и биологически активные вещества из разных видов сырья и их смесей с помощью данного газа. Одним из таких способов является сверхкритическая экстракция с использованием диоксида углерода (СК CO_2) – это современный и экологически безопасный метод извлечения биологически активных веществ из растительного сырья. Сверхкритическая экстракция диоксидом углерода позволяет сохранить максимальное количество полезных компонентов, которые находятся в исходном растении, и получить чистый экстракт без примесей. Процесс сверхкритической экстракции диоксидом углерода проходит при условиях, температуры выше $31,1^\circ\text{C}$ и давление выше 73,8 атм.

Сверхкритическая экстракция диоксидом углерода позволяет эффективно выделять целевые компоненты, сохраняя их химическую структуру и биологическую активность. Это особенно важно в области фармацевтики и косметологии, где высокое качество экстракта критично для конечного продукта, а также, использование диоксида углерода как растворителя делает этот метод более безопасным для окружающей среды. После завершения процесса экстракции диоксид углерода может быть легко извлечён и повторно использован, что снижает количество отходов.

Стоит также отметить, что параметры, такие как давление и температура, могут быть настроены для оптимизации процесса экстракции в зависимости от характеристик конкретного сырья. Это делает метод гибким и адаптивным, позволяя получать экстракты с заданными свойствами.

Преимущества сверхкритической экстракции диоксидом углерода: 1) глубокое проникновение в клетки растений: сверхкритическое состояние углекислого газа обеспечивает разрушение клеточной структуры и доступ к труднодоступным биологически активным веществам; 2) широкий диапазон рабочих параметров: возможность управления давлением, температурой и другими параметрами экстракции позволяет извлекать различные группы биологически активных веществ; 3) вариативность состава и консистенции экстракта: использование сорастворителей и модификаторов позволяет получать экстракты с разной биологической активностью, консистенцией и ценовыми параметрами; 4) высокая биологическая активность: экстракты с высоким содержанием целевых биологически активных веществ обладают наибольшей эффективностью; 5) сравнительно высокая экономическая эффективность: технология сверхкритической экстракции диоксидом углерода позволяет производить экстракты с разной концентрацией биологически активных веществ, что делает их доступными для производителей косметических и лечебно-профилактических продуктов разных ценовых категорий.

Другим же способом является субкритическая экстракция диоксидом углерода (CO_2 -экстракция), которая представляет собой метод, который активно может использоваться во многих отраслях промышленности, например, таких как химическая, пищевая, фармацевтическая и другие сферы промышленности. Этот метод экстракции обладает рядом преимуществ по сравнению с другими методами экстракции, однако его применение имеет определенные проблемы, которые могут повлиять на эффективность процесса: 1) высокая стоимость углекислого газа; 2) необходимость строгого контроля температуры и давления при проведении процесса, что может потребовать дополнительных затрат на оборудование; 3) некоторые вещества могут быть недостаточно растворимы в двуокиси углерода, что ограничивает возможности метода.

Суть процесса субкритической экстракции диоксидом углерода заключается в использовании двуокиси углерода в качестве растворителя для извлечения различных веществ из исходного материала. В результате этого процесса происходит переход целевых компонентов из сырья в растворитель с последующим их разделением. Процесс извлечения компонентов может быть проведен как в жидкой, так и в газовой фазе и может быть использован для извлечения широкого спектра веществ, включая масла, жиры, витамины, экстракты и другие продукты. Субкритическая экстракция диоксидом углерода проходит при условиях, температуры от минус $56,6^\circ\text{C}$ и давления 5,2 атм. до температуры $31,1^\circ\text{C}$ и давления 73,8 атм.

Субкритическая экстракция диоксидом углерода применяется в различных областях, например таких как: косметические средства, пищевые продукты, фармацевтические препараты. Этот метод также может быть полезен при переработке отходов, например, в процессе получения биодизеля из растительных масел.

Достоинства субкритической экстракции двуокисью углерода являются: 1) высокая степень извлечения целевых компонентов, благодаря чему достигается высокая степень очистки продуктов; 2) экологическая безопасность и нетоксичность двуокиси углерода, что позволяет использовать данную технологию в производстве продуктов питания и лекарственных средств; 3) возможность использования двуокиси углерода для экстракции различных веществ, таких как масла, смолы, ароматические и биологически активные вещества. Благодаря ряду достоинств экстракция диоксидом углерода в настоящее время получает широкую популярность в промышленности [5, 6, 7].

Целью работы является: разработка субкритической установки для экстракции с помощью диоксида углерода и подбор оптимальных параметров субкритической экстракции, для получения облепихового масла.

Задачами является: разработка установки и её узлов, для субкритической экстракции; проведение исследований и получение оптимальных параметров субкритической экстракции, для производства облепихового масла.

Материалы и методы.

Объектом исследования является экспериментальная субкритическая CO₂ установка по производству облепихового масла из плодов облепихи крушиновидной.

Проект экспериментальной субкритической CO₂ установки представлен на рисунке 1, а действующая модель на рисунке 2.

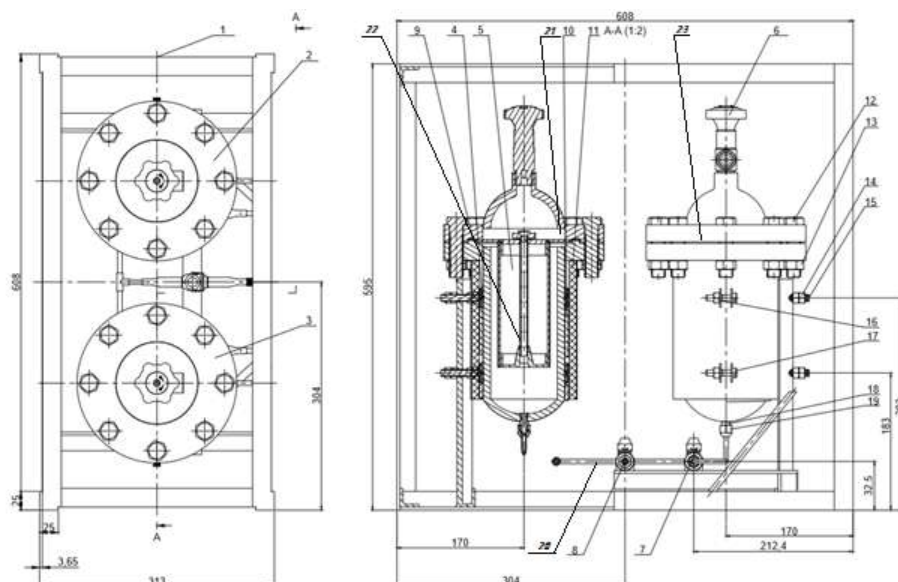


Рисунок 1 – Схема экспериментальной субкритической CO₂ установки:

1 – рама; 2 – сепаратор; 3 – экстрактор; 4 – хомут; 5 – кассета; 6 – клапан; 7 – клапан перепускной; 8 – клапан выпускной; 9 – прокладка; 10 – ТЭН гибкий; 11 – теплоизоляция KFLEX; 12 – болт М 18; 13 – гайка М18; 14 – гайка М10; 15 – шпилька М10; 16 – гайка М8; 17 – болт М8; 18 – штуцер М10; 19 – гайка М10; 20 – медная труба; 21 – диск; 22 – трубка с отверстиями; 23 – фланец

Figure 1 – Schematic diagram of the experimental subcritical CO₂ installation:

1 – frame; 2 – separator; 3 – extractor; 4 – clamp; 5 – cassette; 6 – valve; 7 – bypass valve; 8 – outlet valve; 9 – gasket; 10 – flexible heating element; 11 – KFLEX thermal insulation; 12 – bolt M 18; 13 – nut M18; 14 – nut M10; 15 – stud M10; 16 – nut M8; 17 – bolt M8; 18 – nipple M10; 19 – nut M10; 20 – copper pipe; 21 – disk; 22 – tube with holes; 23 – flange

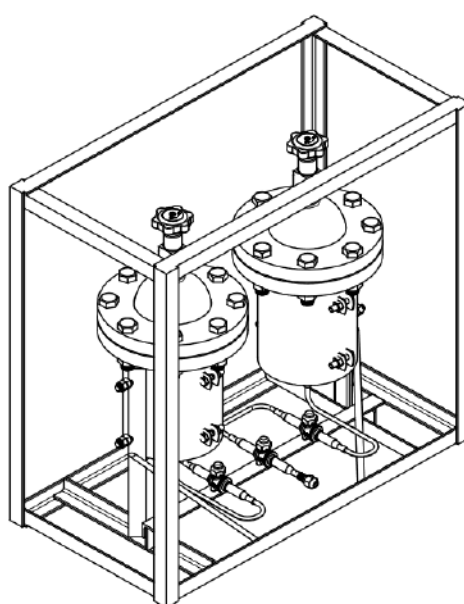


Рисунок 2 – Экспериментальная субкритическая CO₂ установка

Figure 2 – Experimental subcritical CO₂ setup

Экстрактор представляет собой металлический цилиндр (3) с расположенным на нем вентиляем (6) и специальным металлическим заправочным устройством, через которое присоединяется баллон с жидким диоксидом углерода. Так же имеется фланец (23), который обеспечивает разделение экстрактора на несколько рабочих систем, что достаточно эффективно при работе с большими объемами растительного сырья.

Облепиха помещается в специальную перфорированную кассету из нержавеющей стали (5). Внутри кассеты (5) имеется фильтрующая ткань, а также трубка с отверстиями (22) через которые подается диоксид углерода. Кассета (5) соединяется с диском (21) из нержавеющей стали, на котором имеется 6 отверстий для подачи диоксида углерода ко всему объему экстрактора (3). Диск (21) закрепляется в пазах фланцевого соединения.

Для подачи экстрагента из экстрактора (3) в сепаратор (2) используется медная труба (20), а для создания докритического давления, используются трубчатые электрические нагреватели (10). При включении трубчатого электрического нагревателя (10), происходит подогрев сепаратора (2) либо экстрактора (3), за счёт чего создаётся разность давлений между сепаратором (2) и экстрактором (3), происходит улетучивание концентрата облепихи из экстрактора (3) в сепаратор (2). Установка способна работать при максимальном давлении 100 бар. Для устранения влияния внешних теплопритоков из окружающей среды на сепаратор (2) и экстрактор (3), используется теплоизоляция (11).

Экстрагентом в данном случае является диоксид углерода, – **неполярный** растворитель, который в сжиженном виде находится как в субкритическом, так и в сверхкритическом состоянии. Моментом перехода из субкритического состояния в сверхкритическое состояние считается давление 73,8 атм. и температура 31,1 °С. В субкритическом состоянии сжиженный диоксид углерод представляет собой жидкость, соответственно процесс экстракции диоксидом углерода происходит диоксидом углерода в жидком состоянии [8].

Результаты и обсуждение.

Процесс субкритической экстракции на экспериментальной установке происходит согласно схеме представленной на рисунке 3. Облепиха в количестве 0,340 кг, загружается в кассету (5), представленную на рисунке 4 А, которая устанавливается в экстрактор (3). После герметизации экстрактора вся система вакуумируется с помощью вакуумного насоса, что позволяет увеличить количество CO₂ экстрагента в систему.

После вакуумирования в экстрактор подаётся CO₂ экстрагент в газообразном состоянии из баллона с углекислотой в количестве 0,3-0,4 кг до давления 50 бар.

Установка размещается в холодильной камере с температурой минус 5 °С, это позволяет увеличить заправку в баллоны большего объема жидкого CO₂ экстрагента и соответственно получать большее количество готового продукта на одной зарядке.

После достижения необходимой температуры установку перемещают из холодильной камеры и в экстрактор (3) вновь подаётся CO₂ экстрагент, но уже в парожидкостном состоянии за счёт разности давлений и температур между экстрактором и баллоном с углекислотой в количестве 0,6 г.

Экстрактор (3) с облепихой и CO₂ экстрагентом отстаивают на протяжении 10 часов при температуре окружающей среды для насыщения облепихи диоксидом углерода. По истечении данного времени установка с помощью передвижного кантователя переворачивается на 180° и помещается в холодильную камеру с температурой минус 20 °С на 12 часов, для более глубокого насыщения.

На экстракторе (3) расположен трубчатый электронагреватель (10), подключённый через лабораторный автотрансформатор, который позволяет регулировать напряжение, за счёт электронагревателя (10) обеспечивается дополнительный нагрев в экстракторе (3), что защищает концентрат от замерзания в нем готового экстракта. Диоксид углерода, проникнув через слой растительного сырья облепихи, которая находится в экстракторе (3), извлекает растворимые биологически активные вещества в виде облепихового масла.

Далее установка вновь переворачивается в исходное положение на 1 час, при этом жидкая углекислота перепускается из нижней части экстрактора (3) по медной трубе (20) за счёт открытия расположенных на ней вентилях (7) в сепаратор (2). Перепуск осуществляется благодаря разности давлений между экстрактором (3) и сепаратором (2).



Рисунок 3 – Схема работы экстрактора
Figure 3 – Extractor operation diagram

По истечении 1 часа установка вынимается из холодильной камеры, вентили (7) на медной трубе (20) закрываются и открывается вентиль (6) на экстракторе (3) для сброса давления, вынимается кассета (5) с изначально загруженным сырьём. Затем фланцевое соединение экстрактора закрывается вновь. Далее установка с помощью кантователя переворачивается на 180°, открываются вентили на медной трубе (20), включается расположенный на сепараторе (2) трубчатый электронагреватель (10), который подключён через лабораторный автотрансформатор. После этого установку необходимо выдержать при температуре минус 30 °С на протяжении двух часов. В этом случае за счёт разности давлений между сепаратором и экстрактором (3) перепускается газообразный диоксид углерода из сепаратора (2) в экстрактор (3), а экстракт облепихи остаётся в сепараторе (2).

По истечении двух часов перекрывается вентиль (7) на медной трубе (20), расположенный у экстрактора (3), и открывается вентиль (8), который необходим для вывода экстракта из сепаратора (2). Полученный экстракт показан на рисунке 4 Б.

Исследования проводились при давлениях от 30 до 60 бар, максимальное количество выделенных компонентов получено при 50 и 60 бар, но расход энергии был выше при 60 бар, поэтому оптимальным было принято давление для работы установки в 50 бар.



А)

Б)

Рисунок 4 – А) Кассета наполненная облепихой; Б) Экстракт облепихового масла
Figure 4 – A) Cassette filled with sea buckthorn; B) Sea buckthorn oil extract

В таблице 1 представлены компоненты, полученные в облепиховом масле, произведенном в лабораторном экстракторе по методикам [9-14].

Таблица 1 – Компоненты, получаемые в лабораторном экстракторе при субкритических условиях
Table 1 – Components obtained in a laboratory extractor under subcritical conditions

Название / Name	Содержание в % от суммы летучих компонентов в зависимости от давления / Content in % of volatile components as a function of pressure		
	30 бар / bar	40 бар / bar	50 бар / bar
Пинены / Pinenes	4,53	10,3	15,1
Мирцен / Myrcene	2,97	7,0	9,9
Сабинен / Sabinen	1,35	3,15	4,5
Лимонен / Limonene	0,399	0,93	1,33
Бета-каротин / Beta-carotene	0,1	0,25	0,347
Витамин Е / Vitamin E	0,037	0,09	0,122
Витамин К / Vitamin K	-	-	0,01
Пальмитиновая кислота / Palmitic acid	2,64	6,2	8,8
Альфа-линолевая кислота / Alpha-linoleic acid	9,0	21,0	30,01

Таким образом, представленные в таблице 1 витамины, микроэлементы и компоненты в таком процентном соотношении, получают только за счёт субкритической экстракции диоксидом углерода, который находится в жидком состоянии. При самой субкритической экстракции диоксидом углерода оптимальным параметром улетучивания компонентов является создаваемое в экстракторе давление в 50 бар, которое позволяет в разы увеличить выход пальмитиновой кислоты и альфа-линолевой кислоты, а витамин К начинает улетучиваться только при данном давлении.

Также можно заметить, что улетучивание остальных компонентов при давлении 50 бар тоже увеличивается на 30-70% в зависимости от давления и температуры. В связи с этим рекомендуем проводить процесс экстракции субкритическим диоксидом углерода при давлении 50 бар, для извлечения наибольшего количества полезных веществ. Продолжительность проведения процесса экстракции с использованием установок данного типа составляет около 25 часов, что в производственных условиях будет снижать эффективность использования таких экстракторов.

После процесса экстракции масса ягод облепихи уменьшилась на 53,8%, которая складывается из выделившейся жидкости 8,8% и газа 45% от изначально загруженной массы ягод облепихи находящейся в кассете, в результате чего были получены следующие данные: масса облепихи уменьшилась до 0,183 кг на 53,8%, жидкая фаза после замораживания составила 0,03 кг, а масса готового экстракта облепихи – 0,006 кг.

Заключение. Таким образом, получена действующая экспериментальная субкритическая CO₂ установка, которая позволяет проводить экстракцию диоксидом углерода, находящимся в субкритических условиях. Установка способна работать в диапазоне давлений от 0 до 100 бар. Выявлено, что оптимальным давлением для проведения процесса экстракции диоксидом углерода в субкритических условиях является давление 50 бар. Установлено, что при данном давлении полученное масло из облепихи обладает наибольшим выделением компонентов, таких как пинены, мирцен, сабинен, лимонен, бета-каротин, витамин Е, витамин К, пальмитиновая кислота, альфа-линолевая кислота в процессе экстракции диоксидом углерода в субкритических условиях.

Conclusions. Thus, a working experimental subcritical CO₂ unit has been obtained, which allows extraction with carbon dioxide under subcritical conditions. The unit is capable of operating in the pressure range from 0 to 100 bar. It has been found that the optimal pressure for carrying out the process of extraction with carbon dioxide under subcritical conditions is 50 bar. It has been established that at this pressure, the obtained sea buckthorn oil has the highest release of components such as: pinenes, myrcene, sabinene, limonene, beta-carotene, vitamin E, vitamin K, palmitic acid, alpha-linolenic acid in the process of extraction with carbon dioxide under subcritical conditions.

Библиографический список

1. Schaeffer S. T., Zalkow L. H., Teja A. S. Modelling of the Supercritical Fluid Extraction of Monocrotaline from *Crotalaria Spectabilis*. The Journal of Supercritical Fluids. 1989. V. 2. № 1. Pp. 15-21.
2. Плотников И. Б. и др. Разработка мехатронного модуля узла криоконцентратора карусельного типа для обеспечения промышленной безопасности при создании новых продуктов глубокой переработки. Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2024. № 1 (69). С. 118-125.
3. Неверов Е. Н. и др. Схемное решение низкотемпературной установки с рециркуляцией диоксида углерода для снижения экологической нагрузки на окружающую среду. Ползуновский вестник. 2023. № 2. С. 166-173.
4. Короткий И. А. и др. Методика определения криоскопической температуры для различных плодов и ягод. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2022. № 2 (66). С. 202-208.
5. Неверов Е. Н. и др. Исследование режимов замораживания растительной продукции диоксидом углерода. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2021. № 1 (61). С. 326-337.
6. Шевлякова О. А. и др. Извлечение флавоноидов из горянки коротконожковой (*epimedium brevicornum* L.) среде сверхкритического диоксида углерода. Химия растительного сырья. 2015. № 4. С. 51-56.
7. Лью Я., Ван Л. Совместное производство биодизеля и токоферолов из дистиллята дезодорирования соевого масла. Химия и технология топлив и масел. 2010. № 2 (558). С. 12-16.
8. Неверов Е. Н. Производство и применение диоксида углерода в промышленности: монография. Кемерово: КемТИПП, 2012. 178 с.
9. Явич П. А., Чурадзе Л. И., Кахетелидзе М. Б., Габелая М. А. К вопросу использования отдельных химических компонентов в косметических кремах (часть 3). Современные научные исследования и инновации. 2015. № 7. Ч. 5. <https://web.snauka.ru/issues/2015/07/53451>.
10. Fischer B., et al. Extraction of hops pelletized (*Humulus lupulus*) with subcritical CO₂ and hydrodistillation: Chemical composition identification, kinetic model, and evaluation of antioxidant and antimicrobial activity. Food Research International. 2023. V. 167. 112712. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996923002570>.
11. Heidari S., Aleosfoor A., Mohammadi M. Solubility prediction of CO₂ in ionic liquids under subcritical and supercritical carbon dioxide conditions by the adaptive neuro-fuzzy inference system. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering. 2023. V. 7. 100317. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423000221>.
12. Wang X., et al. Influence of sub-supercritical CO₂ on pore structure and fractal characteristics of anthracite: An experimental study. Energy. 2022. V. 261. 125115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222020102>.
13. Cheng Y., et al. The effect of subcritical and supercritical CO₂ on the pore structure of bituminous coals. Journal of Natural Gas Science and Engineering. 2021. V. 94. 104132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1875510021003358>.

References

1. Schaeffer S. T., Zalkow L. H., Teja A. S. Modelling of the Supercritical Fluid Extraction of Monocrotaline from *Crotalaria Spectabilis*. The Journal of Supercritical Fluids. 1989. V. 2. № 1. Pp. 15-21.
2. Plotnikov I. B., et al. Development of a mechatronic module of a carousel-type cryoconcentrator unit to ensure industrial safety in the creation of new products of deep processing. Bulletin of the Bashkir State Agrarian University. 2024. № 1 (69). Pp. 118-125.

3. Neverov E. N., et al. Schematic solution of a low-temperature installation with carbon dioxide recirculation to reduce the environmental burden on the environment. *Polzunov's Bulletin*. 2023. № 2. Pp. 166-173.
4. Korotkiy I. A., et al. Method of determining cryoscopic temperature for various fruits and berries. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2022. № 2 (66). Pp. 202-208.
5. Neverov E. N., et al. Study of Regimes of Freezing of Plant Products with Carbon Dioxide. *Proceedings of the Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Professional Education*. 2021. № 1 (61). Pp. 326-337.
6. Shevlyakova O. A., et al. Extraction of flavonoids from goat weed (*epimedium brevicornum* L.) medium of supercritical carbon dioxide. *Chemistry of plant raw materials*. 2015. № 4. Pp. 51-56.
7. Liu Y., Van L. Co-production of biodiesel and tocopherols from soybean oil deodorization distillate. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2010. № 2 (558). Pp. 12-16.
8. Neverov E. N. *Production and Application of Carbon Dioxide in Industry: Monograph*. Kemerovo: KemTIPP, 2012. 178 p.
9. Yavich P. A., Churadze L. I., Kakhelidze M. B., Gabelaya M. A. On the Issue of the Use of Certain Chemical Components in Cosmetic Creams (Part 3). *Modern scientific research and innovation*. 2015. № 7. Part 5. <https://web.snauka.ru/issues/2015/07/53451>.
10. Fischer B., et al. Extraction of hops pelletized (*Humulus lupulus*) with subcritical CO₂ and hydrodistillation: Chemical composition identification, kinetic model, and evaluation of antioxidant and antimicrobial activity. *Food Research International*. 2023. V. 167. 112712. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996923002570>.
11. Heidari S., Aleosfor A., Mohammadi M. Solubility prediction of CO₂ in ionic liquids under subcritical and supercritical carbon dioxide conditions by the adaptive neuro-fuzzy inference system. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 2023. V. 7. 100317. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423000221>.
12. Wang X., et al. Influence of sub-supercritical CO₂ on pore structure and fractal characteristics of anthracite: An experimental study. *Energy*. 2022. V. 261. 125115. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222020102>.
13. Cheng Y., et al. The effect of subcritical and supercritical CO₂ on the pore structure of bituminous coals. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. 2021. V. 94. 104132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1875510021003358>.

Информация об авторах

Деменюк Роман Александрович, магистр технических наук, преподаватель, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Терешковой, 35), e-mail: rdemenyuk@mail.ru

Неверов Евгений Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Терешковой, 35), e-mail: neverov42@mail.ru

Короткий Игорь Алексеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Терешковой, 35), e-mail: krot69@mail.ru

Тимошук Ирина Вадимовна, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет (Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Терешковой, 35), e-mail: irina_190978@mail.ru

Потураев Вячеслав Алексеевич, аспирант, ассистент кафедры оздоровительной физической культуры, ФГБОУ ВО Кемеровский государственный университет, г. Кемерово, ул. Красная 6, Российская Федерация, тел. 8-960-920-0361, e-mail: 020678@mail.ru

Author's Information

Demenyuk Roman Aleksandrovich, Master of Engineering Sciences, Lecturer, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Tereshkova St., 35), e-mail: rdemenyuk@mail.ru

Neverov Evgeny Nikolaevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the department, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Tereshkova St., 35), e-mail: neverov42@mail.ru

Korotkiy Igor Alekseevich, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of the department, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Tereshkova St., 35), e-mail: krot69@mail.ru

Timoshchuk Irina Vadimovna, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Kemerovo State University (Russian Federation, Kemerovo, Tereshkova St., 35), e-mail: irina_190978@mail.ru

Poturaev Vyacheslav Alekseevich, postgraduate student, Assistant of the Department of Health-improving Physical Culture, Kemerovo State University, Kemerovo, Krasnaya St. 6, Russian Federation, tel. 8-960-920-0361, e-mail: 020678@mail.ru

СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS

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

Новиков А. Е., Цепляев В. А., Семененко С. Я., Цепляев А. Н. Водосберегающая технология возделывания картофеля с применением современных мелиорантов Novikov A. E., Tseplyaev V. A., Semenenko S. Ya., Tseplyaev A. N. Water-saving technology of potato cultivation with the use of modern ameliorants.....	13
Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н. Пути повышения эффективности переработки зерна пшеницы (обзор) Pakhomov V. I., Braginetz S. V., Bakhchevnikov O. N. The ways to improve the efficiency of wheat grain processing (review).....	21
Капранов В. Н., Зеленев А. В., Киселёв Е. Ф., Тегесов Д. С., Плескачев Н. Ю. Роль технологий разного уровня интенсивности в формировании урожайности и качества зерна новых сортов озимой пшеницы Kapranov V. N., Zelenev A. V., Kiselyov E. F., Tegesov D. S., Pleskachyov N. Yu. The role of technologies of different intensity levels in the formation of yield and grain quality of winter wheat new varieties.....	32
Ахмедов А. Д., Абдуова Р. Ю. Эффективность влияния режима орошения и минерального питания на урожайность и качество белокочанной капусты Akhmedov A. D., Abduova R. Yu. The efficiency of irrigation and mineral nutrition on yield and quality of white cabbage.....	43
Петров В. С., Мarmorштейн А. А., Алейникова Г. Ю., Антонян А. К., Христенко П. А. Особенности ростовых процессов и продуктивности отечественных сортов винограда в разнотипных терруарах Petrov V. S., Marmorstehtn A. A., Aleynikova G. Yu., Antonyan A. K. Khristenko P. A. Features of growth processes and productivity of the domestic grape varieties in the different types of terroirs.....	52
Филин В. И., Цепляев А. Н., Тибирийков А. П., Кузнецова Е. А. Влияние сополимеров на показатели качества почвы и растений при возделывании картофеля на орошении Filin V. I., Tseplyaev A. N., Tibirkov A. P., Kuznetsova E. A. The effect of copolymers on qualitative indicators of soil and plants during potato cultivation under irrigation.....	63
Акуленко Е. Г., Островская С. М., Новикова Н. Н., Анишко М. Ю., Мисникова Н. В. Результаты сортоизучения вишни в условиях юго-западной части Нечерноземной зоны России Akulenko E. G., Ostrovskaya S. M., Novilova N. M., Anishko M. Yu., Misnikova N. V. The results of cherry varieties' study under the South-West conditions of the Non-Chernozem zone of Russia.....	70
Бурцева Н. И., Молоканцева Е. И., Земляницына С. В., Головатюк О. В. Результаты использования микробиологических препаратов при возделывании бобовых трав на орошаемых землях Burtseva N. I. Molokantseva E. I., Zemlyanitsyna S. V., Golovatuk O. V. The results of using of microbiological preparations in the cultivation of leguminous grasses on irrigated lands.....	76
Власенко М. В., Кулик А. К. Изменение урожайности растительных сообществ с участием <i>Agropyron cristatum</i> на Иловлинском песчаном массиве под влиянием погодных условий Vlasenko M. V., Kulik A. K. Changes in the yield of plant communities with the <i>Agropyron cristatum</i> participation on the Ilovinsky sand massif under the influence of weather conditions.....	85

Володина И. А., Марунова Л. К. Изменение показателей химического состава люцерны изменчивой (<i>Medicago varia</i> Mart.) сорта Изумруда и донника белого однолетнего (<i>Melilotus albus</i> Medic) сорта Средневолжский в зависимости от применения препарата Мивал-Агро Volodina I. A., Marunova L. K. Changes in the chemical composition of alfalfa variable (<i>Medicago varia</i> Mart.) of the Izumruda variety and annual white sweet clover (<i>Melilotus albus</i> Medic) of the Srednevolzhsky variety, depending on the use of the Mival-agro preparation.....	101
Косых Л. А., Никонорова Ю. Ю. Оценка агроэкологической адаптивности сортов ярового ячменя в условиях лесостепной зоны Среднего Поволжья Kosykh L. A., Nikonorova Yu. Yu. The assessment of the agroecological adaptability of spring barley varieties in the conditions of the forest-steppe zone of the Middle Volga region.....	111
Лейнвебер Е. Ф., Евлагина Е. Г., Евлагин В. Г. Перспективная плодовая шелковица коллекционного генофонда Станции шелководства Leinweber E. F., Evlagina E. G., Evlagin V. G. Promising fruit mulberry from the collection gene pool of sericulture station.....	119
Малахова А. А., Балашов А. В., Набойченко К. В., Грабов Р. С. Сроки посева нута для оптимизации урожайности на светло-каштановых почвах Волгоградской области Malakhova A. A., Balashov A. V., Naboichenko K. V., Grabov R. S. Chickpea sowing dates to optimize yields on light chestnut soils of the Volgograd region.....	129
Новикова А. А., Подласова Е. Ю., Глущенко Н. Н. Влияние предпосевной обработки семян микроэлементами в ультрадисперсной форме на качество зерна <i>Triticum durum</i> Desf L. Novikova A. A., Podlasova E. Yu., Glushchenko N. N. The effect of pre-sowing seed treatment with trace elements in ultrafine form on grain quality <i>Triticum durum</i> Desf L.....	137
Романов Б. В., Парамонов А. В., Черногор Л. В., Пасько С. В. Оценка перспективных линий тритикале различного назначения Romanov B. V., Paramonov A. V., Chernogor L. A., Pasko S. V. Evaluation of promising triticale lines of various assignments.....	145
Шарипова Р. Б., Петров М. В. Оценка изменения основных климатических параметров, их влияние на промерзание почвы на примере Ульяновской области Sharipova R. B., Petrov M. V. The assessment of the changes in the main climatic parameters and their impact on soil freezing on the example of the Ulyanovsk region	155
Луцкий Е. О., Сундырева М. А., Баранов М. О., Леонова А. А. Влияние эндогенных и экзогенных жасмонатов на стрессоустойчивость винограда Lutsky E. O., Sundyreva M. A., Baranov M. O., Leonova A. A. The influence of endogenous and exogenous jasmonates on the stress resistance of grapes.....	163
Сиуков С. С., Семенов С. Я. Поверхностный сток: глобальный и локальный аспекты Siukov S. S., Semenenko S. Ya. Surface runoff: global and local aspects.....	173
Лихоманов Н. Д., Боровой Е. П., Лихоманова М. А., Кузнецова Н. В., Овсянников Л. А. Перспективные способы орошения капусты белокочанной Likhomanov N. D., Borovoy E. P., Likhomanova M. A., Kuznetsova N. V., Ovsyannikov L. A. Promising methods of irrigation of the white cabbage.....	184
Маликова П. С., Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А. Влияние спектров света на процесс поглощения CO ₂ у привитой рассады огурца Malikova P. S., Gichenkova O. G., Laptina Yu. A. The effect of light spectra on the CO ₂ absorption process in grafted cucumber seedlings.....	195

Рокотянский М. И., Сарычев А. Н., Резникова О. В. Роль органоминеральных удобрений в формировании продуктивности гибридов зернового сорго на светло-каштановых почвах Rokotyansky M. I., Sarychev A. N., Reznikova O. V. The role of organic mineral fertilizers in the formation of productivity of grain sorghum hybrids on light chestnut soils.....	202
Евлагина Е. Г., Евлагин В. Г., Лейнвебер Е. Ф. Влияние различных гидротермических режимов инкубации на продуктивность тутового шелкопряда Evlagina E. G., Evlagin V. G., Leinweber E. F. The influence of various hydrothermal incubation regimes on the productivity of the silkworm.....	213
Kuzenko A. N., Koshelev A. V. The historical aspect of the formation of Pinus sylvestris protective forest plantations in the Volgograd region Кузенко А. Н., Кошелев А. В. Исторический аспект формирования защитных лесных насаждений из сосны обыкновенной в Волгоградской области.....	227
Мелихова А. В. Пространственная структура антропогенных объектов в Астраханском Заволжье Melihova A. V. Spatial structure of anthropogenic objects in the Astrakhan trans-Volga region.....	234
ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ / ANIMAL SCIENCE AND VETERINARY MEDICINE	
Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В., Гиро М. В., Воронцова Е. С., Суркова С. А., Абрамов С. В., Мосолова Е. А. Эффективность использования новых кормовых добавок при производстве продукции животноводства (обзор) Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., Giro M. V., Vorontsova E. S., Surkova S. A., Abramov S. V., Mosolova E. A. The efficiency of using new feed additives in the production of animal husbandry products (review).....	242
Гаджиев З. К., Рачков И. Г., Кононова Л. В., Катков К. А., Смирнова Л. М. Использование обобщенного числового показателя качества в племенном коневодстве Gadzhiev Z. K., Rachkov I. G., Kononova L. V., Katkov K. A., Smirnova L. M. The use of a generalized numerical quality indicator in pedigree horse breeding.....	250
Забелина М. В., Горошко Д. Д., Ряднов А. А., Светлов В. В. Влияние органических микроэлементов на экстерьерный профиль, индексы телосложения и молочную продуктивность коз зааненской породы в Правобережье Саратовской области Zabelina M. V., Goroshko D. D., Ryadnov A. A., Svetlov V. V. The influence of organic trace elements on the exterior profile, body indexes and milk productivity of Zaanen goats in the Right Bank of the Saratov region.....	265
Карапетыан А. К., Николаев С. И., Мосиенко Л. И., Чехранова С. В., Воронцова Е. С., Даниленко И. Ю., Шкаленко В. В., Суханова С. Ф. Влияние адресных рецептур премиксов на интенсивность роста бычков, выращиваемых на мясо Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Mosienko L. I., Chekhranova S. V., Vorontsova E. S., Danilenko I. Yu., Shkalenko V. V., Sukhanova S. F. The influence of the targeted premix formulations on the growth intensity of bulls raised for meat	274
Корниенко С. В., Кизеров А. А., Горлов И. Ф. Вентиляция с нагнетанием или разряжением воздуха в помещениях для животных Korniyenko S. V., Kizerov A. A., Gorlov I. F. Ventilation with air supply or vacuum in livestock buildings.....	282
Мосолов А. А., Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Абрамов С. В., Хорошевская Л. В., Орехова М. А. Влияние новых кормовых средств на прирост и показатели убоя индеек кросса BIG-6 Mosolov A. A., Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Abramov S. V., Khoroshevskaya L. V., Orekhova M. A. The impact of new feed products on the growth and slaughter rates of BIG-6 turkeys.....	293

Рогалева Е. В., Семененко М. П., Абрамов А. А., Жуганов И. В. Биофармацевтическая разработка и изучение токсикологического профиля новой кормовой добавки гепатопротекторной направленности Rogaleva E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Zhuganov I. V. Biopharmaceutical development and research the toxicological profile of the new feed additive hepatoprotective orientation.....	301
Агапова В. Н., Ранделин Д. А., Агапов С. Ю., Воронцова Е. С., Таловерко А. Ю. Гематологические и биохимические показатели крови радужной форели (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) под влиянием гаприна Agapova V. N., Randelin D. A., Agapov S. Yu., Vorontsova E. S., Taloverko A. Yu. Hematological and biochemical blood parameters of the rainbow trout (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) under the influence of gaperin.....	309
Рябова М. А., Николаев С. И., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С., Баймишев Р. Х., Батанов С. Д. Влияние кормового белкового концентрата «Волжский» на яичную продуктивность и качество яиц кур-несушек Ryabova M. A., Nikolaev S. I., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S., Baymishev R. H., Batanov S. D. The effect of «Volzhsky» feed protein concentrate on egg productivity and egg quality of laying hens.....	320
Андреева И. А., Карапетян А. К., Николаев С. И., Даниленко И. Ю., Чехранова С. В., Шкаленко В. В., Воронцова Е. С. Кормовая ценность горчичного концентрата «Горлинка» и подсолнечного жмыха Andreeva I. A., Karapetyan A. K., Nikolaev S. I., Danilenko I. Yu., Chehranova S. V., Shkalenko V. V., Vorontsova E. S. The feed value of mustard concentrate "Gorlinka" and sunflower cake.....	331
Анподист А. В., Поддубная И. В., Зименс Ю. Н. Эффективность использования концентрата рапсового белка в кормлении радужной форели Anpodist A. V., Poddubnaya I. V., Zimens Yu. N. The efficiency of using of the rapeseed protein concentrate in rainbow trout feeding.....	340
Скрыпка С. Н., Швецов Н. Н., Чехранова С. В., Николаев С. И., Воронцова Е. С., Иванов А. В. Эффективность использования премикса «ULTRA» при кормлении дойных коров Skrypka S. N., Shvetsov N. N., Chekhranova S. V., Nikolaev S. I., Vorontsova E. S., Ivanov A. V. The efficiency of using "ULTRA" premix when feeding dairy cows.....	348
Юдина К. С., Кочарян В. Д. Определение эффективности синхронизации половой охоты у свиноматок в условиях высокотехнологического комплекса Yudina K. S., Kocharyan V. D. Determination of the efficiency of heat synchronization in sows in a high-tech complex.....	355

АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ / AGROENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Дорохов А. С., Сибирев А. В., Мосяков М. А. Разработка цифровой системы автоматизированного движения роботизированного комплекса машин для закладки на хранение картофеля и овощных культур Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Mosyakov M. A. Development of a digital system for automated movement of a robotic complex of machines for stacking potatoes and vegetable crops for storage.....	364
Борисенко И. Б., Габуншина А. А. Обоснование применения технологии полосового опрыскивания при выращивании томатов в Астраханской области Borisenko I. B., Gabunshina A. A. Substantiation of the use of strip spraying technology in tomato cultivation in the Astrakhan region.....	372

Бочарников В. С., Денисова М. А., Гиззатова Г. Л., Бочкова И. А., Бочарникова О. В., Соловьев А. В. Улучшение качества природных вод с использованием цеолитовых опок Bocharnikov V. S., Denisova M. A., Gizzatova G. L., Bochkova I. A., Bocharnikova O. V., Soloviev A. V. The improving of the quality of natural waters using zeolite flasks.....	379
Васильев С. А., Алексеев В. В., Филиппов В. П., Васильев А. А., Забалуев Ю. С., Сироткина М. Е. Моделирование кольматации почвенных частиц в искусственно создаваемых слоях почвы для реализации органического земледелия Vasiliev S. A., Alekseev V. V., Filippov V. P., Vasiliev A. A., Zabaluev Yu. S., Sirotkina M. E. Modeling of soil particle colmatation in artificially created soil layers for the implementation of organic farming.....	386
Лебедь Н. И., Цепляев В. А., Цепляев А. Н., Токарев К. Е., Фомин С. Д., Русаков Е. Г. Разработка алгоритма поведения и имитационное моделирование робототехнического устройства идентификации контаминации и удаления образцов при микроклональном размножении растений в условиях in vitro Lebed N. I., Tseplyaev V. A., Tseplyaev A. N., Tokarev K. E., Fomin S. D., Rusakov E. G. The development of the behavior algorithm and simulation of the robotic device for identification of contamination and removal of samples in microclonal reproduction of plants in vitro.....	393
Мелихова Е. В., Куприянов А. А. Определение поливной нормы при капельном орошении на основе агрофизического подхода Melikhova E. V., Kupriyanov A. A. The determination of the irrigation rate for drip irrigation based on the agrophysical approach.....	402
Нехорошев Д. А., Нехорошев Д. Д., Бирюков М. А., Нехорошев Н. Д. Исследование процесса измельчения злаковых культур Nekhoroshev D. A., Nekhoroshev D. D., Biryukov M. A., Nekhoroshev N. D. The study of the grinding cereal crops process.....	410
Ряднов А. И., Тишанинова А. О., Давыдова С. А., Тронеv С. В. Оптимизация параметров устройства подачи тростника южного на очес метелок при производстве гранул Ryadnov A. I., Tishaninova A. O., Davydova S. A., Tronev S. V. The optimization of the parameters of the southern reed feeding device for the removal of panicles in the production of pellets.....	417
Евдокимов А. П., Петрухин В. А., Лещенко А. А. Распределение энергетической облученности, создаваемой линейной галогенной лампой накаливания на нагреваемой поверхности Evdokimov A. P., Petrukhin V. A., Leshchenko A. A. Distribution of energy irradiation generated by a linear halogen filament lamp on the heated surface.....	426
Курбанов Р. К., Захарова Н. И., Мешков А. В. Разработка мобильного приложения для расчета оптимальных параметров полетного задания БВС Kurbanov R. K., Zakharova N. I., Meshkov A. V. The development of a mobile application for calculating the optimal parameters of the UAV flight task..	436
Мартынова Н. Б., Щербаков А. О., Журавлева Л. А. Перспективы механизации внутрпочвенной укладки капельной ленты Martynova N. B., Shcherbakov A. O., Zhuravleva L. A. Prospects of the mechanization of intra-soil drip tape laying.....	446
Мирошниченко Ю. А., Гамаюнов П. П., Фомин С. Д. Использование предприятием АПК интеллектуальной системы управления на базе технологии Блокчейн Miroshnichenko Yu. A., Gamayunov P. P., Fomin S. D. The use of the intelligent management system based on the Blockchain technology by the agro-industrial complex enterprise.....	455

Семенихина Ю. А., Камбулов С. И., Пахомов В. И., Рыков В. Б., Полушкин О. А., Белоусов С. В. Возделывание озимой пшеницы в многолетнем опыте Semenikhina Y. A., Kambulov S. I., Pakhomov V. I., Rykov V. B., Polushkin O. A., Belousov S. V. Cultivation of winter wheat in many years of experience.....	462
Хлопов А. А. Разработка натурального средства для обеспечения гомогенности кунжутного урбеча при хранении Khlopov A. A. The development of the natural remedy to ensure the homogeneity of sesame paste during the storage.....	474
Деменюк Р. А., Неверов Е. Н., Короткий И. А., Тимощук И. В., Потураев В. А. Методика производства масла из сырья растительного происхождения в углекислотной лабораторной установке Demenyuk R. A., Neverov E. N., Korotkiy I. A., Timoshchuk I. V., Poturaev V. A. The method of producing oil from raw materials of vegetable origin in a carbon dioxide laboratory installation.....	483
СОДЕРЖАНИЕ / ABSTRACTS.....	494

**ПРАВИЛА НАПРАВЛЕНИЯ, РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ И ОПУБЛИКОВАНИЯ
НАУЧНЫХ СТАТЕЙ 2025**

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 и некорректных заимствований, определения объема оригинальности авторского текста в Центр наукометрического анализа международных систем индексирования (НАМСИ).
3. Проверка цитирований и ссылок на использованные источники, определение степени заимствования, обусловленного целями цитирования, 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 в РИО и НТБ для корректуры и редактирования материала статьи, в том числе англоязычной части.

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 – Arial, размер шрифта 10,5. 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). Все рисунки должны быть четкими, надписи хорошо видны.

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 истолкованным как влияющий на результаты оценки их рукописи. Все источники финансовой поддержки должны быть раскрыты.

Рекомендуемый объем статьи: **основной текст** (без названия, авторов, аннотации, ключевых слов и библиографического списка) – от **15 тыс.** знаков с пробелами (от 2000 слов), полный текст – от 30 тыс. знаков с пробелами (от 4000 слов) (**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 в соответствии с рекомендованным АНРИ (Ассоциацией научных редакторов и издателей) международным стандартом Vancouver Style (образец – на сайте).

**RULES OF DIRECTION, REVIEW AND PUBLICATION
OF SCIENTIFIC ARTICLES 2025**

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 (NAMS) (izvestplag@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 on publication within three days, the manuscript of the article is sent to RIO and NTB for proofreading and editing of the article's material, including the English-language part.
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 – Arial, font size 10,5. 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.

Recommended length of the article: the main text (without title, authors, annotation, keywords and bibliographic list) – from 15 thousand characters with spaces (from 2000 words), the full text – from 30 thousand characters with spaces (from 4000 words) (10-12 pages).

REGISTRATION OF BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

Bibliographical references to the list of references must be formatted with the digital serial number indicated in the line of text in square brackets. In the case of a reference to an exact quote, you must additionally indicate the numbers of the corresponding pages, separated by commas, for example [7, p. 36].

The list of references is numbered in the order of mention in the text; it must be formatted in accordance with the international standard Vancouver Style recommended by ANRI.

**Известия
Нижеволжского агроуниверситетского комплекса:
наука и высшее профессиональное образование № 1 (79), 2025**

Ответственный редактор – *Д. А. Шишлянникова*
Технический редактор – *Т. А. Ситникова*
Компьютерная верстка – *Е. С. Дергачева*
Перевод – *Н. В. Тураева*

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 6 раз в год.

Подписной индекс ПП573
Адрес издателя и редакции: 400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.
Электронная почта izvestiya-volgau@mail.ru
Дата выхода 28.02.2025.
Тираж 1000 (первый завод 100). Заказ 46.
Отпечатано в Издательско-полиграфическом комплексе Волгоградского ГАУ «Нива»
400002, Волгоград, Университетский пр-т, 26.

Цена свободная

* * *

**Proceedings
of Nizhnevolzhskiy agrouniversity complex:
Science and higher vocational education № 1 (79), 2025**

Executive editor – *D. A. Shishlyannikova*
Technical editor – *T. A. Sitnikova*
Desktop publishing – *E. S. Dergacheva*
Translation – *N. V. Turaeva*

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 6 times a year.

Subscription Index ПП573
Address of publisher and editorial staff: 400002, Volgograd, University Avenue, 26
E-mail: izvestiya-volgau@mail.ru
Release Date 28.02.2025.
Edition 1000 (first factory 100). Order 46.
Printed at the Publishing and Printing Complex of the Volgograd State Agrarian University «Niva»
400002, Volgograd, University Avenue, 26.

Free price