

# Аграрная наука Евро-Северо-Востока

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

Научный журнал  
Федерального аграрного  
научного центра  
Северо-Востока  
имени Н. В. Рудницкого



Том 21  
№ 6  
2020

Vol. 21  
No. 6  
2020

© Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»  
(ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Издание зарегистрировано  
Федеральной службой  
по надзору в сфере связи,  
информационных  
технологий и массовых  
коммуникаций

Регистрационный номер  
ПИ №ФС77-72290  
от 01.02.2018 г.

**Цель журнала** – публикация и распространение результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского и охотничьего хозяйств, при приоритетном освещении проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем северных территорий к меняющимся климатическим условиям.

**Целевая аудитория** – научные работники, преподаватели, аспиранты, докторанты, магистранты, специалисты АПК из России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

## Рубрики журнала:

- ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ
- ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ (Растениеводство. Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции. Кормопроизводство. Земледелие, агрохимия, мелиорация. Зоотехния. Ветеринарная медицина. Звероводство, охотоведение. Механизация, электрификация, автоматизация. Экономика)
- ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- РЕЦЕНЗИИ
- ХРОНИКА

Контент доступен  
под лицензией Creative  
Commons Attribution 4.0  
License



**Главный редактор** – Сысуюев Василий Алексеевич, д.т.н., профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Зам. главного редактора** – Рубцова Наталья Ефимовна, к.с.-х.н., доцент, зав. научно-организационным отделом ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

**Ответственные секретари:** Соболева Наталия Николаевна, инженер по НТИ научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия,

Веселова Наталья Васильевна – к.с.-х., ученый секретарь научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

## Редакционный совет

- |                               |   |
|-------------------------------|---|
| Андреев Николай Руфеевич      | д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопроductов, г. Москва, Россия   |
| Багиров Вугар Алиевич         | д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, г. Москва, Россия  |
| Баталова Галина Аркадьевна    | д.с.-х.н., профессор, академик РАН, зам. директора по селекционной работе, зав. отделом овса ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия  |
| Гурьянов Александр Михайлович | д.с.-х.н., профессор, директор Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Саранск, Россия  |
| Дёгтева Светлана Владимировна | д.б.н., врио директора Института биологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия  |
| Джавадов Эдуард Джавадович    | д.в.н., заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, профессор кафедры эпизоотологии им. В. П. Урбана Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия   |
| Домский Игорь Александрович   | д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, г. Киров, Россия   |
| Еремин Сергей Петрович        | д.в.н., профессор, заведующий кафедрой частной зоотехнии, разведения с.-х. животных и акушерства Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия  |
| Иванов Дмитрий Анатольевич    | д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Москва, Россия   |
| Казакевич Пётр Петрович       | д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, зам. председателя Президиума НАН Беларуси, иностранный член РАН, г. Минск, Республика Беларусь   |
| Косолапов Владимир Михайлович | д.с.-х.н., профессор, академик РАН, директор Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса   |
| Костяев Александр Иванович    | д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК и сельских территорий Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБНУ «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия |
| Куликов Иван Михайлович       | д.э.н., профессор, академик РАН, директор Всероссийского селекционно-технологического института садоводства и питомниководства, г. Москва, Россия   |
| Леднев Андрей Викторович      | д.с.-х.н., доцент, руководитель, главный научный сотрудник Удмуртского НИИСХ – структурного подразделения Удмуртского ФИЦ УрО РАН, г. Ижевск, Россия  |
| Никонова Галина Николаевна    | д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБНУ «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Россия  |
| Пашкина Юлия Викторовна       | д.в.н., Почетный работник ВПО РФ, профессор кафедры эпизоотологии, паразитологии и ветсанэкспертизы Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия   |
| Савченко Иван Васильевич      | д.б.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела растительных ресурсов Всероссийского научно-исследовательского института лекарственных и ароматических растений, г. Москва, Россия  |

**Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук**

Журнал включен в базы данных РИНЦ, ВИНИТИ, AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) на ведущей мировой платформе Web of Science, BASE, Dimensions, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, EBSCO

Полные тексты статей доступны на сайтах электронных научных библиотек: eLIBRARY.RU: <http://elibrary.ru/>; ЭНСХБ:

<http://www.cnsheb.ru/elbib.shtm>;  
CYBERLENINKA:  
<https://cyberleninka.ru/>  
журнала:  
<http://www.agronauka-sv.ru>

Оформить подписку можно в любом почтовом отделении по каталогу «Пресса России» подписной индекс 58391

Электронная версия журнала: <http://www.agronauka-sv.ru>

Адрес издателя и редакции:  
610007, г. Киров,  
ул. Ленина, 166а,  
тел./факс (8332) 33-10-25;  
тел. (8332) 33-07-21  
[www.agronauka-sv.ru](http://www.agronauka-sv.ru)

E-mail: [agronauka-esv@fanc-sv.ru](mailto:agronauka-esv@fanc-sv.ru)

Техническая редакция,  
верстка И. В. Кодочигова

Макет обложки  
Н. Н. Соболева

На 4-й странице обложки фото  
В. Малишевского

Подписано к печати  
09.12.2020 г.

Дата выхода в свет  
24.12.2020 г.

Формат 60x84<sup>1/8</sup>.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 19,06  
Тираж 100 экз. Заказ 33.  
Свободная цена

Отпечатано с оригинал-макета

Адрес типографии:  
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока  
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Самоделькин  
Александр  
Геннадьевич

д.б.н., профессор, заслуженный ветеринарный врач РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

Сисягин  
Павел Николаевич

д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия, г. Нижний Новгород, Россия

Титова  
Вера Ивановна

д.с.-х.н., профессор, заслуженный агрохимик РФ, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, г. Нижний Новгород, Россия

Токарев  
Антон Николаевич

д.в.н., доцент, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы Санкт-Петербургской государственной академии ветеринарной медицины, г. Санкт-Петербург, Россия

Урбан  
Эрома Петрович

д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, заместитель генерального директора по научной работе Научно-практического центра НАН Беларуси по земледелию, г. Минск, Республика Беларусь

Цой  
Юрий Алексеевич

д.т.н., профессор, чл.-корр. РАН, Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва, Россия

Широких  
Ирина Геннадьевна

д.б.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, профессор Вятского государственного университета, г. Киров, Россия

Шенникова  
Ирина Николаевна

д.с.-х.н., доцент, чл.-корр. РАН, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Changzhong Ren

Президент Байченской академии сельскохозяйственных наук (КНР), иностранный член РАН, г. Байчен, Китай

Ivanovs Semjons

д.т.н., Латвийский университет естественных наук и технологий, г. Елгава, Латвия

Marczuk Andrzej

д.т.н., профессор, декан факультета Люблинского природоохранного университета, г. Люблин, Польша

Náhlik András

профессор, ректор, Университет Шопрона, Институт охраны дикой природы и зоологии позвоночных, г. Шопрон, Венгрия

Poutanen Kaisa

профессор VTT технического исследовательского центра Финляндии, г. Эспоо, Финляндия

Romaniuk Wazlaw

д.т.н., профессор, Технологического-природоохранного института, г. Варшава, Польша

Yu Li

профессор, научный руководитель Цилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член Академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай

#### Редакционная коллегия

Алешкин Алексей  
Владимирович

д.т.н., профессор кафедры промышленной безопасности и инженерных систем Вятского государственного университета, г. Киров, Россия

Баранов Александр  
Васильевич

д.б.н., профессор, г. Кострома, Россия

Брандорф  
Анна Зиновьевна

д.с.-х.н., директор Федерального научного центра по пчеловодству, г. Рыбное, Россия

Бурков Александр  
Иванович

д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ, главный научный сотрудник, зав. лабораторией зерно- и семяочистительных машин ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Егошина Татьяна  
Леонидовна

д.б.н., профессор, зав. отделом экологии и ресурсосведения Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, г. Киров, Россия

Ивановский  
Александр  
Александрович

д.в.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией ветеринарной биотехнологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Козлова Людмила  
Михайловна

д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, зав. отделом земледелия, агрохимии и мелиорации ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Костенко Ольга  
Владимировна

к.э.н., доцент, врио проректора по экономике и инновациям Вятской государственной сельскохозяйственной академии, г. Киров, Россия

Рябова Ольга  
Вениаминовна

к.б.н., доцент кафедры микробиологии Пермской государственной фармацевтической академии, г. Пермь, Россия

Савельев Александр  
Павлович

д.б.н., главный научный сотрудник отдела экологии животных Всероссийского научно-исследовательского института охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова, г. Киров, Россия

Товстик Евгения  
Владимировна

к.б.н., доцент, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии, с.н.с. Центра компетенций «Экологические технологии и системы» Вятского государственного университета, г. Киров, Россия

Филатов  
Андрей Викторович

д.в.н., профессор кафедры экологии и зоологии Вятской государственной сельскохозяйственной академии, г. Киров, Россия

Шешегова  
Татьяна Кузьмовна

д.б.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Юнусов Губейдулла  
Сибяттулович

д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки с.-х. продукции Аграрно-технологического института Марийского государственного института, заслуженный работник сельского хозяйства Республики Марий Эл, г. Йошкар-Ола, Россия

# Agricultural Science Euro-North-East, 2020; 21(6)

*Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*

Peer-reviewed scientific journal was established in 2000

The journal is published six times per year. DOI: 10.30766

© The founder of the journal is Federal Agricultural Research Center  
of the North-East named N.V. Rudnitsky (FARC North-East) 610007, Kirov, Lenin str., 166a

The publication is registered  
by the Federal Service for  
Supervision of Communications,  
Information Technology and  
Mass Media

Registration number  
PI №FS 77-72290 01 Feb 2018

**Aim of the Journal** – publication and distribution of results of fundamental and applied researches conducted by native and foreign scientists for scientific support of agricultural and hunting sectors, with focus on the problems of rational use of natural resources and adaptation of agroecosystems of northern territories to changing climatic conditions.

**Target audience** – scientists, university professors, graduate students, postdoctoral, masters, specialists of agro-industrial complex from Russia, countries of CIS and far-abroad countries.

## Headings

- REVIEWS
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES  
(Plant Growing. Storage and Processing of Agricultural Production. Fodder Production. Agriculture, Agrochemistry, Land Improvement. Zootechny. Veterinary Medicine. Fur Farming and Hunting. Mechanization, Electrification, Automation. Economy)
- DISCUSSION PAPERS
- PEER-REVIEWS
- CURRENT EVENTS

All the materials of the  
«Agricultural Science Euro-North-East» journal are available  
under Creative Commons  
Attribution 4.0 License



**Editor-in-chief** – Vasily A. Sysuev, Dr. of Sci. (Engineering), the professor, academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, academic advisor of the FARC North-East, Kirov, Russia

**Deputy editor-in-chief** – Natalya E. Rubtsova, Cand. of Sci. (Agricultural), associate professor, Head of the Science and Organization Department, FARC North-East, Kirov, Russia

**The responsible secretaries:** Natalia N. Soboleva, engineer of scientific and technical information, the Science and Organization Department, FARC North-East, Kirov, Russia,  
Natalya V. Veselova, Cand. of Sci. (Agricultural), scientific secretary, the Science and Organization Department, FARC North-East, Kirov, Russia

## Editorial council

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Nikolay R. Andreev</b>      | Dr. of Sci. (Engineering), corresponding member of RAS, academic advisor of the All-Russia scientific research institute of Starch Products, Moscow, Russia   |
| <b>Vugar A. Bagirov</b>        | Dr. of Sci. (Biology), professor, corresponding member of RAS, Director of the Department of Coordination of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia  |
| <b>Galina A. Batalova</b>      | Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the deputy director on selection work, the head of Department of oats of the FARC North-East, Kirov, Russia  |
| <b>Alexander M. Guryanov</b>   | Dr. of Sci. (Agricultural), professor, director of Mordovia Agricultural Research Institute –Branch of FARC North-East, Saransk, Russia   |
| <b>Svetlana V. Degteva</b>     | Dr. of Sci. (Biology), the acting director of Institute of biology of Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia   |
| <b>Eduard D. Dzhavadov</b>     | Dr. of Sci. (Veterinary), Honored Worker of Science of the Russian Federation, academician of RAS, professor at the Department of Epizootology named after V.P. Urban, Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia  |
| <b>Igor A. Domskiy</b>         | Dr. of Sci. (Veterinary), professor, corresponding member of RAS, Director of Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia  |
| <b>Sergey P. Eremin</b>        | Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Head of the Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia  |
| <b>Dmitriy A. Ivanov</b>       | Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia  |
| <b>Petr P. Kazakevich</b>      | Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy Chairman of Presidium of Belarus NAS, a foreign member of RAS, Minsk, Republic of Belarus   |
| <b>Vladimir M. Kosolapov</b>   | Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia  |
| <b>Aleksandr I. Kostjaev</b>   | Dr. of Sci. (Economics), professor, academician of RAS, chief researcher, Department of Economic and Social Problems of the Development of Regional Agro-Industrial Complex and Rural Territories the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia |
| <b>Ivan M. Kulikov</b>         | Dr. of Sci. (Economics) professor, academician of RAS, director of the All-Russia Selection and Technology Institute of Horticulture and Nursery, Moscow, Russia  |
| <b>Andrei V. Lednev</b>        | Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, head of Udmurt Research Institute of Agriculture – branch of the Federal State Budgetary Institution of Science Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia  |
| <b>Galina N. Nikonova</b>      | Dr. of Sci. (Economics), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia   |
| <b>Yulia V. Pashkina</b>       | Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Honorary worker of higher vocational education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia  |
| <b>Ivan V. Savchenko</b>       | Dr. of Sci. (Biology), the professor, academician of RAS, chief researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia  |
| <b>Alexander G. Samodelkin</b> | Dr. of Sci. (Biology), professor, Honored Veterinarian of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Vocational Education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia   |

**The Journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications, where research results from «Candidate of Science» and «Doctor of Science» academic degree dissertations have to be published**

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) on the world's leading platform Web of Science, BASE, Dimensions, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, EBSCO

The full texts of articles are available on the websites of the following journals and scientific electronic libraries: eLIBRARY.RU, Electronic Scientific Agricultural Library, CYBERLENINKA, Google Scholar

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), Abstract journal and databases of All-Russian Institute of Scientific and Technical Information

You can subscribe in any post office According to the catalog "Press of Russia" subscription index 58391

Electronic version of the journal: <http://www.agronauka-sv.ru>

**Publisher and editorial address:**  
610007, Kirov, Lenin str., 166a,  
tel./fax (8332) 33-10-25;  
tel. (8332) 33-07-21

[www.agronauka-sv.ru](http://www.agronauka-sv.ru)

E-mail: [agronauka-esv@fanc-sv.ru](mailto:agronauka-esv@fanc-sv.ru)

Technical edition, layout  
Irina V. Kodochigova

Cover layout  
Natalia N. Soboleva

On the outside back cover there is the photo of V. Malishevsky

Passed for printing  
09.12.2020.

**Date of publication**  
24.12.2020.

Format 60x84<sup>1/8</sup>. Offset paper.  
Cond. pecc. 1. 19.06  
Circulation 100 copies. Order 33.  
Free price.

**Address of the printing house:**  
FGBNU FARC North-East.  
610007, Kirov, Lenin str., 166a

- Pavel N. Sisjagin** Dr. of Sci. (Veterinary), the professor, corresponding member of RAS, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Vera I. Titova** Dr. of Sci. (Agricultural), professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Anton N. Tokarev** Dr. of Sci. (Veterinary), associate professor, head of the Department, Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia
- Eroma P. Urban** Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy General Director for Research, Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Minsk, Republic of Belarus
- Yu. A. Tsoy** Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of RAS, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russia
- Irina G. Shirokich** Dr. of Sci. (Biology), leading researcher, head of the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms, FARC North-East, professor at the Department of Microbiology, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Irina N. Shchennikova** Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, corresponding member of RAS, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Breeding of Barley, FARC North-East, Kirov, Russia
- Changzhong Ren** President of the Baicheng Academy of Agricultural Sciences (China), a foreign member of RAS, Baicheng, China
- Semjons Ivanovs** Dr. of Sci. (Engineering), Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Latvia
- Andrzej Marczuk** Dr. of Sci. (Engineering), professor, dean, University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland
- András Náhlik** The professor, rector, University of Sopron, Institute of Wildlife Management and Vertebrate Zoology, Sopron, Hungary
- Kaisa Poutanen** Dr. of Sci. (Engineering), Academy Professor, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland
- Vaclav Romaniuk** Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, Poland
- Li Yu** Professor, academic adviser of the Institute of Mycology of Jilin Agricultural University, a foreign member of RAS, Changchun, China

#### Editorial Board

- Aleksey V. Aleshkin** Dr. of Sci. (Engineering), professor at the Department of Industrial Security and Engineering systems, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Alexander V. Baranov** Dr. of Sci. (Biology), the professor, Kostroma, Russia
- Anna S. Brandorf** Dr. of Sci. (Agricultural), the director of the Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoe, Russia
- Alexander I. Burkov** Dr. of Sci. (Engineering), professor, chief researcher, the Honored Inventor of the Russian Federation, head of the Laboratory of Grain- and Seed-Cleaning Machines, FARC North-East, Kirov, Russia
- Tatyana L. Egoshina** Dr. of Sci. (Biology), professor, Head of the Department of Ecology and Resource Management, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
- Alexander A. Ivanovsky** Dr. of Sci. (Veterinary), head of the Laboratory of Veterinary Biotechnology, FARC North-East, Kirov, Russia
- Lyudmila M. Kozlova** Dr. of Sci. (Agricultural), head of the Department of Agriculture, Agrochemistry and Land Improvement, FARC North-East, Kirov, Russia
- Olga V. Kostenko** Cand. of Sci. (Economics), associate professor, Acting Pro-Rector for Economy and Innovation, Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia
- Olga V. Ryabova** Cand. of Sci. (Biology), associate professor at the Department of Microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia
- Alexander P. Saveljev** Dr. of Sci. (Biology), chief researcher, the Department of Animal Ecology, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
- Evgeniya V. Tovstik** Cand. Sci. (Biology), associate professor at the Department of Basic Chemistry and Chemistry Training Methodology, senior researcher at the Center of Competence and Environmental Technologies and Systems, Vyatka State University, Kirov, Russia
- Andrey V. Filatov** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, the Department of Ecology and Zoology, Vyatka State Agricultural Academy, Kirov, Russia
- Tatyana K. Sheshegova** Dr. of Sci. (Biology), senior researcher, head of the Laboratory of Immunity and Plants Protection, FARC North-East, Kirov, Russia
- Gubeidulla S. Junusov** Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Agricultural Technologies of Mari State University, the Honored Worker of Agriculture of Republic of Mary El, Yoshkar-Ola, Russia

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБЗОРЫ

- Н. С. Шиманская, И. В. Ущановский, С. В. Прокофьев*  
Тенденции совершенствования методов и приборов для оценки качества льносырья (обзор).... 639

### РАСТЕНИЕВОДСТВО

- И. Ф. Дёмина*  
Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья..... 653
- В. Н. Пакуль, С. В. Мартынова*  
Новый сорт ярового ячменя Толкан зернофуражного использования..... 660
- Е. В. Попова, Е. Г. Арзамасова, М. Н. Грипась*  
Изучение биологических особенностей клевера красноватого (*Trifolium rubens* L.), как объекта интродукции, в условиях Волго-Вятского региона..... 668
- Н. Ю. Малышева, Т. Б. Нагиев, Н. В. Ковалёва, Л. Л. Малышев*  
Влияние отбора на хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной..... 680
- Е. А. Трабурова, Т. А. Рожмина, И. А. Андреева*  
Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья..... 688
- Н. Ф. Синцова, И. В. Лыскова*  
Изучение исходного материала картофеля в условиях Кировской области..... 697
- И. Н. Шагин, Д. Д. Тележинский, А. В. Шляс*  
Оценка сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства по генам биосинтеза этилена с использованием молекулярных маркеров..... 706
- Т. Г. Леконцева, А. В. Федоров*  
Клональное микроразмножение декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench)..... 713

### ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

- Л. М. Козлова, Е. Н. Носкова, Ф. А. Попов*  
Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии..... 721
- В. Г. Антонов*  
Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике..... 733
- А. А. Сухарев, Г. В. Овсянникова*  
Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании мягкой озимой пшеницы Краса Дона в южной зоне Ростовской области..... 743
- А. К. Свечников*  
Преимущества травянозерновых севооборотов от продления срока использования клеверо-люцерно-тимофеечной смеси..... 752
- А. Д. Степин, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева, С. В. Уткина, Н. В. Романова*  
Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых среднекультуренных почвах в условиях Псковской области..... 764
- В. В. Леонтьева, Д. А. Дементьев, А. А. Фадеев*  
Влияние щелчевания междурядий на урожайность хмеля и общие физические свойства почвы.... 777

### ЭКОНОМИКА

- Г. Н. Никонова, Б. С. Джабраилова, А. Г. Никонов*  
Территориальные особенности рынка земли в сельской местности..... 786

## CONTENTS

### REVIEWS

- Natalia S. Shimanskaya, Igor V. Uschapovsky, Sergey V. Prokofiev*  
Trends in the improvement of methods and equipment for the assessment of flax raw material (review)..... 639

### PLANT GROWING

- Irina F. Demina*  
The results of study of collection samples of spring soft wheat in the Middle Volga Region..... 653
- Vera N. Pakul, Svetlana V. Martynova*  
New spring barley variety Tolkan of fodder-grain use..... 660
- Eugenia V. Popova, Ekaterina G. Arzamasova, Maria N. Gripas'*  
Studying the biological characteristics of red feather clover (*Trifolium rubens L.*), as an object of introduction in the conditions of the Volgo-Vyatka region..... 668
- Natalia Yu. Malysheva, Taleh B. Nagiev, Nadezhda V. Kovaleva, Leonid L. Malyshev*  
Influence of selection on economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue..... 680
- Elena A. Traburova, Tatiana A. Rozhmina, Irina A. Andreeva*  
Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region..... 688
- Nina F. Sintsova, Irina V. Lyskova*  
The study of the source material of potatoes under conditions of Kirov region..... 697
- Ivan N. Shamshin, Dmitrii D. Telezhinskiy, Anna V. Shlyavas*  
Evaluation of apple varieties of the Sverdlovsk horticultural breeding station according to the ethylene biosynthesis genes using molecular markers..... 706
- Tatyana G. Lekontseva, Alexander V. Fedorov*  
Clonal micropropagation of decorative cereal *Molinia caerulea (L.) Moench*..... 713

### AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

- Lyudmila M. Kozlova, Eugenia N. Noskova, Fyodor A. Popov*  
Assessment of the development of cereal diseases when applying resource saving soil tillage systems and using biopreparations in adaptive landscape crop farming..... 721
- Vitaly G. Antonov*  
The effect of minimum methods of primary tillage on the structural and aggregate composition of gray forest soil in the Chuvash Republic..... 733
- Aleksander A. Sukharev, Galina V. Ovsyannikova*  
Periods of ammonium nitrate application during the cultivation of soft winter wheat variety Krasa Dona in the southern part of the Rostov region..... 743
- Alexander K. Svechnikov*  
Advantages of grass-grain crop rotations due to prolonged use of clover-alfalfa-timothy mixture.... 752
- Aleksander D. Stepin, Michail N. Rysev, Tamara A. Ryseva, Svetlana V. Utkina, Nadezhda V. Romanova*  
Reaction of fiber flax varieties to seeding rates, sowing time and optimization of mineral nutrition on sod-podzolic medium-cultivated soils in the Pskov region..... 764
- Valentina V. Leontieva, Dmitrii A. Dementiev, Andrey A. Fadeef*  
The effect of slotting between rows on hop yield and on the general physical characteristics of the soil..... 777

### ECONOMY

- Galina N. Nikonova, Bariyat S. Dzhabrailova, Alexey G. Nikonov*  
Territorial features of the land market in rural areas..... 786

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.639-652>  
УДК 633.521: 677.11



## Тенденции совершенствования методов и приборов для оценки качества льносырья (обзор)

© 2020. Н. С. Шиманская ✉, И. В. Ущাপовский, С. В. Прокофьев  
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь,  
Российская Федерация

*В статье представлены результаты анализа методов и приборного оборудования для оценки качества льнотресты и льноволокна. Представлены существующие методы и виды оборудования. Описаны разработанные устройства для определения основных показателей качества льноволокна в Российской Федерации, республиках Беларусь и Украина. Приведены методы, оборудование и современные технологии, применяемые для определения качества льноволокна в Европейских странах, Канаде и США. Отмечена роль современных разработок для повышения эффективности льняного производства. Обозначены перспективные методы и приборы для определения основных показателей качества. Применение метода автоматизированного прогнозирования технологической ценности стеблей льна-долгуна позволяет на основе морфологического и анатомического анализа проводить комплексную оценку их качества. Современные возможности электронной сканирующей микроскопии осуществляют контроль химического состава и структурных элементов стеблей льна на различных этапах роста и развития, а также в период мацерации. Использование инфракрасной спектроскопии обеспечивает высокую точность определения показателей влажности, прочности, содержания волокна и выхода длинного волокна. Однако наряду с высокоточным оборудованием необходимы оборудование и приборы, позволяющие определять основные технологические показатели в полевых условиях с минимальными затратами труда, времени и средств. Исследования в данном направлении ранее проводили во Всероссийском научно-исследовательском институте по переработке лубяных культур и Костромском государственном технологическом университете, но разработки ученых не были проверены в производстве и серийно не выпускались. Быстрые и объективные методы измерения обеспечат получение точных показателей в процессе мацерации и первичной переработке лнотресты, что повысит технологическую ценность и конкурентоспособность льноволокна.*

**Ключевые слова:** технологическая оценка, лнотреста, льноволокно, качество тресты, электронная микроскопия, ИК-спектроскопия, рентгеновская спектромикроскопия, термогравиметрия

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (№ 0477-2019-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Шиманская Н. С., Ущাপовский И. В., Прокофьев С. В. Тенденции совершенствования методов и приборов для оценки качества льносырья (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020; 21(6):639-652. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.639-652>

Поступила: 10.07.2020 Принята к публикации: 12.11.2020 Опубликовано онлайн: 10.12.2020

## Trends in the improvement of methods and equipment for the assessment of flax raw material (review)

© 2020. Natalia S. Shimanskaya ✉, Igor V. Ushapovsky, Sergey V. Prokofiev  
Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

*The article provides the results of the analysis of methods and instrument equipment for the assessment of quality parameters of retted flax straw and flax fiber. The traditional methods and equipment are presented. The devices developed for flax fiber quality testing used in the Russian Federation, the Republic of Belarus and Ukraine are described. Methods, equipment and modern technologies used to determine the quality of flax fiber in European countries, Canada and the United States are provided. The role of modern developments to improve the efficiency of flax production is noted. Promising methods and devices for determining the main quality indicators are identified. The use of the method of automated forecasting of technological value of fiber flax stalks makes it possible to conduct a comprehensive quality assessment based on morphological and anatomical analysis. Modern capabilities of electronic scanning microscopy provide the control of the chemical composition and structural elements of flax stems at various stages of growth and development, as well as during maceration. The use of infrared spectrometry provides high accuracy in determining humidity, strength, fiber content, and long fiber yield. However, along with high-precision equipment, there is the need for equipment and devices that allow determining the main technological indicators in the field with minimal labor, time and money costs. Research in this direction was previously carried out at the All-Russian Scientific Research Institute of Bast Crops Processing and in Kostroma State Technological*

*University. However, the developments of the scientists were not tested in the production process and were not mass-produced. High speed and objective measurement methods will provide the accurate indicators during the process of maceration and primary processing of retted straw that will increase the technological value and competitiveness of flax fiber.*

**Keywords:** *technological assessment, retted flax straw, flax fiber, quality of retted flax straw, electronic microscopy, IR spectrometry, X-ray spectromicroscopy, thermogravimetry*

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No.0477-2019-0005).

The author thanks the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Shimanskaya N. S., Uschapovsky I. V., Prokofiev S. V. Trends in the improvement of methods and equipment for the assessment of flax raw material (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6): 639-652. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.639-652>

Received: 10.07.2020

Accepted for publication: 12.11.2020

Published online: 10.12.2020

Развитие льняного производства было и остается приоритетным для агропромышленного комплекса России, так как оно объединяет аграрную и промышленную часть производства и переработки. Несмотря на то, что сфера потребления льняной целлюлозы постоянно расширяется и потребность льноволокна по прогнозам на 2020 год составляет 351 тыс. тонн, льнокомплекс страны находится в кризисном состоянии<sup>1</sup> [1, 2]. Как показывает исторический анализ отрасли льноводства, проведенный рядом исследователей, получение высококачественного льносырья всегда было достаточно сложной задачей [3]. Особенность льнопроизводства в том, что выращивание и производство тресты находится в сильной зависимости от метеорологических условий [4, 5, 6, 7].

В настоящее время количество факторов, влияющих на получение льнопродукции, многократно возросло, и в таких условиях номер тресты с одного поля может варьировать от 2 до 6 сортономеров. Неоднородность сырья и вариабельность основных параметров качества существенно снижают технологическую ценность льнопродукции<sup>2</sup> [8]. Несоблюдение технологических операций, несовершенство техники и оборудования первичной обработки приводят к тому, что только одна треть получаемого льноволокна пригодна для выработки текстильных изделий [4, 9]. Важно обеспечить не только необходимые объемы льнопродукции, но и получать продукцию, соответствующую требованиям государственных стандартов. В Российской Федерации разработаны государственные стандарты на тресту льняную

и лен трепаный в соответствии с требованиями текстильной промышленности. Стандартизация льносырья основана на прогнозе качества тресты и длинного волокна по основным параметрам и присвоении ему соответствующего номера. Установлено, что на номер волокна существенное влияние оказывают показатели горстевой длины (от 44 до 53 %), группы цвета (от 3 до 23 %), прочности и гибкости волокна (от 10 до 30 %). Как отмечает ряд исследователей<sup>3</sup>, доля влияния показателей горстевой длины и группы цвета на номер волокна в применяемом стандарте преувеличена, в то время как доля влияния разрывной нагрузки в производственных условиях выше указанных.

Анализ существующих методов и приборов для оценки качества льнотресты и льноволокна выявил ряд проблем, которые отражаются на качестве проведения анализов и точности полученных результатов. Более того, при определении основных показателей используют органолептическую оценку, которая обуславливает субъективность полученных результатов. Только объективная оценка качества льноволокна обеспечивает рациональное использование и увеличивает его ценность для текстильной промышленности. Именно поэтому вопросы совершенствования методов и приборов для оценки качества льнотресты и льноволокна не теряют своей актуальности.

**Цель обзора** – провести анализ методов и оборудования для оценки качества льносырья и рассмотреть новейшие тенденции их совершенствования.

<sup>1</sup>Льноперерабатывающий комплекс Российской Федерации. ФГБУ «Агентство «Лен». 2020. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.nsss-russia.ru/wp-content/uploads/2020/01/ФГБУ-Агентство-Лен.pdf> (дата обращения: 16.02.2020).

<sup>2</sup>Румянцева И. А. Оценка качества стланцевой льняной тресты в полевых условиях. Тезисы научно-практической конференции. Вологда: ОАО «Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности», 2008. С. 188-189.

<sup>3</sup>Карпунин Б. Ф., Гулов В. А., Карацеева Ю. Т. Технологии производства льняного волокна для климатических условий Российской Федерации. Методические рекомендации для сельскохозяйственных консультантов. М.: ФГБНУ «Росинформатех», 2017. 124 с.

**Материал и методы.** Материалами для аналитического обзора послужили опубликованные научные статьи отечественных и зарубежных авторов в области льноводства, льноперерабатывающей и текстильной промышленности, государственные стандарты Российской Федерации, патенты на изобретения и методические издания.

Поиск материалов был проведен по базам данных e-Library и CyberLeninka, на сайтах журналов «Московский экономический журнал», «АгроЭкоИнфо», «Технология текстильной промышленности», осуществлен поиск патентов на изобретения в базах Panteon и Роспатент. Для изучения принят материал, изданный в период 2010-2020 гг., а ранние публикации изучали только при отсутствии материала по интересующему аспекту исследуемой темы.

**Основная часть.** В настоящее время оценку качества льнотресты и льноволокна проводят в соответствии с требованиями, указанными в ГОСТ 24383-89 «Треста льняная»<sup>4</sup>, ГОСТ 10330-76 «Лен трепаный»<sup>5</sup>, ГОСТ Р 53143-2008 «Треста льняная»<sup>6</sup> и ГОСТ Р 53484-2009 «Лен трепаный»<sup>7</sup>.

Согласно ГОСТ 24383-89 свойства льнотресты определяют по показателям влажности, отделяемости, горстевой длины, засоренности, выходу волокна и группе цвета. В соответствии со стандартами определение влажности проводят с помощью влагомеров ВЛК-1, ВЛР-1; сушильных устройств УС-4, ВСЛК-1; сушильного шкафа СШ-1 и СФОА. Отделяемость льнотресты определяют на приборе ООВ, но данный метод очень трудоёмок,

требует предварительной подготовки проб. Группу цвета волокна определяют путём сравнения изучаемых образцов со стандартными или с помощью компаратора цвета типа КЦ. Измерение прочности льнотресты проводят по методике, представленной в ГОСТ 2975-73 «Треста льняная. Технические условия»<sup>8</sup>. Для определения разрывной нагрузки применяют лабораторную мялку ЛМ-3, динамометр ДКВ-60 или разрывную машину РМП-1. Для определения выхода длинного волокна используют станки СМТ-200 М и лабораторные весы.

В ГОСТах Р 53484-2009 и Р 53143-2008 представлены стандартные методы и оборудование, дополненные новыми разработками для оценки качества льнотресты и волокна. Основой для создания стандартов послужили разработки сотрудников ВНИИЛК<sup>9</sup> (ФГБНУ ФНЦ ЛК) и Костромского ГТУ (ФГБОУ ВО Костромской государственной университет). На основании исследований предложено оборудование для определения вылежки льна (ОВЛ), группы цвета (ПГЦ), мяльно-трепальный станок СМТ-500 и анализатор качества волокна АКВ<sup>10, 11, 12</sup> [10].

Прибор ОВЛ состоит из светофильтров и фотодиода с диапазоном измерений в ультрафиолетовой области спектра, что позволяет определять цвет стеблей и соответственно «отделяемость стланцевого волокна». Преимуществом этого прибора является возможность измерения отделяемости льнотресты в полевых условиях. Прибор ПГЦ для определения группы цвета включает ЭВМ, сканер и специальное программное обеспечение.

<sup>4</sup>ГОСТ 24383-89. Треста льняная. Технические условия. Введ. 01.01.91. М., 1991. 12 с.

<sup>5</sup>ГОСТ 10330-76 Лен трепаный. Технические условия. Введ. 01.07.1977. М., 1977. 12 с.

<sup>6</sup>ГОСТ Р 53143-2008 Треста льняная. Требования при заготовках. Введ. 01.01.2010. М.: Стандартинформ, 2009. 10 с.

<sup>7</sup>ГОСТ Р 53484-2009 Лен трепаный. Технические условия. Введ. 01.01.2011. М.: Стандартинформ, 2011. 16 с.

<sup>8</sup>ГОСТ 2975-73 Треста льняная. Технические условия. Введ. 01.01.1973. М., 1973. 18 с.

<sup>9</sup>Пашин Е. Л., Виноградова А. Е., Ломагин В. Н. Устройство для определения отделяемости волокна в стланцевой тресте: пат. 2324921 Рос. Федерация. № 2006138757/28; заявл. 02.11.2006; опубл. 20.05.08, Бюл. № 14. 5 с. Режим доступа: [https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips\\_servlet?DB=RUPAT&m=3738&DocNumber=2324921&TypeFile=html](https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet?DB=RUPAT&m=3738&DocNumber=2324921&TypeFile=html)

<sup>10</sup>Пашин Е. Л. Новое лабораторное оборудование для контроля свойств льна. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. научн.-практ. конф. Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2011. Вып. 2. С. 117-118.

<sup>11</sup>Пашина Л. В., Пашин Е. Л., Татаринцев С. В. Совершенствование метода определения выхода длинного волокна для задач квалиметрии и стандартизации льняной тресты. Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности: мат-лы докладов Междунар. научн.-техн. конф., 26-27 ноября 2014 г. УО «ВГТУ». Витебск, 2014. С. 455-456. Режим доступа: <http://rep.vstu.by/handle/123456789/5924>

<sup>12</sup>Пашин Е. Л., Соболева Е. В., Куликов А. В. Совершенствование системы квалиметрии и метрологии при стандартизации льна. Тезисы научно-практической конференции. Вологда: ОАО «Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности», 2008. С. 190-191.

Суть метода заключается в подготовке пробы анализируемого образца к анализу и получении цифрового изображения с последующей оценкой параметров цвета<sup>13</sup>. Заслуживает внимания и прибор для комплексной оценки льноволокна – анализатор качества волокна АКВ. Волокно, полученное в мяльно-трепальном станке, помещают в анализатор, где и происходит анализ волокна с последующим определением номера тресты<sup>14</sup>. Прибор АКВ рекомендуют использовать для проведения оценки льнотресты в полевых и лабораторных условиях. Преимуществом является мобильность оборудования. Несмотря на вышечисленные преимущества, оборудование не проверено в производстве и серийно не выпускалось.

Разработкой приборов для морфологической и технологической оценки стеблей льна и в целом лубоволокнистого сырья занимаются сотрудники опытной станции лубяных культур Института Северо-Востока Национальной академии аграрных наук Украины. Ими созданы макеты более совершенных приборов для определения диаметра стеблей льна и определения линейной плотности волокна. Оптико-механический прибор для определения диаметра стеблей состоит из измерительного узла, лазерного диода и шкалы<sup>15</sup>. Преимущество прибора заключается в простоте, скорости, точности определений из-за отсутствия деформации стеблей. Основой определения линейной плотности волокна является зави-

симость между степенью расщепленности волокон в пробе и временем прохождения через нее порций воздуха заданного объема и давления. Достоинствами являются высокая производительность и точность.

Рассматривая опыт зарубежных стран, следует отметить, что чаще всего для определения технологических показателей льноволокна используют общее оборудование, применяемое в текстильной промышленности. Это разрывной автомат для пряжи и нитей – STATIMAT ME<sup>16, 17</sup> (Германия), машины Instron<sup>18</sup>, MTC Synergie RT100, стелометр (ISO 3060<sup>19</sup>) и т. д. [7, 11]. Автомат STATIMAT ME производится фирмой Textechno, используется для определения прочности, удлинения и коэффициента вариации разрывной нагрузки. Машины Instron Model 4500 оснащены высокоточной и высокопроизводительной измерительной системой, что позволяет с помощью программного обеспечения Merlin IX (Instron Corp.) автоматически записывать и обрабатывать результаты испытаний на компьютере. В США, Австралии, Франции тонины волокна определяют эталонным методом или методом воздушного потока (ISO 2370<sup>20</sup>), цвет волокна с помощью спектрофотометра Minolta и системы CIELab<sup>21</sup> (ISO 11664<sup>22</sup>). Цветовое пространство CIELab описывает математически в трех измерениях: уровень яркости ( $L^*$ ); оттенок цвета – зелено-красный ( $a^*$ ) и сине-желтый ( $b^*$ ) [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19].

<sup>13</sup>Булатов В. В., Орлов А. В., Пашин Е. Л. Способ определения группы цвета льняного волокна: пат. 2691768 Рос. Федерация. № 2017142465; заявл. 05.12.2017; опубл. 18.06.2019, Бюл. № 17. 7 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39288444>

<sup>14</sup>Румянцев И. А. Оценка качества стланцевой льняной тресты в полевых условиях. Тезисы научно-практической конференции. Вологда: ОАО «Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности», 2008. С. 188-189.

<sup>15</sup>Головий А. В., Жуплатова Л. М., Мохер Ю. В. Новые приборы для определения качества льна-долгунца. Инновационные разработки для производства льна: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. ФГНУ ВНИИМЛ. Тверь, 2015. С. 283-287. Режим доступа: <https://fncl.ru/upload/medialibrary/178/1785d49eb3c2ecb73f9a687976c7ff1c.pdf>

<sup>16</sup>Разрывной автомат для пряжи и нитей STATIMAT ME+. [Электронный ресурс].

Режим доступа: <https://www.textechno.com/product/statimat-me/?lang=ru> (дата обращения: 16.08.2020).

<sup>17</sup>Automatic Tensile Tester for Yarns STATIMAT ME+. [Электронный ресурс].

Available at: <https://www.textechno.com/product/statimat-me> (accessed: 16.08.2020).

<sup>18</sup>Henriksson G., Akin D. E., Hanlin R. T., Rodriguez C., Archibald D. D., Rigsby L. L., Eriksson K. L. Identification and retting efficiencies of fungi isolated from dew-retted flax in the United States and Europe. American Society for Microbiology. 1997; (63(10)):3950-3956. DOI: <https://doi.org/10.1128/aem.63.10.3950-3956.1997>

<sup>19</sup>Stelometer Волокно Комплект Тестер прочности [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://russian.alibaba.com/product-detail/stelometer-fiber-bundle-strength-tester-yg011-60856543216.html> (дата обращения: 18.08.2020).

<sup>20</sup>ISO 2370:1980 Textiles – Determination of fineness of flax fibres – Permeametric methods.

Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/7209.html> (accessed: 18.08.2020).

<sup>21</sup>Эбхей Ш. CIELab – измерение цвета на различных материалах. 2014.

Available at: [https://www.publish.ru/articles/200403\\_4050359](https://www.publish.ru/articles/200403_4050359) (accessed: 18.08.2020).

<sup>22</sup>ISO 11664-1:2007. Colorimetry – Part 1: CIE standard colorimetric observers.

Available at: <https://www.iso.org/standard/52495.html> (accessed: 21.02.2020).

Несмотря на то, что имеется достаточно широкий спектр методов и приборов для определения показателей качества волокна, в отдельных странах его оценку проводят на основе органолептического тестирования. В большинстве случаев это связано с отсутствием объективных стандартов и методов для быстрой и недорогой оценки. В настоящее время вопрос необходимости разработки новых способов оценки льняного волокна все чаще поднимается в различных странах [7, 15, 19]. Количество работ отечественных и зарубежных авторов по изучению новых способов и оборудования с применением современных технологий постоянно увеличивается. В связи с этим, в отдельную группу можно выделить все разработки, основанные на применении современных электронных и цифровых технологий. Среди них MS-70 фирмы AND<sup>23</sup> – электронный анализатор влажности, который с помощью 20 автоматических программ измерения определяет влажность сырья с погрешностью до 0,001 %. Принцип работы прибора заключается в анализе влаги, испаряющейся при нагревании исследуемого образца<sup>24</sup>. Учеными ФГБНУ ФНЦ ЛК разработано устройство для измерения влажности ИВЛТ<sup>25</sup> и влагомер ВСЛК-1 М<sup>26</sup>. Индикатор ИВТЛ обеспечивает оценку влажности льняной тресты в рулоне без предварительного отбора проб. Модернизированный термогравиметрический влагомер

ВСЛК-1 М применяют для определения влажности сырья после сушки.

В научной литературе представлено большое количество работ, посвященных применению ИК-Фурье спектроскопии в технологической оценке качества льняной тресты и льноволокна [7, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]. Зарубежные учёные на основе спектроскопических методов проводят оценку степени мацерации, определяют содержание волокна и разрывную нагрузку. С помощью инфракрасного Фурье-спектрометра NEXUS<sup>TM</sup> E.S.P.<sup>27</sup> проведена оценка химического состава волокон после мацерации и оценка чистоты льноволокна<sup>28</sup> [27]. Спектрометрические методы широко применяют и отечественные учёные, на основе исследований установлена эффективность лабораторного спектрофотометра СФ-256 БИК<sup>29</sup> при определении химического состава льняной тресты и оценке показателей влажности, отделяемости<sup>30</sup> льняной тресты и прочности волокна<sup>31, 32, 33</sup> [28, 31]. Методика проведения измерений указанных показателей имеет свои особенности. В частности, установление влажности тресты основано на определении гидроксильных групп и молекул воды; степень готовности тресты – на изменении процентного содержания флавонолов [24]; прочность волокна – на измерении процентного содержания лигнина и пектиновых веществ [28].

<sup>23</sup>AND MS-70 – Анализаторы влажности. ООО "Мир весов" [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mirvesov.ru/analizatory-vlazhnosti/731.htm> (дата обращения: 21.02.2020).

<sup>24</sup>Анализатор влажности AND MS-70 (влагомер). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.дешевыевесы.pdf/vesy/analizatory-vlazhnosti/analizator-vlazhnosti-and-ms-70.html> (дата обращения: 15.09.2020).

<sup>25</sup>Конохов В. Ю., Ростовцев Р. А., Уткин А. А. Устройство для измерения влажности тресты льна в рулонах: пат. 189236 Рос. Федерация. № 2019105173; заявл. 25.02.2019; опубл. 16.05.2019, Бюл. № 14. 7 с. Режим доступа: [https://yandex.ru/patents/doc/RU189236U1\\_20190516](https://yandex.ru/patents/doc/RU189236U1_20190516) (дата обращения: 14.08.2020).

<sup>26</sup>Романов В.А. Модернизированный влагомер льносырья. Техника и оборудование для села. 2011;(12)20-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17240476>

<sup>27</sup>NEXUS<sup>TM</sup> E.S.P. Thermo Nicolet Nexus 470 FT-IR ESP espectrómetro año 2000. Available at: [https://www.ebay.com/itm/Thermo-Nicolet-Nexus-470-FT-IR-ESP-Spectrometer-Year-2000-/333258738105?\\_ul=CL](https://www.ebay.com/itm/Thermo-Nicolet-Nexus-470-FT-IR-ESP-Spectrometer-Year-2000-/333258738105?_ul=CL) (accessed: 7.03.2020).

<sup>28</sup>Титок В. В., Леонтьев В. Н., Юренкова С. И., Лугин В. Г., Хотылёва Л. В. Новые подходы в определении качества льноволокна. Химия и технология органических веществ: труды БГТУ. Сер. 4. Минск, 2006. Вып. 14. С. 127-130. Режим доступа: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/30854>

<sup>29</sup>Спектрофотометры СФ-256 БИК. ОАО «ЛОКО» [Электронный ресурс].

Режим доступа: <https://all-pribors.ru/opisanie/21558-01-sf-256bik-17801> (дата обращения: 21.02.2020).

<sup>30</sup>Ефремов А. С., Каткова А. А., Дроздов В. Г. Способ измерения отделяемости льняной тресты: пат. 2464547. Рос. Федерация. № 2011116807/28; заявл. 27.04.2011; опубл. 20.10.2012, Бюл. № 29. 6 с.

Режим доступа: [https://rusneb.ru/catalog/000224\\_000128\\_0002464547\\_20121020\\_C1\\_RU](https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002464547_20121020_C1_RU)

<sup>31</sup>Ефремов А. С., Дроздов В. Г., Мозохин А. Е. Способ измерения прочности льняной тресты: пат. 2525598. Рос. Федерация. № 2012154931/28; заявл. 18.12.2012; опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20. 6 с.

Режим доступа: [https://rusneb.ru/catalog/000224\\_000128\\_0002525598\\_20140820\\_C1\\_RU](https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002525598_20140820_C1_RU)

<sup>32</sup>Дроздов В. Г., Мозохин А. Е. Технологический контроль прочности льняной тресты методом ближней инфракрасной спектроскопии. Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: мат-лы Междунар. научн.- практ. конф. Кострома, 2011. С. 71-75.

<sup>33</sup>Мочалов Л. В., Дроздов В. Г. Применение неразрушающего контроля для оценки технологических свойств льняного сырья. Актуальные проблемы науки и технологиях текстильной и легкой промышленности: сб. тр. Междунар. научн.- техн. конф. Кострома, 2016. С. 145-147.

Преимуществом данного оборудования является точность и экономичность, прибор отечественного производства и его стоимость ниже зарубежных аналогов. Немаловажно, что применение инфракрасной спектроскопии не ограничивается указанными параметрами, и на основе данного метода возможно определение содержания волокна<sup>34</sup> и выхода длинного волокна [19, 20, 22].

Помимо высокой точности, преимуществом данного оборудования является надёжность, простота подготовки проб и сокращение временных затрат на проведение исследований<sup>35</sup>, применение его позволяет провести оценку структурной организации волокон и его свойств методом неразрушающего контроля. Особенно важно, что оборудование для инфракрасной спектроскопии можно применять для непрерывного контроля параметров льнотресты в потоке при первичной переработке на льнозаводах<sup>36</sup>, однако его внедрения в производство не происходит ввиду существенных финансовых затрат.

Многочисленные научные публикации посвящены не только применению технологий инфракрасной спектроскопии в оценке качества льнотресты и льноволокна, но и широкому использованию сканирующей электронной микроскопии и термогравиметрии<sup>37</sup> [14, 26, 29,

30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39]. Для проведения электронной микроскопии применяют сканирующие электронные микроскопы типа Jeol JSM 6460LV<sup>38</sup>, JEOL 840A<sup>39</sup> (JEOL Ltd, Токио, Япония) и JSM-5610 LV<sup>40</sup> с системой химического анализа EDX JED-2201 JEOL<sup>41</sup>. Данный метод дает возможность оценить морфологические особенности микрофибрилл льноволокна и структурных компонентов клетки<sup>42</sup>. Термогравиметрический анализ волокна, для проведения которого применяют аппараты Mettler Toledo TGA/DSC 1<sup>43</sup>, TA-4000<sup>44</sup> (модуль ТГ-50), Setaram TM 92, позволяет определять основные полимерные компоненты стебля льна: лигнин, целлюлозу, гемицеллюлозу, пектиновые вещества [18, 33, 38, 39]. Преимущества указанных методов заключаются в возможности определения особенностей структурной организации лубяных пучков, связанных с показателями качества и содержанием различных химических элементов [33].

Применение льняного волокна в производстве биокмполитов способствовало более глубокому изучению структуры лубяных пучков и элементарных волокон на основе методов автономного лазерного сканирования, рентгеновской спектромикроскопии, рентгеновской микротомографии [18, 38, 40].

<sup>34</sup>Meijer W. J. M., Vertregt N., Rutgers B., Van de Waart M. The pectin content as a measure of the retting and rettability of flax. *Ind. Crops Prod.* 1995;4:273-284.

<sup>35</sup>Мозохин А. Е. Совершенствование метода контроля технологических свойств льняной тресты с использованием инфракрасной спектроскопии: дис. ... канд. техн. наук: 05.19.01. Кострома, 2014. 158 с.

<sup>36</sup>Мозохин А. Е. Бесконтактный и неразрушимый контроль параметров льнотресты в потоке методом ближней инфракрасной спектроскопии. Инновации молодежной науки: тезисы докл. Всерос. науч. конф. молодых ученых. СПб.: СПГУТД, 2011. Ч.4. С. 182-183. Режим доступа: [http://publish.sutd.ru/docs/content/st\\_tezis\\_4\\_2011.pdf](http://publish.sutd.ru/docs/content/st_tezis_4_2011.pdf)

<sup>37</sup>Вакула С. И., Леонтьев В. Н., Никитинская Т. В., Титок В. В. Сравнительный анализ количественных признаков льна культурного (*Linum Usitatissimum* L.) с использованием компьютерной морфометрии. Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 4: Химия и технология органических веществ. 2009;1(4):196-200. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22029903>

<sup>38</sup>Электронная микроскопия. [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://emicroscope.ru/microscopes/rastr/termo/jsm-6510.html> (дата обращения: 5.09.2020).

<sup>39</sup>Микроскоп электронный – Jeol-JSM-840A. [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://ru.medwow.com/used-electron-microscope/jeol/jsm-840a/382230297.item> (дата обращения: 24.08.2020).

<sup>40</sup>JSM-5610 LV ООО "Токио Бэки" [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://emicroscope.ru/microscopes/rastr/termo/jsm-6510.html> (дата обращения: 10.03.2020).

<sup>41</sup>EDX JED-2201 JEOL ООО "Токио Бэки" [Электронный ресурс].

Режим доступа: <http://emicroscope.ru/microscopes/microanaliz/eds/jeol/jed-2300f.html> (дата обращения: 10.03.2020).

<sup>42</sup>Титок В. В., Леонтьев В. Н., Юренкова С. И., Лугин В. Г., Хотылёва Л. В. Указ. соч.

Режим доступа: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/30854>

<sup>43</sup>Термогравиметрический анализ (ТГА). [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.mt.com/ru/ru/home/products/Laboratory\\_Analytics\\_Browse/TA\\_Family\\_Browse/TGA.html](https://www.mt.com/ru/ru/home/products/Laboratory_Analytics_Browse/TA_Family_Browse/TGA.html) (дата обращения: 5.09.2020).

<sup>44</sup>Термоанализатор TA-4000 (Mettler). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://reestrinform.ru/reestr-oborudovaniya-minpromtorg/perechen-oborudovaniya-i-priborov-dlia-fizicheskikh-issledovaniy/termoanalizator-ta-4000-mettler-obj9027.html> (дата обращения: 5.09.2020).

Автономное лазерное сканирование с помощью устройства аналитической системы (FDAS), управляемого программным обеспечением UvWin 3.60 ® (Diastron Ltd., Hampshire, UK), проводит измерение размеров поперечного сечения волокон. Благодаря высокоточной бесконтактной лазерной измерительной системе (LSM 500S<sup>45</sup>, Mitutoyo, Japan), прибор измеряет поперечные размеры пучков волокон с разрешением до 0,01 мкм. [40]. При измерении поперечного сечения пучков применяют метод прямого оптического микрофотографирования, которое осуществляют оптическим микроскопом Leica<sup>46</sup>, оснащенный моноблоком и цифровым фотоаппаратом Sony [38, 40]. Изучение морфологических характеристик лигноцеллюлозных волокон проводят на рентгеновском микротомографе Skyscan 1174<sup>47</sup>, который позволяет измерить истинный физический размер волокон, обеспечивает обнаружение мелких волокнистых образований с высоким уровнем детализации и дает возможность наблюдения их внутренней структуры. При этом возможности оборудования не позволяют проводить оценку волокна с диаметром, меньшим минимального пространственного разрешения, и длиной, превышающей максимальное пространственное разрешение 3D рентгеновского микротомографа [41].

Следует обратить внимание, что применение современных методов позволяет осуществлять контроль химического состава и структурных элементов стеблей льна на различных этапах селекции, в процессе онтогенеза и в период росистой фазы. Поскольку на сегодняшний день вопросы выведения новых сортов с высоким качеством волокна не теряют своей актуальности, то и значение использования технологической оценки в селекционном процессе многократно возрастает. Очень часто оценку льна-долгунца проводят на одном или нескольких растениях

по физико-химическим, анатомическим и морфологическим показателям. Широкое применение в селекционной практике нашли методы, разработанные А. И. Ивановым, А. А. Гурусовой<sup>48</sup>, Н. А. Ординой [42], С. В. Дорониным, С. Ф. Тихвинским [43] и С. М. Авиром<sup>49</sup>. Преимуществом указанных методов является получение сведений о потенциальных технологических характеристиках волокна селекционных образцов. Однако применение данных способов не дает сведений о ценности селекционных образцов с точки зрения мацерации стеблей льна в период росистой фазы. Например, при анатомическом способе оценки селекционного материала Вятской ГСХА основным критерием является коэффициент вариации диаметра элементарного волокна в одном типичном лубяном пучке, что можно использовать не только для оценки выхода волокна, но и для прогноза степени «лежкости» льняной соломы. Все методы оценки отличаются высокой трудоемкостью и продолжительностью определений. Эти недостатки были учтены при оценке технологической ценности стеблей льна-долгунца. Суть метода заключается в определении длины междоузлий, технической длины и диаметра стебля с последующим определением жировосковых веществ и разницы диаметров вершинной и комлевой частей технической длины стебля. Технологически ценными являются образцы с максимальными показателями жировосковых веществ и минимальной разницей диаметров. Преимущество данного метода заключается в возможности оценки равномерности процесса росистой фазы и однородности сырья<sup>50</sup>. Известен также способ оценки качества волокна в стеблях льна-долгунца по морфологическим признакам, основанный на определении длины междоузлия, ширины листового следа, диаметра стеблей в вершинной, средней и комлевой частях стебля.

<sup>45</sup>Измерительная система с лазером LSM-500S. [Электронный ресурс].

Режим доступа: <https://www.directindustry.com.ru/prod/mitutoyo/product-7785-1931803.html> (дата обращения: 12.08.2020).

<sup>46</sup>Microscopes and Imaging Products. Available at: <https://www.leica-microsystems.com/products/> (accessed: 12.08.2020).

<sup>47</sup>Компактный микротомограф SkyScan 1174. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://assa-group.ru/skyscan-1174> (дата обращения: 24.08.2020).

<sup>48</sup>Иванов А. И., Гурусова А. А. Оценка качества льняных волокон на ранних этапах селекции физико-химическими методами: методические указания. М.: ВАСХНИЛ, Отделение растениеводства и селекции, КТИ, ВНИИЛ. 1988. 24 с.

<sup>49</sup>Авиром С. М. Основы требований промышленности к качеству льняного стебля: научно-исследовательские труды ЦНИИЛВ. М., 1952. Т. VI. С. 23-65.

<sup>50</sup>Романов В. А., Рожмина Т. А., Ковалев М. М., Белоухов С. Л. Способ оценки технологической ценности стеблей льна-долгунца: пат. 25 97552. Рос. Федерация. № 2015108332/12; заявл. 10.03.2015; опубл. 10.09.2016, Бюл. № 25. 5 с. Режим доступа: [https://rusneb.ru/catalog/000224\\_000128\\_0002597552\\_20160910\\_C1\\_RU](https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002597552_20160910_C1_RU)

Согласно методике определения, качество волокна оценивают по среднему значению отношений ширины листового следа к длине окружности стебля с учетом среднего значения длины междоузлия<sup>51</sup>. Достоинство указанного способа – простота в осуществлении и информативность оценки.

В научной литературе представлено большое количество работ отечественных учёных, посвященных прогнозированию и моделированию основных показателей качества льноволокна<sup>52</sup> [44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51]<sup>53</sup>.

Среди вышеуказанных методов оценки следует выделить метод автоматизированного прогнозирования технологической ценности стеблей льна. Авторы предлагают при оценке качества сортов льна использовать метод автоматизированного прогнозирования для определения формы волокнистых пучков, их размеров с последующей статистической обработкой<sup>54, 55, 56</sup>. Основой автоматизированного комплекса является цифровой микроскоп типа WEBBERS G50s<sup>57</sup> с цифровой камерой, USB и ПК. Применение данного метода позволит с высокой точностью и незначительными затратами времени прогнозировать качество испытуемых сортов. Преимуществом метода является точность, быстрота оценки количественных и качественных показателей анатомического строения стебля льна<sup>58</sup> [44, 50].

Оценкой сортов льна-долгунца по анатомо-морфологическим признакам с применением ЭВМ и программного комплекса AutoScan

Studio 3.0 занималась группа белорусских ученых. Отмечена эффективность и целесообразность использования компьютерной морфометрии при прогнозировании и идентификации качества льноволокна<sup>59</sup> [32].

**Заключение.** Для оценки качества льносырья всё чаще используются методы и приборы, созданные на основе достижений современной техники. Вместо трудоёмких методов оценки находят свое применение спектроскопические, микроскопические и термогравиметрические методы, которые предполагают быстрый, точный и неразрушающий контроль показателей.

Безусловно, перспективы практического применения представленных современных технологий, несмотря на высокую стоимость оборудования, достаточно велики. Зарубежные ученые отмечают возможность применения NIR-спектроскопии в разработке недорогого устройства, использующего несколько длин волн, для определения воска в чистом волокне. Исследования и разработки по данному направлению весьма перспективны.

Разработки отечественных ученых, которые не проверены в производстве, могут быть усовершенствованы на основе новых технологий, что обеспечит производителей необходимым оборудованием. Вероятнее всего наиболее целесообразно использовать комплексный подход, основанный на применении существующих разработок и современных технологий.

<sup>51</sup>Пашина Л. В., Пашин Е. Л. Способ оценки качества волокна в стеблях льна-долгунца по морфологическим признакам: пат. 2369671. Рос. Федерация. № 2008134848/12; заявл. 25.08.2008; опубл. 10.10.2009, Бюл. № 28. 4 с. Режим доступа: [https://rusneb.ru/catalog/000224\\_000128\\_0002369671\\_20091010\\_C1\\_RU](https://rusneb.ru/catalog/000224_000128_0002369671_20091010_C1_RU)

<sup>52</sup>Орлов А. В., Пашин Е. Л. Обоснование условий для определения линейной плотности лубяных волокон с применением их цифровых изображений: мат-лы докладов 51-й Междунар. научно-техн. конф. Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2018. С. 21-23. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36354068>

<sup>53</sup>Болонкин В. А., Федосова Н. М., Вихарев С. М. Методы обработки изображений для изучения анатомической структуры льняных стеблей. Научные труды молодых ученых КГТУ. Кострома: КГТУ, 2008. Вып. 9. Ч. 1. С. 9-12. Режим доступа: [https://ksu.edu.ru/files/NAUKA/Public\\_D/Arhiv%20period%20izdanij/NTMU/05\\_NTMU\\_09\\_ch1\\_2008.pdf](https://ksu.edu.ru/files/NAUKA/Public_D/Arhiv%20period%20izdanij/NTMU/05_NTMU_09_ch1_2008.pdf)

<sup>54</sup>Вихарев С. М., Федосова Н. М., Болонкин В. А. Автоматизация анатомического анализа льняных стеблей. Актуальные проблемы науки в агропромышленном комплексе: мат-лы 58-й Междунар. научн.-практ. конф.: в 3 т. Кострома: КГСХА, 2007. Т. 3. С. 146-148.

<sup>55</sup>Вихарев С. М., Федосова Н. М., Болонкин В. А. Разработка методов и средств автоматизированной оценки технологической ценности льна по анатомическим признакам. Высокоэффективные разработки и инновационные проекты в льняном комплексе России: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. Вологда, 2007. С. 164-167.

<sup>56</sup>Вихарев С. М., Федосова Н. М., Болонкин В. А. Способ прогнозирования технологической ценности льна на основе анатомических параметров стебля: пат. 2007123070. Рос. Федерация. № 2007123070/12; заявл. 19.06.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. № 36. 8 с. Режим доступа: [https://vandex.ru/patents/doc/RU2007123070A\\_20081227](https://vandex.ru/patents/doc/RU2007123070A_20081227) (дата обращения: 14.08.2020).

<sup>57</sup>WEBBERS G50s. Цифровой микроскоп WEBBERS G50s. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://festima.ru/docs/64191344/piter/tsifrovoy-mikroskop-webbers-g50s> (дата обращения: 2.03.2020).

<sup>58</sup>Вихарев С. М., Федосова Н. М., Болонкин В. А. Программно-измерительный комплекс для оценки технологической ценности льна. Современные проблемы текстильной и легкой промышленности: мат-лы межвузов. научн.-техн. конф.: тезисы докладов. М.: РосЗИТЛП, 2008. Ч. 1 С. 11.

<sup>59</sup>Никитинская Т. В., Вакула С. И., Коваленко М. Н., Лугин В. Г., Титок В. В. Компьютерная морфометрия в систематике льна культурного (*Linum Usitatissimum* L.). Труды БГУ. Минск: БГУ, 2008. Т.3. Ч.1. С. 196-200. Режим доступа: <https://elib.belstu.by/handle/123456789/32471>

## Список литературы

1. Алибеков М. Б. Совершенствование системы защиты в посевах льна-долгунца как элемента технологии его возделывания. *АгроЭкоИнфо*. 2018;(4(34)):31-42. Режим доступа: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/>
2. Ущাপовский И. В., Новиков Э. В., Басова Н. В., Безбаченко А. В., Галкин А. В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения. *Молочнохозяйственный вестник*. 2017;(1(25)):166-186. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914488>
3. Зеленцов С. В. История культуры льна в мире и России. *Масличные культуры. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур*. 2017;(1(169)):93-103. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29240353>
4. Шаршунов В. А., Алексеенко А. С., Цайц М. В. Состояние льноводческой отрасли Республики Беларусь и пути повышения её эффективности. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;(2):267-271. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38552752>
5. Алисевич С. О., Соколов Л. Е., Коган А. Г. Исследование влияния условий возделывания льна-долгунца на качественные показатели льнотресты и результаты её механической обработки. *Вестник Витебского государственного технологического университета*. 2013;(2(25)):7-12. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21018334>
6. Mańkowska J., Maksymiuka W., Sychalskia G., Kołodzieja J., Kubackia A., Kupkaa D., Pudelkob K. Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting. *Natural Fibers*. 2018;15(1):53-61. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1302390>
7. Hu W, Ton-That M-T., Denault J, Rho D, Yang J, Lau P. C. K. Comparison between dew-retted and enzyme-retted flax fibers as reinforcing material for composite. *Polymer engineering and science*. 2012;52(1):165-171. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.22060>
8. Виноградова А. Е., Куликов А. Н., Пашин Е. Л. Соболева Е. В. Приборное обеспечение нового метода оценки качества льняной тресты и волокна. *Достижения науки и техники АПК*. 2007;(6):40-42. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10429094>
9. Евдокимов И. В., Хронюк В. Б. Формирование новой технологической основы для обеспечения произрастания льна-долгунца в неблагоприятных землетехнических условиях. *Московский экономический журнал*. 2019;(12):505-517. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-novoy-tehnologicheskoy-osnovy-dlya-obespecheniya-proizrostaniya-lna-dolguntsa-v-neblagopriyatnyh-zemletehnicheskikh/viewer>
10. Пашина Л. В., Пашин Е. Л. Совершенствование метода определения выхода длинного волокна для квалиметрии сортов льна-долгунца. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016;(1(50)):19-23. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25476135>
11. Norton A. J., Bennett S. J., Hughes M., Dimmock J. P. R. E., Wright D., Newman G., Harris I. M., Edwards-Jones G. Determining the physical properties of flax fibre for industrial applications: the influence of agronomic practice. *Annals of Applied Biology*. 2006;149(1):15-25. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2006.00066.x>
12. Nair G. R., Singh A., Zimniewska M., Raghavan V. Comparative Evaluation of Physical and Structural Properties of Water Retted and Non-retted Flax Fibers. *Fibers*. 2013;1(3):59-69. DOI: <https://doi.org/10.3390/fib1030059>
13. Ruan P., Raghavan V., Gariepy Y., Du J. Characterization of Flax Water Retting of Different Durations in Laboratory Condition and Evaluation of Its Fiber Properties *bioresources*. 2015;10(2):3553-3563. URL: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/characterization-of-flax-water-retting-of-different-durations-in-laboratory-condition-and-evaluation-of-its-fiber-properties/>
14. Van den Oever M. J. A., Bas N., van Soest L. J. M., Melis C., van Dam J. E. G. Improved method for fibre content and quality analysis and their application to flax genetic diversity investigations. *Industrial Crops & Products*. 2003;18(3):231-243. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(03\)00063-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(03)00063-3)
15. Akin D. E., Dodd R. B., Foulk J., Morrison H. Flax Research in the US: Production, Retting, Processing, and Standards. *International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology NAROSSA: Poznan, Poland*. 2005. URL: [https://www.researchgate.net/publication/282810060\\_Flax\\_Research\\_in\\_the\\_US\\_Production\\_Retting\\_Processing\\_and\\_Standards](https://www.researchgate.net/publication/282810060_Flax_Research_in_the_US_Production_Retting_Processing_and_Standards)
16. Kessler R. W., Becker U., Kohler R., Goth B. Steam explosion of flax-a superior technique for upgrading fibre value. *Biomass Bioenergy*. 1998;14:237-249.
17. Sharma H. S. S., Faughey G. J. Comparison of subjective and objective methods to assess flax straw cultivars and fibre quality after dew-retting. *Ann. Appl. Biol.* 1999;135:495-501.
18. Martin N., Mouret N., Davies P., Baley C. Influence of the degree of retting of flax fibers on the tensile properties of single fibers and short fiber polypropylene composites. 2013;49:755-767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.012>
19. Akin E. D. Standards for Flax Fiber. 2005. Available at: [https://www.astm.org/SNEWS/SEPTEMBER\\_2005/akin\\_sep05.html](https://www.astm.org/SNEWS/SEPTEMBER_2005/akin_sep05.html) (accessed: 12.09.2020).

20. Катков А. А., Бронза В. Л. Особенности контроля влажности льнотресты методом ИК-спектрометрии. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2007;(4(299)):119-121. Режим доступа: [https://tftp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/299\\_35.pdf](https://tftp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/299_35.pdf)
21. Ефремов А. С., Катков А. А. Определение свойств льнотресты по инфракрасным спектрам. Научный вестник Костромского государственного технологического университета. 2009;(2):14 с.
22. Мозохин А. Е., Колесникова И. А., Дроздов В. Г. Обоснование возможности контроля содержания льняного волокна в тресте методом инфракрасной спектрометрии. Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. 2013;19(6):11-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21022710>
23. Ефремов А. С., Катков А. А. Определение свойств льнотресты по инфракрасным спектрам. Вестник Костромского государственного технологического университета. 2009;(21):48-51. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13012680>
24. Дроздов В. Г., Мозохин А. Е. Особенности применения метода инфракрасной спектроскопии пропускания для оценки качества льнотресты. Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2015;(6):38-42. Режим доступа: [https://tftp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2016/02/360\\_8.pdf](https://tftp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2016/02/360_8.pdf)
25. Мочалов Л. В., Дроздов В. Г. Управление технологическими процессами при обработке льнотресты. Вестник Череповецкого государственного университета. 2018;(4):23-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35344259>
26. Faughey G. J., Sharma S. S., McCall R. D. Determining fiber fineness in flax using derivative thermogravimetric analysis, scanning electron microscopy, and airflow methods. Journal of Applied Polymer Science. 2020;(75(4)):508-514. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000124\)75:4<508::AID-APP5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000124)75:4<508::AID-APP5>3.0.CO;2-L)
27. Titok V. V., Leontiev V. N., Yurenkova S., Nikitinskaya T., Barannikova T., Khotyleva L. V. Infrared Spectroscopy of Fiber Flax. Journal of Natural Fibers. 2010; 7(1):61-69. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440470903579275>
28. Мозохин А. Е., Колесникова И. А., Дроздов В. Г. Обоснование возможности качественного анализа химического состава льняной тресты методом инфракрасной спектрометрии ближней области. Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова. 2012;18(1):31-36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18934897>
29. Enakiev Y. I., Grishina E. A., Belopukhov S. L., Dmitrevskaya I. I. Application of NIR spectroscopy for cellulose determination in flax. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2018;(24(5)):897-901. URL: <https://agrojournal.org/24/05-26.pdf>
30. Sohn M., Himmelsbach D. S., Morrison W. H., Akin D. E., Barton F. E. Partial Least Squares Regression Calibration for Determining Wax Content in Processed Flax Fiber by Near-Infrared Spectroscopy. Applied Spectroscopy. 2006;60(4):437-440. URL: <https://www.osapublishing.org/as/abstract.cfm?uri=as-60-4-437>
31. Faughey G. J., Sharma H. S. S. A Preliminary evaluation of near infrared spectroscopy for assessing physical and chemical characteristics of flax fibre. Journal of Near Infrared Spectroscopy. 2000;8(1):61-69. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.265>
32. Титок В. В., Леонтьев В. Н., Никитинская Т. В., Лугин В. Г., Хотылёва Л. В. Оценка качества волокон подвидов льна культурного (*Linum Usitatissimum* L.). Доклады Национальной академии наук Беларуси. 2009;53(5):73-79. Режим доступа: <http://csl.bas-net.by/xfile/doklad/2009/05-2009/7022i.pdf>
33. Титок В. В., Шостак Л. М., Лайковская И. В., Леонтьев В. Н., Хотылёва Л. В. Термогравиметрический анализ льноволокна. Клеточные ядра и пластиды растений: биохимия и биотехнология: сб. мат-лов Международ. конф. Минск: УП «Технопринт», 2004. С. 267-271. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29775811&>
34. Titok V., Leontiev V., Shostak L., Khotyleva L. J. Thermogravimetric Analysis of the Flax Bast Fibre Bundle. Nat. Fibers. 2006;3(1):35-41.
35. Faughey G. J., Sharma H. S. S. Evaluating Weavability in Flax Yarn Using near Infrared Spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy 2002;10(2):151-163. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.331>
36. Van de Velde K., Baetens E. Thermal and mechanical properties of flax fibres as potential composite reinforcement. Macromol. Mater. Eng. 2001;286:342-349.
37. Sharma H. S. S., Faughey G., Lyons G. Comparison of physical, chemical, and thermal characteristics of water-, dew-, and enzy me-retted flax fibers. J. Appl. Polym. Sci. 1999;74:139-143.
38. Bourmaud A., Morvan C., Baley C. Importance of fiber preparation to optimize the surface and mechanical properties of unitary flax fiber. Industrial Crops and Products. 2010;32(3):662-667. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.08.002>
39. Pillin I., Kervoelen A., Bourmaud A., Goimard J., Montrelay N., Baley C. Could oleaginous flax fibers be used as reinforcement for polymers? Industrial Crops and Products. 2011;(34):1556-1563.
40. Garat W., Corn S., Le Moigne N., Beaugrand J., Bergeret A. Analysis of the morphometric variations in natural fibres by automated laser scanning: towards an efficient and reliable assessment of the cross-sectional area. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2018;108:114-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.02.018>

41. Hamdi S. E., Delisée C., Malvestio J., Da Silva N., Le Duc A., Beaugrand J. X-ray computed microtomography and 2D image analysis for morphological characterization of short lignocellulosic fibers raw materials: A benchmark survey. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2015;(76):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.04.019>
42. Ордина Н. А. Структура лубоволокнистых растений и ее изменение в процессе переработки. М.: «Легкая индустрия», 1978. 128 с.
43. Доронин С. В., Тихвинский С. Ф. Лен-долгунец. Технология возделывания и селекция. Киров: ВГСХА, 2003. 84 с.
44. Болонкин В. А. Обоснование метода автоматизированного прогнозирования технологической ценности льна по морфологическим параметрам. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pandia.ru/text/78/086/2697.php> (дата обращения: 20.02.2020)
45. Федосова Н. М., Вихарев С. М., Болонкин В. А. Совершенствование способа оценки льна-долгунца по морфологическим признакам. *Достижения науки и техники АПК*. 2012;(11):68-70. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18231968>
46. Орлов А. В., Пашин Е. Л. Метод подготовки изображения пробы лубяных волокон для оптической оценки их геометрических характеристик. *Технологии и качество*. 2018;1(39):43-47. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35526234>
47. Федосова Н. М., Вихарев С. М., Болонкин В. А. Совершенствование анатомического анализа льна. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2009;2(314):22-23. Режим доступа: [https://tvp.ivgpc.com/wp-content/uploads/2015/11/314\\_8.pdf](https://tvp.ivgpc.com/wp-content/uploads/2015/11/314_8.pdf)
48. Пашин Е. Л., Орлов А. В., Степанкова Т. А. Обоснование условий для определения линейной плотности лубяных волокон с применением их цифровых изображений. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*. 2016;(2(362)):79-82. Режим доступа: [https://tvp.ivgpc.com/wp-content/uploads/2016/05/362\\_17.pdf](https://tvp.ivgpc.com/wp-content/uploads/2016/05/362_17.pdf)
49. Федосова Н. М., Болонкин В. А., Вихарев С. М. Обоснование метода автоматизированного прогнозирования технологической ценности льна. *Вестник Костромского государственного технологического университета*. 2007;(15):26-28.
50. Федосова Н. М., Болонкин В. А., Вихарев С. М. Разработка алгоритма определения формы волокнистых пучков на срезе льняного стебля. *Вестник Костромского государственного технологического университета*. 2010;(1):68-70. Режим доступа: <https://studylib.ru/doc/604335/razrabotka-algoritma-opredeleniya-formy-voлокнистых-puchkov>
51. Соколов А. С., Федосова Н. М., Вихарев С. М. Совершенствование способа определения цветковых характеристик волокнистых пучков при автоматизированном анатомическом анализе льняных стеблей. *Вестник Костромского государственного университета им. Н. А. Некрасова*. 2012;18(1):20-22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18934894>

### References

1. Alibekov M. B. *Sovershenstvovanie sistemy zashchity v posevakh l'na-dolguntsa kak elementa tekhnologii ego vozdeleyvaniya*. [Improvement of the protection system in flax crops as an element of its cultivation technology]. *AgroEkoInfo = AgroEcoInfo*. 2018;(4(34)):31-42. (In Russ.). URL: <http://agroecoinfo.narod.ru/journal/>
2. Ushchapovsky I. V., Novikov E. V., Basova N. V., Bezbachenko A. V., Galkin A. V. *Sistemnye problemy l'no-kompleksa Rossii i zarubezh'ya, vozmozhnosti ikh resheniya*. [System problems of flax growing in Russia and abroad, the possibilities of their solution]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik*. 2017;(1(25)):166-186. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914488>
3. Zelentsov S. V. *Istoriya kul'tury l'na v mire i Rossii. Maslichnye kul'tury*. [History of flax crop in the world and Russia]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhicheskiy byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK*. 2017;(1(169)):93-103. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29240353>
4. Sharshunov V. A., Alekseenko A. S., Tsayts M. V. *Sostoyanie l'no-vodcheskoy otrasli Respubliki Belarus' i puti povysheniya ee effektivnosti*. [State of the flax-growing industry of the Republic of Belarus and ways to improve its efficiency]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019;(2):267-271. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38552752>
5. Aliseevich S. O., Sokolov L. E., Kogan A. G. *Issledovanie vliyaniya usloviy vozdeleyvaniya l'na-dolguntsa na kachestvennye pokazateli l'notresty i rezul'taty ee mekhanicheskoy obrabotki*. [Research of the influence of flax growth conditions on the quality properties of flax straw and the results of its processing]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013;(2(25)):7-12. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21018334>
6. Mańkowskia J., Maksymiuka W., Spsychalskia G., Kołodzieja J., Kubackia A., Kupkaa D., Pudelkob K. Research on New Technology of Fiber Flax Harvesting. *Natural Fibers*. 2018;15(1):53-61. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440478.2017.1302390>

7. Hu W, Ton-That M-T., Denault J, Rho D, Yang J, Lau P. C. K. Comparison between dew-retted and enzyme-retted flax fibers as reinforcing material for composite. *Polymer engineering and science*. 2012;52(1):165-171. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.22060>
8. Vinogradova A. E., Kulikov A. N., Pashin E. L., Soboleva E. V. *Pribornoe obespechenie novogo metoda otsenki kachestva l'nyanoy tresty i volokna*. [Instrument support of a new method for evaluating the quality of flax retted straw and fibers]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Agricultural Science Euro-North-East*. 2007;(6):40-42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=10429094>
9. Evdokimov I. V., Hronyuk V. B. *Formirovanie novoy tekhnologicheskoy osnovy dlya obespecheniya proizvodstvaniya l'na-dolguntsa v neblagopriyatnykh zemletekhnicheskikh usloviyakh*. [Formation of a new technological basis for ensuring the growth of flax under unfavorable conditions]. *Moskovskiy ekonomicheskyy zhurnal = Moscow journal*. 2019;(12):505-517. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-novoy-tehnologicheskoy-osnovy-dlya-obespecheniya-proizrostaniya-lna-dolguntsa-v-neblagopriyatnyh-zemletekhnicheskikh/viewer>
10. Pashina L. V., Pashin E. L. *Sovershenstvovanie metoda opredeleniya vykhoda dlinnogo volokna dlya kvalimetrii sortov l'na-dolguntsa*. [Improving of method for determination of the long fiber output for qualimetry of flax varieties]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;(1(50)):19-23. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25476135>
11. Norton A. J., Bennett S. J., Hughes M., Dimmock J. P. R. E., Wright D., Newman G., Harris I. M., Edwards-Jones G. Determining the physical properties of flax fibre for industrial applications: the influence of agronomic practice. *Annals of Applied Biology*. 2006;149(1):15-25. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2006.00066.x>
12. Nair G. R., Singh A., Zimniewska M., Raghavan V. Comparative Evaluation of Physical and Structural Properties of Water Retted and Non-retted Flax Fibers. *Fibers*. 2013;1(3):59-69. DOI: <https://doi.org/10.3390/fib1030059>
13. Ruan P., Raghavan V., Garipey Y., Du J. Characterization of Flax Water Retting of Different Durations in Laboratory Condition and Evaluation of Its Fiber Properties bioresources. 2015;10(2):3553-3563. URL: <https://bioresources.cnr.ncsu.edu/resources/characterization-of-flax-water-retting-of-different-durations-in-laboratory-condition-and-evaluation-of-its-fiber-properties/>
14. Van den Oever M. J. A., Bas N., van Soest L. J. M., Melis C., van Dam J. E. G. Improved method for fibre content and quality analysis and their application to flax genetic diversity investigations. *Industrial Crops & Products*. 2003;18(3):231-243. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0926-6690\(03\)00063-3](https://doi.org/10.1016/S0926-6690(03)00063-3)
15. Akin D. E., Dodd R. B., Foulk J., Morrison H. Flax Research in the US: Production, Retting, Processing, and Standards. International Conference for Renewable Resources and Plant Biotechnology NAROSSA: Poznan, Poland. 2005. URL: [https://www.researchgate.net/publication/282810060\\_Flax\\_Research\\_in\\_the\\_US\\_Production\\_Retting\\_Processing\\_and\\_Standards](https://www.researchgate.net/publication/282810060_Flax_Research_in_the_US_Production_Retting_Processing_and_Standards)
16. Kessler R. W., Becker U., Kohler R., Goth B. Steam explosion of flax-a superior technique for upgrading fibre value. *Biomass Bioenergy*. 1998;14:237-249.
17. Sharma H. S. S., Faughey G. J. Comparison of subjective and objective methods to assess flax straw cultivars and fibre quality after dew-retting. *Ann. Appl. Biol.* 1999;135:495-501.
18. Martin N., Mouret N., Davies P., Baley C. Influence of the degree of retting of flax fibers on the tensile properties of single fibers and short fiber polypropylene composites. 2013;49:755-767. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.06.012>
19. Akin E. D. Standards for Flax Fiber. 2005. Available at: [https://www.astm.org/SNEWS/SEPTEMBER\\_2005/akin\\_sep05.html](https://www.astm.org/SNEWS/SEPTEMBER_2005/akin_sep05.html) (accessed 12.09.2020).
20. Katkov A. A., Bronza V. L. *Osobennosti kontrolya vlazhnosti l'notresty metodom IK-spektrometrii*. [The features of automatic moisture control of retted straw with the infrared spectrometry]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2007;(4(299)):119-121. (In Russ.). URL: [https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/299\\_35.pdf](https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/299_35.pdf)
21. Efremov A. S., Katkov A. A. *Opredelenie svoystv l'notresty po infrakrasnym spektram*. [Determination of the properties of flax retted straw by infrared spectra]. *Nauchnyy vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2009;(2):14 c. (In Russ.).
22. Mozohin A. E., Kolesnikova I. A., Drozdov V. G. *Obosnovanie vozmozhnosti kontrolya sodержaniya l'nyanogo volokna v treste metodom infrakrasnoy spektrometrii*. [Justification of the possibility of control to flax fiber content in flax stock by infrared spectrometry]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. A. Nekrasova*. 2013;19(6):11-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21022710>
23. Efremov A. S., Katkov A. A. *Opredelenie svoystv l'notresty po infrakrasnym spektram*. [Determination of the properties of flax retted straw by infrared spectra]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kostroma State Technological University*. 2009;(21):48-51. (In Russ.).
24. Drozdov V. G., Mozohin A. E. *Osobennosti primeneniya metoda infrakrasnoy spektroskopii propuskaniya dlya otsenki kachestva l'notresty*. [Peculiarities of application of the method of infrared spectroscopy bandwidth for

assessing the quality of flax]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2015;(6):38-42. (In Russ.). URL: [https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2016/02/360\\_8.pdf](https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2016/02/360_8.pdf)

25. Mochalov L. V., Drozdov V. G. *Upravlenie tekhnologicheskimi protsessami pri obrabotke l'notresty*. [Process control in the processing of flax]. *Vestnik Cherepovetskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2018;(4):23-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35344259>

26. Faughey G. J., Sharma S. S., McCall R. D. Determining fiber fineness in flax using derivative thermogravimetric analysis, scanning electron microscopy, and airflow methods. *Journal of Applied Polymer Science*. 2020;(75(4)):508-514. DOI: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000124\)75:4<508::AID-APP5>3.0.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000124)75:4<508::AID-APP5>3.0.CO;2-L)

27. Titok V. V., Leontiev V. N., Yurenkova S., Nikitinskaya T., Barannikova T., Khotyleva L. V. Infrared Spectroscopy of Fiber Flax. *Journal of Natural Fibers*. 2010; 7(1):61-69. DOI: <https://doi.org/10.1080/15440470903579275>

28. Mozohin A. E., Kolesnikova I. A., Drozdov V. G. *Obosnovanie vozmozhnosti kachestvennogo analiza khimicheskogo sostava l'nyanoy tresty metodom infrakrasnoy spektrometrii blizhney oblasti*. [Comparison of chemical and spectral analysis of different kinds of flax stock]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. A. Nekrasova*. 2012;18(1):31-36. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18934897>

29. Enakiev Y. I., Grishina E. A., Belopukhov S. L., Dmitrevskaya I. I. Application of NIR spectroscopy for cellulose determination in flax. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2018;(24(5)):897-901. URL: <https://agrojournal.org/24/05-26.pdf>

30. Sohn M., Himmelsbach D. S., Morrison W. H., Akin D. E., Barton F. E. Partial Least Squares Regression Calibration for Determining Wax Content in Processed Flax Fiber by Near-Infrared Spectroscopy. *Applied Spectroscopy*. 2006;60(4):437-440. URL: <https://www.osapublishing.org/as/abstract.cfm?uri=as-60-4-437>

31. Faughey G. J., Sharma H. S. S. A Preliminary evaluation of near infrared spectroscopy for assessing physical and chemical characteristics of flax fibre. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*. 2000;8(1):61-69. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.265>

32. Titok V. V., Leontiev V. N., Nikitinskaya T. V., Lugin V. G., Khotyleva L. V. *Otsenka kachestva volokna podvidov l'na kul'turnogo (Linum Usitatissimum L.)*. [Analysis of the fiber quality in common flax (*Linum Usitatissimum* L.) subspecies]. *Doklady Natsional'noy akademii nauk Belarusi*. 2009;53(5):73-79. (In Belarus). URL: <http://csl.bas-net.by/xfile/doklad/2009/05-2009/7022i.pdf>

33. Titok V. V., Shostak L. M., Laykovskaya I. V., Leontiev V. N., Khotyleva L. V. *Termogravimetricheskii analiz l'novolokna*. [Thermogravimetric analysis of flax fiber]. *Kletochnye yadra i plastidy rasteniy: biokhimiya i biotekhnologiya: sb. mat-lov Mezhdunarod. konf.* [The cell nuclei and plastids of plants: biochemistry and biotechnology: collected materials of the International Conf]. Minsk: UP «Tekhnoprint», 2004. pp. 267-271. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29775811&>

34. Titok V., Leontiev V., Shostak L., Khotyleva L. J. Thermogravimetric Analysis of the Flax Bast Fibre Bundle. *Nat. Fibers*. 2006;3(1):35-41.

35. Faughey G. J., Sharma H. S. S. Evaluating Weavability in Flax Yarn Using near Infrared Spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 2002;10(2):151-163. DOI: <https://doi.org/10.1255/jnirs.331>

36. Van de Velde K., Baetens E. Thermal and mechanical properties of flax fibres as potential composite reinforcement. *Macromol. Mater. Eng.* 2001;286:342-349.

37. Sharma H. S. S., Faughey G., Lyons G. Comparison of physical, chemical, and thermal characteristics of water-, dew-, and enzyme-retted flax fibers. *J. Appl. Polym. Sci.* 1999;74:139-143.

38. Bourmaud A., Morvan C., Baley C. Importance of fiber preparation to optimize the surface and mechanical properties of unitary flax fiber. *Industrial Crops and Products*. 2010;32(3):662-667. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.08.002>

39. Pillin I., Kervolen A., Bourmaud A., Goimard J., Montrelay N., Baley C. Could oleaginous flax fibers be used as reinforcement for polymers? *Industrial Crops and Products*. 2011;(34):1556-1563.

40. Garat W., Corn S., Le Moigne N., Beaugrand J., Bergeret A. Analysis of the morphometric variations in natural fibres by automated laser scanning: towards an efficient and reliable assessment of the cross-sectional area. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2018;108:114-123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.02.018>

41. Hamdi S. E., Delisée C., Malvestio J., Da Silva N., Le Duc A., Beaugrand J. X-ray computed microtomography and 2D image analysis for morphological characterization of short lignocellulosic fibers raw materials: A benchmark survey. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*. 2015;(76):1-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2015.04.019>

42. Ordina N. A. *Struktura lubovoloknistykh rasteniy i ee izmenenie v protsesse pererabotki*. [Structure of bast fiber plants and its change in the process of processing]. Moscow: «Legkaya industriya», 1978. 128 p.

43. Doronin S. V., Tikhvinskiy S. F. *Len-dolgunets. Tekhnologiya vozdeyvaniya i selektsiya*. [Fiber flax. Technology of cultivation and breeding]. Kirov: VGSKhA, 2003. 84 p.

44. Bolonkin V. A. *Obosnovanie metoda avtomatizirovannogo prognozirovaniya tekhnologicheskoy tsennosti l'na po morfologicheskim parametram*. [Basis of method of flax technological value automatic prediction under morphology parameters]. Available at: <https://pandia.ru/text/78/086/2697.php> (accessed 20.02.2020).

45. Fedosova N. M., Vikharev S. M., Bolonkin V. A. *Sovershenstvovanie sposoba otsenki l'na-dolguntsa po morfologicheskim priznakam*. [Improved method of estimation fiber flax on morphological grounds]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2012;(11):68-70. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18231968>

46. Orlov A. V., Pashin E. L. *Metod podgotovki izobrazheniya proby lubyanykh volokon dlya opticheskoy otsenki ikh geometricheskikh kharakteristik*. [A method of preparing a digital image of bast fibres samples for optical measurement of its geometric properties]. *Tekhnologii i kachestvo = Technologies & Quality*. 2018;1(39):43-47. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35526234>

47. Fedosova N. M., Vikharev S. M., Bolonkin V. A. *Sovershenstvovanie anatomicheskogo analiza l'na*. [The improvement of flax's anatomic analysis]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2009;2(314):22-23. (In Russ.). URL: [https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/314\\_8.pdf](https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2015/11/314_8.pdf)

48. Pashin E. L., Orlov A. V., Stepankova T. A. *Obosnovanie usloviy dlya opredeleniya lineynoy plotnosti lubyanykh volokon s primeneniem ikh tsifrovyykh izobrazheniy*. [Justification of conditions for creating digital images of flax fiber samples in relation to determining fiber split level of the sample]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2016;(2(362)):79-82. (In Russ.). URL: [https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2016/05/362\\_17.pdf](https://tp.ivgpu.com/wp-content/uploads/2016/05/362_17.pdf)

49. Fedosova N. M., Bolonkin V. A., Vikharev S. M. *Obosnovanie metoda avtomatizirovannogo prognozirovaniya tekhnologicheskoy tsennosti l'na*. [Justification of the method of automated forecasting of the technological value of flax]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kostroma State Technological University*. 2007;(15):26-28. (In Russ.).

50. Fedosova N. M., Bolonkin V. A., Vikharev S. M. *Razrabotka algoritma opredeleniya formy voloknistykh puchkov na sreze l'nyanogo steblya*. [Development of an algorithm for determining the shape of fibrous bundles on a flax stalk cut]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kostroma State Technological University*. 2010;(1):68-70. (In Russ.). URL: <https://studylib.ru/doc/604335/razrabotka-algoritma-opredeleniya-formy-voloknistyh-puchkov>

51. Sokolov A. S., Fedosova N. M., Vikharev S. M. *Sovershenstvovanie sposoba opredeleniya tsvetovykh kharakteristik voloknistykh puchkov pri avtomatizirovannom anatomicheskom analize l'nyanykh stebley*. [Improving the method for determining the color characteristics of fiber bundles for automated anatomical analysis of the flax stems]. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. A. Nekrasova*. 2012;18(1):20-22. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18934894>

#### Сведения об авторах

✉ **Шиманская Наталья Сергеевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский проспект, 17/56, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5819-1351>, e-mail: [n.shimanskaya@fncl.ru](mailto:n.shimanskaya@fncl.ru)

**Ущапковский Игорь Валентинович**, кандидат биол. наук, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский проспект, д. 17/56, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-1211>

**Прокофьев Сергей Владимирович**, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», Комсомольский проспект, 17/56, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0113-3943>, e-mail: [s.prokofiev@fncl.ru](mailto:s.prokofiev@fncl.ru)

#### Information about the authors

✉ **Natalia S. Shimanskaya**, PhD in Agricultural science, leading researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky Prospekt, 17/56, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5819-1351>, e-mail: [n.shimanskaya@fncl.ru](mailto:n.shimanskaya@fncl.ru)

**Igor V. Uschapovsky**, PhD in Biology, Deputy Director for Science, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky Prospekt, 17/56, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0602-1211>

**Sergey V. Prokofiev**, researcher Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Komsomolsky Prospekt, 17/56, Tver, Russian Federation, 170041, e-mail: [info@fncl.ru](mailto:info@fncl.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0113-3943>, e-mail: [s.prokofiev@fncl.ru](mailto:s.prokofiev@fncl.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659>

УДК 631.527:633.11.1

## Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья

© 2020. И. Ф. Дёмина ✉

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

В процессе выполнения работы было изучено 186 сортов мягкой яровой пшеницы различного эколого-географического происхождения с целью создания ценного исходного материала для новых сортов в условиях Среднего Поволжья. Исследования проводили согласно методическим указаниям ВИР. По продолжительности вегетационного периода образцы были распределены на три группы: раннеспелые – 29,4 %, среднеспелые – 45,0 % и среднепоздние – 25,6 %. Наибольшее количество высокоурожайных сортов относится к группе среднеспелых. По высоте растений выделено пять групп: выше 120 см – высокорослые, 120-105 см – среднерослые, 104-85 см – низкорослые, 84-60 см – полудкарлики, меньше 60 см – карлики. Высокую устойчивость к полеганию показала группа полудкарликов. Урожайность продуктивных генотипов в этой группе составила 192-210 г/м<sup>2</sup>. Анализ элементов структуры урожайности у коллекционных образцов показал, что по количеству зёрен в колосе превысили стандарт (32,8 шт.) сорта: Аннет (38,2 шт.), Баганская 95 (36,5 шт.), Рикс (37,7 шт.), Лубинка (36,8 шт.) (Россия, Западно-Сибирский регион), Бирюса (37,2 шт.) (Россия, Восточно-Сибирский регион); по массе зерна с колоса – российские сорта из Восточно-Сибирского, Западно-Сибирского и Нижневолжского регионов (0,96-1,52 г) и сорта зарубежной селекции из Северной Америки (0,89-1,64 г). По урожайности достоверно превысили стандартный сорт Кинельская нива (310 г/м<sup>2</sup>) на 30-54 г/м<sup>2</sup> (НСР<sub>05</sub> = 22,5 г/м<sup>2</sup>) российские сорта Аннет, Баганская 95, Лавруша, Тарская 10, Памяти Майстренко, Омская 39, Дуэт (Западно-Сибирский регион), Воевода (Нижневолжский регион) и Уяровка (Восточно-Сибирский регион), из зарубежных – Актюбе 10 (Казахстан) и Granit (Канада). Выявлены сорта с комплексной устойчивостью к основным видам листовых заболеваний (бурая ржавчина и мучнистая роса): Norwell, Granit, Dandy, CDC Merlin (Канада), Лавруша, Тарская 10 (Россия, Западно-Сибирский регион), Tybalt (Нидерланды), Воевода (Россия, Нижневолжский регион), Етюд (Украина). Выделившиеся сорта использовали в качестве родительских форм при скрещивании.

**Ключевые слова:** сорт, урожайность, корреляция, стандарт, высота, элементы продуктивности**Благодарность:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема №0477\*2018-0027-С-01).

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Дёмина И. Ф. Результаты изучения коллекционных образцов пшеницы мягкой яровой в условиях Среднего Поволжья. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(6):653-659.DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659>

Поступила: 09.09.2020

Принята к публикации: 03.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## The results of study of collection samples of spring soft wheat in the Middle Volga Region

© 2020. Irina F. Demina ✉

Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

During the research, there were studied 186 varieties of spring soft wheat of different ecological and geographical origin to develop valuable initial material for new varieties in the conditions of Middle Volga. The studies were carried out in accordance with the methodic recommendations of VIR. According to the duration of the growing season, the samples were divided into three groups: early ripening – 29.4 %, mid-ripening – 45.0 % and mid-late-ripening – 25.6 %. The largest number of high-yielding varieties belongs to the mid-ripening group. Five groups are distinguished according to plant height: above 120 cm – tall, 120-105 cm – medium-grown, 104-85 cm – undersized, 84-60 cm – semi-dwarfs, less than 60 cm – dwarfs. A group of semi-dwarfs showed high resistance to lodging. The yield of productive genotypes in this group is 192-210 g/m<sup>2</sup>. The analysis of the elements of the yield structure showed the varieties that exceeded the standard in the number of grains in the ear (32.8 pcs.): Annet (38.2 pcs.), Baganskaya 95 (36.5 pcs.), Riks (37.7 pcs.), Lubninka (36.8 pcs.), (Russia, West Siberian Region), Biryusa (37.2 pcs.) (Russia, East Siberian Region), by grain weight per ear – Russian varieties from East Siberian, West Siberian and Lower Volga Regions (0.96-1.52 g), and varieties of foreign selection from North America (0.89-1.64 g). According to the yield the following varieties significantly exceeded the standard variety Kinelskaya Niva (310 g/m<sup>2</sup>) by

30-54 g/m<sup>2</sup> (LSD<sub>05</sub> = 22.5 g/m<sup>2</sup>): Russian varieties Annet, Baganskaya 95, Lavrusha, Tarskaya 10, Pamyati Maistrenko, Omskaya 39, Duet (West Siberian region), Voevoda (Lower Volga region) and Uyarochka (East Siberian region), foreign varieties Aktyube 10 (Kazakhstan) and Granit (Canada). The varieties with complex resistance to the main types of leaf diseases (leaf rust and powdery mildew) have been identified: Norwell, Granit, Dandy, CDC Merlin (Kanada), Lavrusha, Tarskaya 10 (West Siberian Region), Tybalt (Netherlands), Voevoda (Lower Volga Region), Etyud (Ukraine). The identified varieties were used as parental forms in crosses.

**Key words:** variety, yield, correlation, standard, height, productivity elements

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops (theme No. 0477\*-2018-0027-C-01).

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the author stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Demina I. F. The results of study of collection samples of spring soft wheat in the Middle Volga region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6):653-659. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.653-659>

Received: 09.09.2020

Accepted for publication: 03.11.2020

Published online: 10.12.2020

Основной целью селекционной работы является увеличение продуктивности новых сортов в сочетании с устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессорам и хорошим качеством продукции [1, 2, 3].

В условиях умеренно-континентального климата Среднего Поволжья, в данном случае Пензенской области, от новых сортов требуется сочетание высокой пластичности со стабильной продуктивностью. Своеобразием агроэкологической ситуации региона является неустойчивое проявление климатических факторов по годам, т. е. количество и характер распределения тепла и влаги, в отдельные годы недобор оптимальных температур для растений пшеницы, выпадение ливневых дождей со шквалистыми ветрами, а также проявление всех типов засух, присущих для данной территории [4, 5]. Поэтому создание сортов пшеницы мягкой яровой, адаптированных к местным условиям, отвечающих заданным параметрам по продуктивности и качеству зерна, актуально для селекции в условиях Среднего Поволжья. Для решения данной задачи необходимы новые генетические источники хозяйственно ценных признаков и свойств. Важное значение в этом играет выявление селекционных достоинств исходного материала [6, 7, 8].

**Цель исследований** – изучить коллекционные образцы пшеницы мягкой яровой и выделить источники селекционно ценных признаков и свойств для получения новых сортов в условиях Среднего Поволжья.

**Материал и методы.** Исследования проводили в 2016-2018 годах на базе обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в Пензенской области. В изучении находилось 186 сортов мягкой яровой пшеницы мировой коллекции ВИР различного эколого-географического происхождения. В полевых опытах была использована общепринятая агротехника для данной культуры. Сев осуществлялся сеялкой СН-10Ц. Норма высева 5,5 млн всхожих семян на 1 га. Посев проводили в оптимальные для яровой пшеницы сроки (третья декада апреля-первая декада мая). Предшественником являлся чистый пар. Районированный сорт Кинельская нива был использован в качестве стандарта. Фенологические наблюдения и полевые учёты осуществляли по методическим указаниям ВИР<sup>1</sup>. Площадь делянки – 2 м<sup>2</sup>, повторность трёхкратная. Уборку проводили комбайном «SAMPO-130». Линейную корреляцию между изучаемыми признаками и наименьшую существенную разницу (НСР) рассчитывали по Б. А. Доспехову<sup>2</sup> с использованием программы Excel. Показатели качества зерна – стекловидность, натуру зерна, количество и качество клейковины, содержание белка в зерне – определяли по методикам, описанным в монографии Н. С. Беркутовой<sup>3</sup>.

По погодным условиям годы исследований имели различия: 2016 год (ГТК = 1,1) – нормального увлажнения, 2017 год (ГТК = 0,85) – слабозасушливый, 2018 год (ГТК = 0,6) – сильно засушливый.

<sup>1</sup>Мережко А. Ф., Удачин Р. А., Зуев В. Е., Филатенко А. А., Сербин А. А., Ляпунова О. А. и др. Пополнение и сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале: методические указания. СПб., 1999. 84 с.

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов. М., 1985. 351 с.

<sup>3</sup>Беркутова Н. С. Методы оценки и формирование качества зерна. М., 1991. 206 с.

**Результаты и их обсуждение.** Вегетационный период изучаемых образцов варьировал по годам от 76 до 99 дней. Межфазный период «всходы-колошение» длился 36-53 дней, «колошение-восковая спелость» – 37-49 дней.

В наших опытах, согласно классификации ВИР<sup>4</sup>, образцы по продолжительности вегетационного периода были разделены на три группы: раннеспелые – 29,4 %, среднеспелые – 45,0 % и среднепоздние – 25,6 % (табл. 1).

**Таблица 1 – Урожайность и продолжительность вегетационного периода сортов пшеницы мягкой яровой разных групп спелости (2016-2018 гг.) /**

**Table 1 – Yield and duration of the growing season of spring soft varieties of different maturity groups (2016-2018)**

Группа спелости / Ripeness group	Количество сортов / Number of varieties		Вегетационный период, дни / Growing season, days	Урожайность, г/м <sup>2</sup> / Yield g/m <sup>2</sup>
	шт. / pieces	%		
Раннеспелые / Early	55	29,4	76-82	103,8-332,8
Среднеспелые / Mid-season	85	45,0	83-91	113,2-361,3
Среднепоздние / Mid-late	46	25,6	92-99	96,3-291,3
Итого / Total	186	100	-	-

Наибольшая урожайность была сформирована в группе среднеспелых образцов (113,2-361,3 г). Сорта Баганская 95, Омская 39, Аннет (Россия, Западно-Сибирский регион), Бирюса (Россия, Восточно-Сибирский регион) сочетали скороспелость с высокой урожайностью.

По мнению некоторых иностранных авторов, высота растений является значимым показателем архитектоники растений и уборочного индекса урожая [9, 10]. Согласно классификации ВИР<sup>5</sup>, изучаемые сорта были

разделены по высоте на пять групп: выше 120 см – высокорослые; 120-105 см – среднерослые; 104-85 см – низкорослые; 84-60 см – полукарлики; меньше 60 см – карлики (табл. 2).

Наибольшую урожайность сформировали сорта, относящиеся к группе среднерослых. Высокую урожайность в сочетании с высокой устойчивостью к полеганию (9 баллов) показали сорта: Баганская 95, Памяти Майстренко, Лавруша, ОмГАУ90 (Россия, Западно-Сибирский регион), Екатерина (Россия, Уральский регион).

**Таблица 2 – Урожайность и устойчивость к полеганию разных по высоте растений сортов пшеницы мягкой яровой (2016-2018 гг.) /**

**Table 2 – Yield and resistance to lodging of different in plant height spring soft wheat varieties (2016-2018)**

Показатель	Группа / Groups				
	карлики / dwarfs	полукарлики / semi dwarfs	низкорослые / undersized	среднерослые / medium grown	высокорослые / tall
Высота растений, см / Plant height, cm	<u>55,9-59,8</u> 58,3	<u>71,4-78,9</u> 74,6	<u>80,1-95,7</u> 90,6	<u>106,1-108,0</u> 106,8	<u>120,3-122,1</u> 121,3
Устойчивость к полеганию, балл / Resistance to lodging, point	9	9	7-9	5-9	3-9
Урожайность, г/м <sup>2</sup> / Yield, g/m <sup>2</sup>	<u>102,5-265,0</u> 177,2	<u>192,0-210,0</u> 199,2	<u>164,2-308,5</u> 226,4	<u>201,6-356,7</u> 272,1	<u>148,9-410,8</u> 256,7

При проведении корреляционного анализа была получена достоверная положительная корреляция между высотой и устойчивостью к полеганию в группах карлики ( $r = 0,819...0,943$ , при  $p < 0,001$ ), полукарлики ( $r = 0,532...0,734$ , при  $p < 0,001$ ). В трёх других группах корреляция была отрицательной –

от слабой до умеренной ( $r = -0,236...-0,629$ , при  $p < 0,01$ ). Корреляционная зависимость урожайности с высотой растений во всех группах варьировала от значительной отрицательной в группе высокорослые до значительной положительной в группе низкорослые ( $r = -0,868...0,896$ , при  $p < 0,001$ ).

<sup>4</sup>Дорофеев В. Ф., Удачин Л. В., Семёнова Л. В., Новикова М., Градчанинова О., Шитова И., Мережку А., Филатенко А. Пшеница мира. Видовой состав, достижение селекции, современные и исходный материал. Л., 1987. 560 с.

<sup>5</sup>Там же.

Высокую урожайность в группе карлики показал сорт из Китая Su- Mai2Нао – 265 г/м<sup>2</sup>. Значительный интерес представляют образцы из группы полукарлики, т. к. их высота приближалась к оптимальной (80-100 см), а устойчивость к полеганию во все годы изучения была высокой. Урожайность продуктивных генотипов в данной группе составила 192-210 г/м<sup>2</sup>. К ним относятся: ЛП-558-1-06 (Германия) и Уярочка (Россия, Восточно-Сибирский регион).

Изучение коллекционных сортов мягкой яровой пшеницы выявило большое разнообразие по продуктивности и отдельным элементам структуры урожая. Продуктивность яровой пшеницы складывается из основных элементов структуры: продуктивной кустистости, длины колоса, количества зёрен в колосе, массы зерна с колоса [11].

В 2016 и 2017 гг. продуктивная кустистость варьировала в пределах 1,7...2,8 шт. и 1,5...2,0 шт. соответственно. В сильно засушливый 2018 год данный показатель снижался до 1,0...1,5 шт. Коэффициент вариации в среднем составил 35,8 %. Наибольшая продуктивная кустистость отмечена у сортов разных эколого-географических групп: Кинельская нива (Россия, Средневожский регион) – 1,4-2,8 шт., Уярочка – 1,5-2,7 шт., Селена – 1,4-2,7 шт. (Россия, Восточно-Сибирский регион), Аннет – 1,4-2,8 шт. (Россия, Западно-Сибирский регион), Jasna – 1,5-2,8 шт. (Польша), Аншлаг – 1,3-2,7 шт. (Украина).

Длина колоса у исследуемых сортов изменялась в среднем по годам от 5,8 до 10,2 см. Крупным колосом в среднем за три года отличились сорта Баганская 95 – 7,8 см (Россия, Западно-Сибирский регион), Струна Мионовская (Украина) – 8,0 см. Наименьшим колосом (4,8-5,4 см) характеризовались образцы Уг\*/Avocets S Уг6 (Австралия) и Челяба золотистая (Россия, Уральский регион).

Признаки «количество зёрен в колосе» ( $C_v = 29,5-39,2\%$ ) и «масса зерна с колоса» ( $C_v = 25,8-35,2\%$ ) в наших исследованиях относились к сильно варьирующим. По количеству зёрен в колосе превысили стандарт (32,8 шт.) ( $НСР_{05} = 2,8$  шт.) сорта: Аннет – 38,2 шт., Баганская 95 – 36,5 шт., Рикс – 37,7 шт., Лубнинка – 36,8 шт. (Россия, Западно-Сибирский регион), Бирюса – 37,2 шт. (Россия, Восточно-Сибирский регион).

Индивидуальный отбор по массе зерна с колоса считается ключевым принципом в работе многих селекционеров [12]. Среди отечественных сортов высокой продуктивностью

колоса характеризовались сорта из Восточно-Сибирского, Западно-Сибирского и Нижневолжского регионов (0,96-1,52 г), среди зарубежных – сорта из Северной Америки (0,89-1,64 г). Корреляция ( $r$ ) между урожайностью и количеством зёрен в колосе составила 0,422...0,856 ( $p < 0,001$ ), между урожайностью и массой зерна с колоса – 0,389...0,924 ( $p < 0,001$ ), что согласуется с данными других авторов [13, 14, 15].

Масса 1000 зерен по годам колебалась от 20,8 до 44,5 г ( $C_v = 17,8-28,8\%$ ). Крупное зерно имели сорта Маргарита (Россия, Средневожский регион) – 42,5 г, АС Corinne (Канада) – 42,3 г, Аннет – 42,0 г, Баганская 95 – 42,0 г, Омская 39 – 41,5 г (Россия, Западно-Сибирский регион). Корреляционный анализ показал среднюю зависимость между урожайностью и данным признаком ( $r = 0,445...0,668$ , при  $p < 0,001$ ).

Урожайность сортов варьировала в зависимости от условий произрастания: 2016 г. – 125,7...445,0 г/м<sup>2</sup> ( $C_v = 14,8\%$ ), 2017 г. – 115,5...415,5 г/м<sup>2</sup> ( $C_v = 21,8\%$ ), 2018 г. – 95,8...225,5 г/м<sup>2</sup> ( $C_v = 24,2\%$ ).

По урожайности достоверно превысили на 30-54 г/м<sup>2</sup> стандартный сорт Кинельская нива (310 г/м<sup>2</sup>) ( $НСР_{05} = 22,5$  г/м<sup>2</sup>) сорта Аннет, Баганская 95, Лавруша, Тарская 10, Памяти Майстренко, Омская 39, Дуэт (Россия, Западно-Сибирский регион), Воевода (Россия, Нижневолжский регион), Актюбе 10 (Казахстан), Уярочка (Россия, Восточно-Сибирский регион), Granit (Канада). Низкую урожайность (85,2...96,5 г/м<sup>2</sup>) за все годы изучения показали сорта из Центральной Африки, Центральной и Восточной Азии.

Сочетание высокой продуктивности с хорошим качеством зерна также является значимой задачей в селекции пшеницы. В таблице 3 представлены сорта пшеницы мягкой яровой с высокими показателями качества зерна. За годы исследований выявлены межсортные различия, а также различия в проявлении признаков качества зерна по годам. Низкой вариабельностью характеризовался показатель стекловидности зерна ( $C_v = 0,8-3,9\%$  в зависимости от сорта), а высокой – содержание белка в зерне ( $C_v = 3,8-25,2\%$ ).

Выделены сорта с комплексной устойчивостью к основным видам листовых заболеваний (бурая ржавчина и мучнистая роса) – Norwell, Granit, Dandy, CDC Merlin (Канада), Лавруша, Тарская 10 (Россия, Западно-Сибирский регион), Tybalt (Нидерланды), Воевода (Россия, Нижневолжский регион), Етюд (Украина).

*Таблица 3 – Сорты пшеницы мягкой яровой, выделившиеся по комплексу показателей качества зерна (2016-2018 гг.) /*

*Table 3 – Varieties of spring soft wheat identified by a set of indicators of grain quality (2016-2018)*

Сорт / Variety	Происхождение / Origin	Натура зерна, г/л / Grain size, g/l	Стекловидность, % / Glassiness, %	Содержание, % / Content, %		Показатель ИДК, ед. / The indicator IDK, units.
				клейковина / gluten	белок / protein	
Кинельская нива, st. / Kinelskaya Niva, st.	Россия, Средневолжский регион / Russia, Middle Volga region	753	70	24,8	14,8	85
Гранит / Granit	Канада / Canada	775	95	30,8	16,5	60
Лавруша / Lavrusha	Россия, Западно-Сибирский регион / Russia, West Siberian Region	770	90	30,4	16,5	55
Лубнинка / Lubninka		755	80	30,4	16,7	55
Новосибирская 91 / Novosibirskaya 91		793	85	32,0	16,8	65
Тарская 10 / Tarskaya 10		787	70	30,6	17,0	65
Бирюса / Biryusa	Россия, Восточно-Сибирский регион / Russia, East Siberian Region	765	92	32,0	16,8	65
Дуэт Черноземья / Duet Chernozem'niya	Россия, Центральный регион / Russia, Central Region	775	97	31,5	16,1	70
Среднее по опыту / Average by experiment		732	65	28,4	15,2	75

**Заключение.** По результатам исследований выделены источники селекционно ценных признаков пшеницы мягкой яровой: 12 сортов по урожайности – 340-364 г/м<sup>2</sup> (Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Нижневолжский, Центральный регионы России, Казахстан и Канада); 6 сортов по продуктивной кустистости – 1,3...2,8 шт. (Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Средневолжский регионы России, Украина и Польша); 2 сорта по длине колоса – 7,8...8,0 см (Западно-Сибирский регион России и Украина); 5 сортов по количеству зёрен в колосе – 36,5...38,2 шт. (Западно-

Сибирский, Восточно-Сибирский, Нижневолжский регионы России); 5 сортов по массе 1000 зёрен – 41,5...42,5 г (Средневолжский, Западно-Сибирский регионы России, Канада); 7 сортов по показателям качества зерна (Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Центральный регионы России, Канада); 9 сортов с комплексной устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе (Западно-Сибирский, Нижневолжский регионы России, Украина, Канада, Нидерланды). Выделившиеся сорта использовали в качестве родительских форм при скрещивании в процессе создания новых сортов.

#### Список литературы

1. Тимошенко Т. А., Самуилов Ф. Д. Адаптивность разных экологических групп сортов ячменя и пшеницы мировой коллекции ВИР в степи Оренбургского Предуралья. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2012;7(4(26)):120-125. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18372567>
2. Rani K., Singh V., Mor V. S., Dalal M. S., Niwas R. Phenological development, grain growth rate, seedling vigour and yield relationships in wheat cultivars under normal sown irrigated conditions. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 2018;7(6):3230-3238. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.380>

3. Vellegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M. M., Crossa I., Garcia del Moral, Royo C. Daylength, Temperature and Solar Radiation Effects on the Phenology and Yield Formation of Spring Durum Wheat. *J. Agro Crop Sci.* 2016;202(3):203-216. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12146>
4. Дёмина Е. А., Кинчаров А. И. Корреляционные связи урожайности яровой пшеницы с показателями качества зерна и элементами продуктивности растений. *АгроЭкоИнфо.* 2017;(4(30)). Режим доступа: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/4/st\\_421.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/4/st_421.doc)
5. Кинчаров А. И., Дёмина Е. А., Таранова Т. Ю., Чекмасова К. Ю. Изучение коллекционных образцов яровой мягкой пшеницы по скороспелости. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук.* 2018;(10-1):136-141. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2018-10082>
6. Григорьев Ю. П., Белан И. А. Влияние элементов структуры урожая на урожайность сортов яровой мягкой пшеницы в условиях подтаёжной зоны Омской области. *Аграрная Россия.* 2019;(5):3-6. DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-5-3-6>
7. Ivanova I., Ilina S. Variability of incrophological features of spring soft wheat Moskovskya 35. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2020:433 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/433/1/012016>
8. Волкова Л. В. Исходный материал для селекции сортов яровой мягкой пшеницы в условиях Кировской области. *Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет).* 2016;(2):7-16. Режим доступа: <https://vestngau.elpub.ru/jour/article/view/320>
9. Maccaferri M., Sanguineti M. C., Corneti S., Ortega J. L., Salem M. B., Bort J., Ambrogio E., Moral L. F., Demontis A., El-Ahmed, Maalouf F., Machlab H., Martos V., Moragues M. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics.* 2008;178(1):489-511. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.107.077297>
10. Sadeque A., Turner M. A. QTL analysis of plant height in hexaploid wheat doubled haploid population. *Thai Agric. Sci.* 2010;43(2):91-96. URL: <http://www.thaiscience.info/journals/Article/TJAS/10640127.pdf>
11. Gonzalez A. S., Sivakumar S., Gemma M., Matthew R., Alma R. A., Francisco P. C., Ryan J., Anthony H., Michael F. Genetic analysis of partitioning traits to increase yield, grain number and harvest index in a high biomass spring wheat panel: monogram. 2019. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17999.33447>
12. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Новосибирской области. *Вавиловский журнал генетики и селекции.* 2018;22(7):784-794. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
13. Коробейникова О. В., Красильников В. В. Сравнительное изучение сортов яровой мягкой пшеницы на сортоучастке ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. *Зерновое хозяйство России.* 2015;(2):17-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23486950>
14. Волкова Л. В. Урожайность яровой мягкой пшеницы и её связь с элементами продуктивности в разные по метеорологическим условиям годы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2016;(6(55)): 9-15. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27296708>
15. Пушкарёв Д. В., Чурсин А. С., Кузьмин О. Г., Краснова Ю. С., Каракоз И. И., Шаманин В. П. Корреляция урожайности с элементами продуктивности сортов яровой мягкой пшеницы в условиях степной зоны Омской области. *Вестник Омского государственного аграрного университета.* 2018;(3(31)):26-35. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35683004>

#### *References*

1. Timoshenkova T. A., Samuilov F. D. *Adaptivnost' raznykh ekologicheskikh grupp sortov yachmenya i pshenitsy mirovoy kolleksii VIR v stepi Orenburgskogo Predural'ya.* [Adaptability of different ecological groups of barley and wheat varieties in the VIR world collection in the steppe of the Orenburg Urals]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University.* 2012;7(4(26)):120-125. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18372567>
2. Rani K., Singh V., Mor V. S., Dalal M. S., Niwas R. Phenological development, graingrowth rate, seedling vigour and yield relationships in wheat cultivars under normal sown irrigated conditions. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 2018;7(6):3230-3238. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.380>
3. Vellegas D., Alfaro C., Amar K., Catedra M. M., Crossa I., Garcia del Moral, Royo C. Daylength, Temperature and Solar Radiation Effects on the Phenology and Yield Formation of Spring Durum Wheat. *J. Agro Crop Sci.* 2016;202(3):203-216. DOI: <https://doi.org/10.1111/jac.12146>
4. Demina E. A., Kincharov A. I. *Korrelyatsionnye svyazi urozhaynosti yarovoy pshenitsy s pokazatelyami kachestva zerna i elementami produktivnosti rasteniy.* [Correlations of spring wheat productivity with grain quality indicators and plant productivity elements]. *AgroEkoInfo* = *AgroEcoInfo.* 2017;(4(30)). (In Russ.). URL: [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/4/st\\_421.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/4/st_421.doc)
5. Kincharov A. I., Demina E. A., Taranova T. Yu., Chekmasova K. Yu. *Izuchenie kollektsonnykh obraztsov yarovoy myagkoy pshenitsy po skorospelosti.* [The study of collection samples of spring soft wheat for precocity].

*Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk* = International Journal of Humanities and Natural Sciences. 2018;(10-1):136-141. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2018-10082>

6. Grigor'ev Yu. P., Belan I. A. *Vliyanie elementov struktury urozhaya na urozhaynost' sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh podtaezhnoy zony Omskoy oblasti*. [Influence of elements of the crop structure on the yield of spring soft wheat varieties in the subtaiga zone of the Omsk oblast']. *Agrarnaya Rossiya* = Agrarian Russia. 2019;(5):3-6. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30906/1999-5636-2019-5-3-6>

7. Ivanova I., Ilna S. Variability of morphological features of spring soft wheat Moskovskaya 35. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020:433 012016. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/433/1/012016>

8. Volkova L. V. *Iskhodnyy material dlya seleksii sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [Original material used for selection of spring soft wheat in Kirov region]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2016;(2):7-16. (In Russ.). URL: <https://vestngau.elpub.ru/jour/article/view/320>

9. Maccaferri M., Sanguineti M. C., Corneti S., Ortega J. L., Salem M. B., Bort J., Ambrogio E., Moral L. F., Demontis A., El-Ahmed, Maalouf F., Machlab H., Martos V., Moragues M. Quantitative trait loci for grain yield and adaptation of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) across a wide range of water availability. *Genetics*. 2008;178(1):489-511. DOI: <https://doi.org/10.1534/genetics.107.077297>

10. Sadeque A., Turner M. A. QTL analysis of plant height in hexaploid wheat doubled haploid population. *Thai Agric. Sci.* 2010;43(2):91-96. URL: <http://www.thaiscience.info/journals/Article/TJAS/10640127.pdf>

11. Gonzalez A. S., Sivakumar S., Gemma M., Matthew R., Alma R. A., Francisco P. C., Ryan J., Anthony H., Michael F. Genetic analysis of partitioning traits to increase yield, grain number and harvest index in a high biomass spring wheat panel: monogram. 2019. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17999.33447>

12. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. *Iskhodnyy material dlya seleksii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoy oblasti*. [Sources for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Novosibirsk region]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(7):784-794. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>

13. Korobeynikova O. V., Krasil'nikov V. V. *Sravnitel'noe izuchenie sortov yarovoy myagkoy pshenitsy na sortouchastke FGBOU VPO Izhevskaya GSKhA*. [Comparative study of spring wheat on the experimental allotment of FSBEI HPE Izhevsk SAA]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2015;(2):17-21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23486950>

14. Volkova L. V. *Urozhaynost' yarovoy myagkoy pshenitsy i ee svyaz' s elementami produktivnosti v raznye po meteorologicheskim usloviyam gody*. [Productivity of spring wheat and its relation to elements of yield structure in years differ by meteorological conditions]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2016;(6(55)): 9-15. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27296708>

15. Pushkarev D. V., Chursin A. S., Kuz'min O. G., Krasnova Yu. S., Karakoz I. I., Shamanin V. P. *Korrelatsiya urozhaynosti s elementami produktivnosti sortov yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh stepnoy zony Omskoy oblasti*. [Correlation of yield with elements of productivity of varieties of spring soft wheat in the conditions of the steppe zone of the Omsk region]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2018;(3(31)):26-35. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35683004>

#### **Сведения об авторе**

✉ Дёмина Ирина Фёдоровна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий, обособленное подразделение в городе Пенза ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мичурина, 1 «Б», р.п. Лунино, Пензенская обл., Российская Федерация, 442731, e-mail: [info.pnz@fncl.ru](mailto:info.pnz@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0118-5492>, e-mail: [deminaif@mail.ru](mailto:deminaif@mail.ru)

#### **Information about the author**

✉ **Irina F. Demina**, PhD in Agricultural science, senior researcher, the Laboratory of Selection Technologies, separate subdivision, Penza, Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, Michurin str., 1 "B", Lunino settlement, Penza region, Russian Federation, 442731, e-mail: [info.pnz@fncl.ru](mailto:info.pnz@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0118-5492>, e-mail: [deminaif@mail.ru](mailto:deminaif@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Новый сорт ярового ячменя Толкан зернофуражного использования

© 2020. В. Н. Пакуль ✉, С. В. Мартынова

ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, р. н. Краснообск, Новосибирская обл., Российская Федерация

*Цель исследований – провести комплексную оценку нового сорта ярового ячменя Толкан зернофуражного направления по хозяйственно ценным признакам. Исследования проведены в 2016-2019 гг. Методом внутривидовой гибридизации географически отдалённых форм и направленного индивидуального отбора из гибридной популяции Pamos x Bankuti Korai создан новый сорт ярового ячменя Толкан. Сорт высокопродуктивный, среднеспелого типа, вегетационный период 85 дней, средняя урожайность за годы исследований составила 5,4 т/га, что превышает сорт-стандарт Биом на 0,8 т/га ( $HSP_{05} = 0,15$ ), максимальная урожайность 7,7 т/га. Основным элементом продуктивности является масса зерна с колоса – 0,97 г, которая имеет тесную достоверную взаимосвязь с урожайностью,  $r = 0,96$  (порог достоверности на уровне 5 %,  $R = 0,88$ ). Сорт наиболее адаптирован к условиям окружающей среды,  $Cv = 30,2\%$  (сорт-стандарт Биом – 36,7 %). Характеризуется крупным зерном, абсолютная масса зерна в среднем за годы испытания 51,0 г, максимальная – 63,0 г, высокой устойчивостью к полеганию при высоте растений от 57 до 94 см, иммунитетом к пыльной и твёрдой головне (отсутствие поражения на инфекционном фоне). При изучении сорта в производственном испытании (2018-2019 гг.) по предшественнику «чистый пар» урожайность при первом сроке посева (7-11 мая) составила 4,14 т/га, у сорта-стандарт Биом – 3,27 т/га ( $HSP_{05} = 0,46$ ), при втором (13-19 мая) – 3,64 т/га, сорт-стандарт – 2,4 т/га ( $HSP_{05} = 0,39$  т/га). На основе комплексной оценки сорт ярового ячменя Толкан в 2019 г. передан на государственное испытание.*

**Ключевые слова:** вегетационный период, элементы продуктивности, урожайность, количество зёрен в колосе, масса 1000 зёрен, масса зерна с колоса

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук (тема № 0778-2019-0025).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Пакуль В. Н., Мартынова С. В. Новый сорт ярового ячменя Толкан зернофуражного использования. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):660-667. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.660-667>

Поступила: 06.10.2020

Принята к публикации: 10.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## New spring barley variety Tolkan of fodder-grain use

© 2020. Vera N. Pakul ✉, Svetlana V. Martynova

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation

*The aim of the research is to make a comprehensive assessment of the new spring barley variety Tolkan of fodder-grain use according to the economically valuable traits. Studies were carried out in 2016-2019. By the method of intraspecific hybridization of geographically distant forms and direction individual selection from the hybrid population of Pamos x Bankuti Korai, the new spring barley variety Tolkan has been developed. The variety is highly productive, of mid-ripening type, the growing season is 85 days, the average yield over the years of research was 5.4 t/ha, which exceeds the Biom standard variety by 0.8 t/ha ( $LSD_{05} = 0.15$ ), the maximum yield is 7.7 t/ha. The main element of productivity is the mass of grain per head 0.97 g, which has a close reliable relationship with the yield,  $r = 0.96$  (reliability threshold at the level of 5 %,  $R = 0.88$ ), the variety is mostly adapted to environmental conditions,  $Cv = 30.2\%$  (Biom standard variety – 36.7 %). It is characterized by large grain, the average absolute grain mass for the years of research is 51.0 g, maximum - 63.0 g, by high resistance to lodging at a plant height of 57 to 94 cm, by immunity to loose smut and barley smut (absence of damage on an infectious background). When studying the variety in the production test of 2018-2019 according to the bare fallow predecessor, the yield for the first sowing period (May 7-11) was 4.14 t/ha, for the Biom standard variety – 3.27 t/ha ( $LSD_{05} = 0.46$ ), for the second period (May 13-19) – 3.64 t/ha, for the standard variety – 2.4 t/ha ( $LSD_{05} = 0.39$  t/ha). On the basis of the comprehensive assessment Tolkan spring barley variety was transferred to the state test in 2019.*

**Keywords:** growing season, elements of productivity, yield, number of grains per head, weight of 1000 grains, the mass of grain per head

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Siberian Federal Scientific Centre for Agro-BioTechnology of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0778-2019-0025).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

*For citation:* Pakul V. N., Martynova S. V. New spring barley variety Tolkan of fodder-grain use. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):660-667. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.660-667>

Received: 06.10.2020

Accepted for publication: 10.11.2020

Published online: 10.12.2020

В зонах рискованного земледелия с резко континентальным климатом, при ограниченности вегетационного периода, раннелетних засухах и недостатке тепла в период налива зерна достаточно остро стоит вопрос о создании адаптивных сортов зерновых культур. Незаменимой зернофуражной культурой в таких почвенно-климатических условиях является яровая ячмень, который имеет высокую экологическую пластичность [1, 2, 3]. Возможность сочетания в одном генотипе потенциальной продуктивности и высокой адаптивности обуславливается специфической устойчивостью растений к действию экологических стрессов в конкретных почвенно-климатических условиях [4, 5, 6]. Вновь создаваемые сорта ярового ячменя имеют высокую потенциальную урожайность, которая в условиях производства не всегда реализуется [7]. Формирование урожайности происходит при взаимодействии многочисленных признаков под влиянием условий среды в период вегетации растений [8]. В каждом регионе свои почвенно-климатические особенности, поэтому селекция должна быть адресной и создаваемые новые сорта должны реализовывать свои генетические возможности в конкретных условиях [9, 10]. При отличающихся условиях среды высокоадаптивные сорта с различным вегетационным периодом и биологическими особенностями при одновременном возделывании увеличивают уровень урожайности [11, 12, 13]. Основные сельскохозяйственные площади Сибири находятся в зоне рискованного земледелия с резко континентальным климатом, поэтому к возделываемым сортам ярового ячменя предъявляются повышенные требования [14]. В связи с вышеизложенным, создание новых высокопродуктивных, адаптивных сортов ярового ячменя для условий Западной Сибири является актуальным.

**Цель исследования** – провести комплексную оценку нового сорта ярового ячменя Толкан зернофуражного направления по хозяйственно ценным признакам.

**Материал и методы.** Объект исследования – сорт ярового ячменя Толкан, который изучался в лесостепи Западной Сибири (Кузнецкая котловина, Кемеровская область, Кемеровский район) в условиях 2016-2019 гг. Предшественник в годы исследований – чистый пар, учётная площадь делянки 15 м<sup>2</sup>, повторность четырёхкратная, размещение делянок рендомизированное. Срок посева – первая декада мая, норма высева 5,0 млн всхожих зёрен на 1 га. Технологические приёмы возделывания общепринятые для ярового ячменя в данной зоне. Учеты и фенологические наблюдения за ростом и развитием ячменя, учет урожая и его структура проведены по «Методике государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур»<sup>1</sup>. Статистическую обработку данных проводили в программе Snedecor методами вариационного и дисперсионного анализ<sup>2</sup>. Индекс условий среды (I<sub>j</sub>) рассчитывали по S. A. Eberchart и W. A. Russel<sup>3</sup> на основе оценки положительного отклика генотипа на улучшение условий выращивания. Для характеристики условий вегетации использован гидротемический коэффициент (ГТК) – отношение суммы осадков за период с температурой выше 10 °С к испаряемости, выраженной суммой температур за этот же период, уменьшенной в 10 раз<sup>4</sup>. Яровой ячмень имеет высокие требования к наличию влаги в период «кущение-колошение», ГТК в данный период в 2016, 2017 гг. составил 0,37-0,46, что характеризует недостаточную влагообеспеченность (табл. 1).

В 2018 г. сложились неблагоприятные условия в период «посев-всходы», низкие среднесуточные температуры – 7,1 °С (на 3,0 °С ниже среднесезонных показателей) сочетались со значительным количеством осадков (186 % отклонение от нормы), закладка генеративных органов проходила при избыточном увлажнении, ГТК = 2,41. Налив зерна в годы проведения исследований (2016-2018 гг.) проходил при переувлажнении, ГТК = 1,73-1,92.

<sup>1</sup>Федин М. А., Роговский Ю. А., Исаева Л. В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: методические указания. М., 1985. 270 с.

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

<sup>3</sup>Eberchart S. A., Russel W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Crop Sci.* 1966;6(1):36-40. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>

<sup>4</sup>Агроклиматические ресурсы Кемеровской области. Л.: Гидрометеиздат, 1973. С.21.

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент в период вегетации ярового ячменя /  
Table 1 – Hydrothermal coefficient during the vegetation period of spring barley

Год / Year	Гидротермический коэффициент (ГТК) / Hydrothermal coefficient (HTC)			
	май / may	июнь / june	июль / july	август / august
2016	0,50	0,37	1,73	0,63
2017	0,47	0,46	1,80	1,10
2018	0,0	2,41	1,92	0,42
2019	1,25	1,12	1,23	1,12

Оптимальные условия для формирования урожайности ярового ячменя сложились в 2019 году, среднесуточные температуры в период «посев-восковая спелость» находились на уровне среднеголетних показателей с умеренным увлажнением, ГТК = 1,12-1,25.

**Результаты и их обсуждение.** Для создания конкурентных сортов необходимо учитывать принципы формирования продуктивности и взаимосвязи основных хозяйственно ценных признаков, проводя комплексную оценку на всех этапах селекционного процесса. Применяются различные методы при создании исходного материала, включая достижения в молекулярной биологии [15], но одним из основных способов до сих пор остаётся гибридизация [16, 17]. При создании нового сорта ярового ячменя Толкан в селекционной работе нами был использован метод внутривидовой (межсортовой) гибридизации географически отдалённых форм и направленный индивидуальный отбор.

Толкан – сорт среднеспелого типа, вегетационный период 85 дней, созревает на 3 дня позже сорта-стандарта Биом (82 дня). Сорт ярового ячменя Толкан (селекционная линия

КМ-209/11) относится к разновидности *nutans*, выведен методом индивидуального отбора из гибридной популяции Ramos x Bankuti Korai. Сорт имеет прямостоячий куст, стебель прочный, соломина невыполненная, средняя высота растения 72 см с размахом варьирования от 65 до 94 см, продуктивная кустистость – 2,1. Окраска стеблевых узлов фиолетовая, ушки серповидной формы зеленовато-жёлтые, колос цилиндрический средней плотности. Ости 13-16 см зазубренные, в период молочно-восковой спелости имеют антоциановую окраску. Форма зерновки полуудлиненная. Опушение щетинки у основания зерна длинное.

Стрессовые факторы окружающей среды оказывают значительное влияние на урожайность ярового ячменя [18, 19]. Результаты дисперсионного анализа показали, что доля влияния генотипа при изучении сортов ярового ячменя составила 10 %, условий среды – 90 %.

Наиболее высокие показатели по урожайности ярового ячменя отмечены в условиях 2019 г. при благоприятном сочетании температурного режима и влагообеспеченности, индекс условий среды ( $I_j$ ) составил 2,36, в 2016-2018 гг. – от -0,19 до -1,44 (табл. 2).

Таблица 2 – Урожайность ярового ячменя в питомнике конкурсного сортоиспытания, т/га /  
Table 2 – Yield of spring barley in the nursery of competitive variety testing, t/ha

Сорт / Variety	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее за 4 года / Average for four years	Отклонение от стандарта / Deviation from standard		Cv*, % / Characteristic variation factor
						т/га / t/ha	%	
Биом - стандарт / Biom - standard	3,9	3,1	4,4	7,0	4,6	-	-	36,7
Толкан / Tolkan	4,6	4,0	5,2	7,7	5,4	+0,8	17,4	30,2
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,24	0,56	0,45	0,38	0,15	-	-	-
$I_j^{**}$	-0,74	-1,44	-0,19	2,36	-	-	-	-

\*Cv – коэффициент вариации признака / Cv – coefficient of variation,

\*\* $I_j$  – индекс условий среды /  $I_j$  – index of conditions of the environment

Таблица 3 – Характеристики сорта ярового ячменя Толкан (2016–2019 гг.) /  
Table 3 – Characteristics of Tolkan spring barley variety (2016–2019)

Показатель / Indicator	Толкан / Tolkan				Биом (стандарт) / Biom (standard)				± к стандарту / ± standard		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее / average	2016 г.	2017 г.	2018 г.		2019 г.	среднее / average
Вегетационный период, дни / Growing season, day	85	86	85	85	85	82	80	84	80	82	+3
Высота растений, см / Height of plants, cm	65	57	94	79	74	48	50	73	74	61	+13
Масса 1000 семян, г / Mass of 1000 seeds, g	48	43	63	50	51	44	44	52	48	47	+4
Количество зёрен в колосе, шт. / Number of grains per head, pcs	19	16	21	19	19	14	15	15	18	15	+4
Масса зерна с колоса, г / Mass of grain per head, g	0,91	0,69	0,84	1,32	0,97	0,62	0,66	0,78	0,86	0,70	+0,27
Продуктивная кустистость / Productive bushiness	2,0	2,1	2,2	2,0	2,1	1,8	2,4	2,1	1,9	2,1	0,0
Натурная масса зерна, г/л / Natural mass of grain, g/l	590	588	620	620	609	580	592	600	630	607	+2
Содержание сырого протеина, % / Raw protein content, %	13,8	13,4	14,0	13,7	13,7	14,0	13,2	13,7	13,6	13,6	+0,1
Устойчивость к полеганию, балл / Resistance to lodging, points	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0,0

Средняя урожайность за годы исследований сорта ярового ячменя Толкан составила 5,4 т/га, что превышает сорт стандарт на 0,8 т/га,  $НСР_{05} = 0,15$ . Сорт Толкан наиболее адаптирован к условиям окружающей среды,  $C_v = 30,2\%$ , коэффициент вариации признака у сорта стандарта Биом составил 36,7%. Выявлена положительная взаимосвязь высоты растений у нового сорта с урожайностью ( $r = 0,48$ ). Высота растений в селекционном процессе считается маркерным признаком при отборе растений на засухоустойчивость, так как данный признак имеет тесную сопряжённость с биомассой растений, корневой системы и количеством первичных корней. Растения с хорошо развитой первичной корневой системой способны в значительной степени противостоять засухе [20].

Сорт ярового ячменя Толкан отличается высокой засухоустойчивостью, при значительном недостатке влаги в 2016 г. и 2017 г. в период «кущение-колошение» ( $ГТК = 0,37-0,46$ ) урожайность получили выше по сравнению со стандартом на 0,7 и 0,9 т/га соответственно. Сорт характеризуется как пластичный, в более благоприятном 2019 году урожайность составила 7,7 т/га, то есть данный генотип имеет хорошую отзывчивость на улучшение условий среды. Поэтому данный сорт возможно отнести к интенсивному типу. Сорта интенсивного типа имеют крупную зерновку, средняя масса 1000 зёрен у сорта Толкан составила 51 г, максимальная – 63 г (табл. 3).

Крупность зерна – один из важных признаков, определяющих урожайность. Сорта, имеющие крупное зерно, формируют растения с хорошо развитой корневой системой и вегетативной массой [21, 22, 23]. Поэтому сочетание массы 1000 зерен с количеством зёрен в колосе в значительной степени определяет урожайность [24].

У сорта Толкан средняя масса зерна с колоса за годы исследований составила 0,97 г (стандарт – 0,70 г), при варьировании показателя от 0,69 до 1,32 г, при этом установлена тесная взаимосвязь с урожайностью,  $r = 0,96$  (порог достоверности на уровне 5 %,  $R = 0,88$ ). Сорт характеризуется высокой устойчивостью к полеганию – 5 баллов (по пятибалльной шкале), поражению пыльной и твёрдой головнёй (поражение на искусственном фоне заражения составляет 0,0 %). Содержание сырого протеина в зерне 13,4-14,0 %, натурная масса зерна 588-620 г/л.

При изучении сорта в производственном испытании (2018-2019 гг.) по предшественнику «чистый пар» урожайность при первом сроке посева (7-11 мая) составила 4,14 т/га, у сорта-

стандарта Биом – 3,27 т/га ( $НСР_{05} = 0,46$ ), при втором сроке (13-19 мая) – 3,64 т/га, сорт-стандарт – 2,4 т/га ( $НСР_{05} = 0,39$  т/га).

Сорт ярового ячменя Толкан передан на государственное сортоиспытание в 2019 г., дата приоритета – 03.09.2019 г., присвоенный номер заявки 78701 / 8057512, год начала испытаний 2020.

**Заключение.** В результате селекционной работы создан высокопродуктивный адаптивный сорт ярового ячменя Толкан зернофуражного направления для Западно-Сибирского региона. Сорт имеет высокую засухоустойчивость, устойчивость к полеганию, обладает иммунитетом к головневым грибам, не поражается при искусственном заражении пыльной и твёрдой головнёй.

#### Список литературы

1. Сидоров А. В., Нешумаева Н. А., Якубышкина Л. И. Создание сортов ярового ячменя для использования на кормовые цели. Вестник КрасГАУ. 2016;(2):148-152. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25720718>
2. Юсова О. А., Николаев П. Н. Оценка перспективных источников повышенной продуктивности и качества зерна в условиях южной лесостепи Западной Сибири. Вестник КрасГАУ. 2016;(12):26-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28162642>
3. Ламажап Р. Р., Липшин А. Г. Влияние климатических условий на урожайность ярового ячменя в Республике Тыва. Вестник КрасГАУ. 2016;(12):13-19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28162639>
4. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е. Генетический потенциал и селекционная значимость ячменя Сибири. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2014;18(2):378-386. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21801612>
5. Марухняк А. Я. Оценка адаптивных особенностей сортов ярового ячменя. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(1):67-72. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32657580>
6. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е., Нешумаева Н. В., Плеханова Л. В., Чуслин А. А., Онуфриёнок Т. В., Липшин А. Г. Источники ценных признаков в селекции ячменя на адаптивность. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(6):36-40. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10511>
7. Фомина М. Н. Особенности формирования зерновой продуктивности перспективных сортов ячменя в зоне Северного Зауралья. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016;(2(249)):28-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26040488>
8. Lodhi R. D., Prasad L. C., Bornare S. S., Madakemohekar A. H., Prasad R. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India. Sabrao Journal of Breeding and Genetics. 2015;47(2):143-159. URL: [https://scholar.google.ro/scholar?cluster=263109984844271377&hl=ru&as\\_sdt=2005](https://scholar.google.ro/scholar?cluster=263109984844271377&hl=ru&as_sdt=2005)
9. Robinson L. H., Juttner J., Milligan J., Lahnstein J., Eglinton J. K., Evans D. E. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterization of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type. Journal Cereal Science. 2007;45(3):343-352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.08.012>
10. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. Indian Journal Genetics and Plant Breeding. 2014;74(1):26-33. DOI: <https://doi.org/10.5958/j.0975-6906.74.1.004>
11. Ayalneh T., Letta T., Abinasa M. Assessment of stability, adaptability and yield performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in South Eastern Ethiopia. Plant Breeding and Seed Science. 2013;67(1):3-11. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10129-011-0065-3>
12. Protic R., Todorovic G., Protic N., Djordjevic R., Vicentijevic D., Delic D., Kopanja M., Prodanovic R. Effect of genotype x environment interaction on grain yield of winter wheat varieties. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2013;19(4):697-700. URL: <https://agrojournal.org/19/04-11>

13. Hassan M. S., Mohamed G. I. A., El-Said R. A. R. Stability analysis for grain yield and its components of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.) under different environments. *Asian Journal of Crop science*. 2013;5(2): 179-189. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.179.189>
14. Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Юсова О. А., Сафонова И. В., Поползухин П. В. Оценка адаптивных свойств сортов ярового ячменя в степных условиях Сибирского Прииртышья. *Вестник НГАУ (Новосибирского государственного аграрного университета)*. 2018;(2):37-44. Режим доступа: <https://vestngau.elpub.ru/jour/article/view/973>
15. Лисицын Е. М. Использование маркерной селекции в создании моделей сортов зерновых культур, устойчивых к абиотическим стрессам. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;64(3):4-12. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.04-12>
16. Сурин Н. А., Ляхова Н. Е., Герасимов С. А., Липшин А. Г. Реализация идей Н. И. Вавилова в селекции ячменя в Сибири. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2018;179(1):78-88. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-1-78-88>
17. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой пшеницы в условиях Новосибирской области. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018;22(7):784-794. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
18. Солонечный П. Н. АММИ и GGE biplot анализ взаимодействия генотип-среда линий ячменя ярового. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017;21(6):657-662. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.283>
19. Курылева А. Г. Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской Республики. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(6):52-57. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
20. Шаманин В. П., Потоцкая И. В., Шепелев С. С., Пожерукова Е. В., Моргунов А. И. Морфометрические параметры корневой системы и продуктивность растений у синтетических линий яровой мягкой пшеницы в условиях Западной Сибири в связи с засухоустойчивостью. *Сельскохозяйственная биология*. 2018. 53(3): 587-597. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.3.587rus>
21. Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Адаптивность сортов ячменя по признаку «масса 1000 зерен» в условиях лесостепи Омской области. *Достижения науки и техники АПК*. 2020;34(2): 24-28. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10105>
22. Афонников Д. А., Генаев М. А., Дорошков А. В., Комышев Е. Г., Пшеничникова Т. А. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно-генетических экспериментов. *Генетика*. 2016;52(7):788-803. DOI: <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>
23. Huang M., Wang Q. G., Zhu Q. B., Qin J. W., Huang G. Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies. *Seed Sci. Technol.* 2015;43(3):337-366. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2015.43.3.16>
24. Atkinson J. A., Wingen L. U., Griffiths M., Pound M. P., Gaju O., Foulkes M. J., Le Gouis J., Griffiths S., Bennett M. J. Phenotyping pipeline reveals major seedling root growth QTL in hexaploid wheat. *J. Exp. Bot.* 2015;66(8):2283-2292. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv006>

### References

1. Sidorov A. V., Neshumaeva N. A., Yakubyskhina L. I. *Sozdanie sortov yarovogo yachmenya dlya ispol'zovaniya na kormoye tseli*. [The development of new varieties spring barley for use for feeding purposes]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(2):148-152. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25720718>
2. Yusova O. A., Nikolaev P. N. *Otsenka perspektivnykh istochnikov povyshennoy produktivnosti i kachestva zerna v usloviyakh yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri*. [The assessment of new perspective sources of raised efficiency and the quality of grain of barley in the conditions of southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(12):26-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28162642>
3. Lamazhap R. R., Lipshin A. G. *Vliyanie klimaticheskikh usloviy na urozhaynost' yarovogo yachmenya v Respublike Tyva*. [Influence of climatic conditions on the yield of summer barley in the Republic of Tyva]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(12):13-19. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28162639>
4. Surin N. A., Zobova N. V., Lyakhova N. E. *Geneticheskiy potentsial i selektsionnaya znachimost' yachmenya Sibiri*. [The genetic potential of barley in Siberia and its importance for breeding]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2014;18(2):378-386. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21801612>
5. Marukhnyak A. Ya. *Otsenka adaptivnykh osobennostey sortov yarovogo yachmenya*. [Estimation of adaptive features of spring barley varieties]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2018;(1):67-72. (In Belarus). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32657580>

6. Surin N. A., Zobova N. V., Lyakhova N. E., Neshumaeva N. V., Plekhanova L. V., Chuslin A. A., Onufrienok T. V., Lipshin A. G. *Istochniki tsennykh priznakov v selektsii yachmenya na adaptivnost'*. [Sources of valuable features in breeding of barley for adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(6):36-40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10511>
7. Fomina M. N. *Osobennosti formirovaniya zernovoy produktivnosti perspektivnykh sortov yachmenya v zone Severnogo Zaural'ya*. [Features of grain productivity formation in promising barley varieties in northern Trans-Ural]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2016;(2(249)):28-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26040488>
8. Lodhi R. D., Prasad L. C., Bornare S. S., Madakemohekar A. H., Prasad R. Stability analysis of yield and its component traits of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes in multi-environment trials in the north eastern plains of India. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*. 2015;47(2):143-159. URL: [https://scholar.google.ro/scholar?cluster=263109984844271377&hl=ru&as\\_sdt=2005](https://scholar.google.ro/scholar?cluster=263109984844271377&hl=ru&as_sdt=2005)
9. Robinson L. H., Juttner J., Milligan J., Lahnstein J., Eglinton J. K., Evans D. E. The identification of a barley haze active protein that influences beer haze stability: Cloning and characterization of the barley SE protein as a barley trypsin inhibitor of the chloroform/methanol type. *Journal Cereal Science*. 2007;45(3):343-352. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2006.08.012>
10. Sarkar B., Sharma R. C., Verma R. P. S., Sarkar A., Sharma I. Identifying superior feed barley genotypes using GGE biplot for diverse environments in India. *Indian Journal Genetics and Plant Breeding*. 2014;74(1):26-33. DOI: <https://doi.org/10.5958/j.0975-6906.74.1.004>
11. Ayalneh T., Letta T., Abinasa M. Assessment of stability, adaptability and yield performance of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars in South Eastern Ethiopia. *Plant Breeding and Seed Science*. 2013;67(1):3-11. DOI: <https://doi.org/10.2478/v10129-011-0065-3>
12. Protic R., Todorovic G., Protic N., Djordjevic R., Vicentijevic D., Delic D., Kopanja M., Prodanovic R. Effect of genotype x environment interaction on grain yield of winter wheat varieties. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2013;19(4):697-700. URL: <https://agrojournal.org/19/04-11>
13. Hassan M. S., Mohamed G. I. A., El-Said R. A. R. Stability analysis for grain yield and its components of some durum wheat genotypes (*Triticum durum* L.) under different environments. *Asian Journal of Crop science*. 2013;5(2): 179-189. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajcs.2013.179.189>
14. Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Yusova O. A., Safonova I. V., Popolzukhin P. V. *Otsenka adaptivnykh svoystv sortov yarovogo yachmenya v stepnykh usloviyakh Sibirskogo Priirtysh'ya*. [Assessment of adaptive features of spring barley in the steppe of Siberian Priirtyshya]. *Vestnik NGAU (Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2018;(2):37-44. (In Russ.). URL: <https://vestngau.elpub.ru/jour/article/view/973>
15. Lisitsyn E. M. *Ispol'zovanie markernoy selektsii v sozdanii modeley sortov zernovykh kul'tur, ustoychivyykh k abioticheskim stressam*. [Use of marker-assisted selection in creation of models of cereal crops varieties resisted to abiotic stresses]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;64(3):4-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.04-12>
16. Surin N. A., Lyakhova N. E., Gerasimov S. A., Lipshin A. G. *Realizatsiya idey N. I. Vavilova v selektsii yachmenya v Sibiri*. [Realization of ideas N. I. Vavilov's ideas in the barley breeding in Siberia]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2018;179(1):78-88. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2018-1-78-88>
17. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. *Iskhodnyy material dlya selektsii yarovoy pshenitsy v usloviyakh Novosibirskoy oblasti*. [Sources for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Novosibirsk region]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(7):784-794. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
18. Solonechnyy P. N. *AMMI i GGE biplot analiz vzaimodeystviya genotip-sreda liniy yachmenya yarovogo*. [AMMI and GGE biplot analyses of genotype-environment interaction in spring barley lines]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(6):657-662. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ17.283>
19. Kuryleva A. G. *Adaptivnaya reaktsiya sortov yachmenya pri ekologicheskom ispytanii v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptive reaction of barley varieties during environmental testing in the Udmurt Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(6):52-57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
20. Shamanin V. P., Pototskaya I. V., Shepelev S. S., Pozherukova E. V., Morgunov A. I. *Morfometricheskie parametry kornevoy sistemy i produktivnost' rasteniy u sinteticheskikh liniy yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Zapadnoy Sibiri v svyazi s zasukhoustoychivost'yu*. [Root habitus and plant productivity of spring bread wheat synthetic lines in Western Siberia, as connected with breeding for drought tolerance]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*. 2018;53(3):587-597. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiolgy.2018.3.587rus>

21. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Anis'kov N. I., Safonova I. V. *Adaptivnost' sortov yachmenya po priznaku «massa 1000 zeren» v usloviyakh lesostepi Omskoy oblasti*. [Adaptability of barley varieties by the weight of 1000 grains under forest-steppe conditions of the Omsk region]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2020;34(2):24-28. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2020-10205>

22. Afonnikov D. A., Genaev M. A., Doroshkov A. V., Komyshev E. G., Pshenichnikova T. A. *Metody vysokoproduktivnogo fenotipirovaniya rasteniy dlya massovykh selektsionno-geneticheskikh eksperimentov*. [Methods of high-throughput plant phenotyping for large-scale breeding and genetic experiments]. *Genetika* = Russian Journal of Genetics. 2016;52(7):788-803. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>

23. Huang M., Wang Q. G., Zhu Q. B., Qin J. W., Huang G. Review of seed quality and safety tests using optical sensing technologies. *Seed Sci. Technol.* 2015;43(3):337-366. DOI: <https://doi.org/10.15258/sst.2015.43.3.16>

24. Atkinson J. A., Wingen L. U., Griffiths M., Pound M. P., Gaju O., Foulkes M. J., Le Gouis J., Griffiths S., Bennett M. J. Phenotyping pipeline reveals major seedling root growth QTL in hexaploid wheat. *J. Exp. Bot.* 2015;66(8):2283-2292. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erv006>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Пакуль Вера Никоноровна**, доктор с.-х. наук, заместитель директора по научной работе, Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, ул. Центральная, д. 47, п. Новостройка, Кемеровский район, Кемеровская область, Российская Федерация, 650510, e-mail: [kemniish@mail.ru](mailto:kemniish@mail.ru),

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0681-6273>, e-mail: [vpakyl@mail.ru](mailto:vpakyl@mail.ru)

**Мартынова Светлана Викторовна**, научный сотрудник, Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, ул. Центральная, д. 47, п. Новостройка, Кемеровский район, Кемеровская область, Российская Федерация, 650510, e-mail: [kemniish@mail.ru](mailto:kemniish@mail.ru), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3476-7392>, e-mail: [martynova.cveta77@mail.ru](mailto:martynova.cveta77@mail.ru)

#### **Information about the authors**

✉ **Vera N. Pakul**, DSc in Agricultural Science, Deputy director for scientific work, Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tsentralnaya street, 47, Novostroika settlement, Kemerovo district, Kemerovo region, Russian Federation, 650510, e-mail: [kemniish@mail.ru](mailto:kemniish@mail.ru), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-0681-6273>, e-mail: [vpakyl@mail.ru](mailto:vpakyl@mail.ru)

**Svetlana V. Martynova**, researcher, Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tsentralnaya street, 47, Novostroika settlement, Kemerovo district, Kemerovo region, Russian Federation, 650510, e-mail: [kemniish@mail.ru](mailto:kemniish@mail.ru), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3476-7392>, e-mail: [martynova.cveta77@mail.ru](mailto:martynova.cveta77@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

## Изучение биологических особенностей клевера красноватого (*Trifolium rubens* L.), как объекта интродукции, в условиях Волго-Вятского региона

© 2020. Е. В. Попова, Е. Г. Арзамасова, М. Н. Грипась 

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены результаты многолетнего изучения (2014-2018 гг.) биологических особенностей роста и развития растений интродуцируемого вида – клевера красноватого (*Trifolium rubens* L.) – при выращивании травостоев на семена в почвенно-климатических условиях Волго-Вятского региона. Была проведена оценка вида по показателям зимостойкости, продолжительности вегетационного периода, высоты растений, структуры семенного травостоя, семенной продуктивности и качества семян. Зимостойкость клевера красноватого во все годы возделывания была высокой (более 80 %). Развитие растений проходило по среднеспелому типу: в зависимости от условий года произрастания достигали фазы цветения на 61-75 сут; фазы созревания – на 82-105 сут от начала отрастания. Продолжительность цветения травостоев составила 14-40 сут, созревания – 15-39 сут. При прохождении фаз развития вид отзывчив на изменения метеорологических условий года изучения. В первый и второй годы жизни происходило активное формирование корневой системы растений, поэтому при учётах структуры семенного травостоя высота растений, густота стеблестоя и доля генеративных стеблей в травостое, количество головок и масса семян на 1 м<sup>2</sup> была ниже, чем в последующие годы. Продуктивный по семенам травостой формировался с третьего года жизни и достигал высоты растений в фазу цветения 49,2-56,2 см, в фазу созревания – 50,4-63,4 см, характеризовался густотой стояния стеблей 1019,7-1151,6 шт/м<sup>2</sup> с долей участия в ней генеративных – 96,0-99,6 %, числом зрелых головок – 978,9-1147,0 шт/м<sup>2</sup> и семенной продуктивностью – 18,8-55,0 г/м<sup>2</sup>. Получение семян было регулярным, несмотря на сильные колебания показателя урожайности. Семенной материал обладал высоким качеством: всхожесть семян – 94-100 %, энергия прорастания – 58,3-81,3 %, масса 1000 семян 2,25-2,38 г, содержание твёрдых семян 9,1-20,0 %.

**Ключевые слова:** биологические показатели, фазы развития, зимостойкость, структура семенного травостоя, семенная продуктивность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0098).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Попова Е. В., Арзамасова Е. Г., Грипась М. Н. Изучение биологических особенностей клевера красноватого (*Trifolium rubens* L.), как объекта интродукции, в условиях Волго-Вятского региона. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):668-679. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.668-679>

Поступила: 14.04.2020

Принята к публикации: 20.10.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Studying the biological characteristics of red feather clover (*Trifolium rubens* L.), as an object of introduction in the conditions of the Volgo-Vyatka region

© 2020. Eugenia V. Popova, Ekaterina G. Arzamasova, Maria N. Gripas 

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article presents the results of a long-term study (2014-2018) of the biological characteristics of growth and development of plants of the introduced species – red feather clover (*Trifolium rubens* L.) when growing grass stands for seeds in the soil-and-climatic conditions of the Volgo-Vyatka region. The species was assessed for winter hardiness, the duration of the growing season, plant height, structure of seed grass stand, seed productivity and seed quality. Winter hardiness of red feather clover in all years of cultivation was high (more than 80 %). The development of plants took place according to the mid-season type: depending on the conditions of the year of growth, they reached the flowering phase for 61-75 days; ripening phase – for 82-105 days from the beginning of regrowth. The duration of grass stand flowering was 14-40 days, ripening – 15-39 days. During the phases of development, the species is responsive to changes in the meteorological conditions of the year of study. In the first and second years of life, the active formation of the root system of plants took place, therefore, taking into account the structure of the seed grass, the height of the plants, the density of the stalk and the proportion of generative stems in the grass, the number of heads and the weight of seeds per 1 m<sup>2</sup> was lower than in subsequent years. Productive in seeds grass stand was formed since the third year of life and reached a plant height in the flowering phase of 49.2-56.2 cm, in the ripening phase – 50.4-63.4 cm. It was characterized by the density of the stems standing of 1019.7-1151.6 pcs/m<sup>2</sup> with

*the proportion of generative stems – 96.0-99.6 %, the number of mature heads – 978.9-1147.0 pcs/m<sup>2</sup> and seed productivity – 18.8-55.0 g/m<sup>2</sup>. Seed production was regular, despite strong fluctuations in yield. The seed material was of high quality: seed germination – 94-100 %, germination energy – 58.3-81.3 %, and was characterized by 1000-seed mass of 2.25-2.38 g, hard seed content – 9.1-20.0 %.*

**Keywords:** biological indicators, development phases, winter hardiness, structure of seed grass, seed productivity

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No.0528-2019-0098).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Popova E. V., Arzamasova E. G., Gripas' M. N. Studying the biological characteristics of red feather clover (*Trifolium rubens* L.), as an object of introduction, in the conditions of the Volgo-Vyatka region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):668-679. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.668-679>

Received: 14.04.2020

Accepted for publication: 20.10.2020

Published online: 10.12.2020

Род Клевер (*Trifolium*) относится к семейству Бобовые (*Fabaceae*) и насчитывает свыше 200 видов одно-, дву- и многолетних травянистых растений. Ареал их происхождения – умеренный и субтропический пояс Северного полушария<sup>1</sup>. По форме тройчатых листьев род получил латинское название *Trifolium*, что означает "имеющий три листа" [1].

В настоящее время наряду с созданием новых сортов клевера лугового и клевера гибридного, широко распространённых в сельскохозяйственном производстве России, большое внимание уделяется формированию и изучению коллекций других видов клеверов, способных развиваться как пастбищные и сенокосные растения с потенциалом производства корма, биомассы или азота. Интерес в этом направлении представляет клевер красноватый (*Trifolium rubens* L.), отличающийся повышенной устойчивостью к засухе, болезням, продуктивным долголетием, способностью размножаться корневыми отпрысками [2].

В диком виде клевер красноватый распространён в областях с умеренно-влажным климатом: южная Европа – от Испании до северной части Балканского полуострова, юг Средней Европы<sup>2</sup>, центральная и южная

Европа [3], Белоруссия [4], Украина [5]. В России произрастает на территории Калининградской области и в Крыму. По данным Глобальной Базы данных по объектам биоразнообразия (Global Biodiversity Information Facility, GBIF), активно расселяется на север, о чём свидетельствуют многочисленные находки из скандинавских стран. По этой причине GBIF относит данный вид к инвазивным [6]. Это самонесовместимое, перекрестноопыляемое, энтомофильное растение с диплоидным набором хромосом ( $2n = 16$ , отличный медонос<sup>3, 4</sup>.

Клевер красноватый интересен с точки зрения внедрения в естественные или искусственные фитоценозы для их восстановления и оживления, а также сохранения самого вида [7]. Заслуживает внимания как кандидат для потенциального использования на западных склонах пастбищ с большим возвышением. Так как вид развивался в подгорных ксеротермических областях Европы, он может приобретать признаки выносливости и устойчивости к засухе. Как и все бобовые, клевер красноватый – хорошее зелёное удобрение, отлично структурирует почву, обеспечивает противоэрозионный эффект [1].

<sup>1</sup>Мухина Н. А., Станкевич А. К. Род *Trifolium* L. – Клевер. Культурная флора: Многолетние бобовые травы (клевер, лядвенец). М.: Колос, 1999. Т. XIII. С. 10-17.

<sup>2</sup>Комаров В. Л. Флора СССР. М., Л.: Академия Наук СССР, 1945. Т. 11. С. 247-248.

<sup>3</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды дикорастущих растений. Красная книга Республики Беларусь. Минск: «Беларуская Энциклапедыя» имени Петруся Бровки, 2005. С. 120-121. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://redbook.minpriroda.gov.by/plantsinfo.html?id=60> (дата обращения: 08.04.2020).

<sup>4</sup>Дикие родичи культурных растений *Trifolium rubens* L. – клевер краснеющий. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их болезни, вредители и сорные растения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.agroatlas.ru/ru/content/related/Trifolium\\_rubens/index.html](http://www.agroatlas.ru/ru/content/related/Trifolium_rubens/index.html) (дата обращения: 09.04.2020).

Можно использовать в медицине: целебные качества растения не уступают клеверу луговому. В Республике Молдова употребляется в лечебных ваннах от различных болезней<sup>5</sup>. Проводятся исследования химического состава растений. В будущем возможно их использование как источника природного диетического изофлавона, обладающего сердечно-сосудистой защитой, противоонкологической активностью, антиоксидантным свойством, противовоспалительным действием [8]. Широко используется в качестве красивого многолетнего декоративного растения далеко за пределами своего естественного ареала обитания<sup>6</sup>. Известны два коммерчески распространяемых сорта клевера красноватого зарубежной селекции: «Red Feathers» (Красные перья)<sup>7</sup> и «Peach Pink» (Розовый Персик)<sup>8</sup>.

**Цель исследований** – провести первичное интродукционное испытание клевера красноватого, нового вида многолетних трав, с получением жизнеспособного посевного материала и предварительным выявлением адаптационных возможностей интродуцента в почвенно-климатических условиях Волго-Вятского региона.

**Материал и методы.** Объект исследования – интродуцируемый вид – клевер красноватый, полученный в 2002 году из Ботанического сада Уральского государственного университета (г. Екатеринбург). Образец, размноженный в условиях Кировской области, был посеян в питомнике изучения новых видов многолетних трав 2-кратной закладки (2014 и 2016 гг.) (рис. 1).



Рис. 1. Травостой (слева) и соцветия (справа) клевера красноватого (*Trifolium rubens* L.) в питомнике изучения новых видов бобовых трав (посев 2014 г.) /

Fig. 1. Grass stand (left) and inflorescences (right) of red feather clover (*Trifolium rubens* L.) in the nursery for the study of new types of legumes (sown in 2014)

<sup>5</sup>Донецкая Е. Лекарственные растения в быту, медицине, косметике. Описание растений, выращивание и сбор, сроки хранения, показания, рецепты, противопоказания, косметика: в 7 томах. М.: Изд-во Вече, 2017. Т. 3. 496 с. Режим доступа: <https://avidreaders.ru/book/lekarstvennye-rasteniya-v-bytu-medicine-kosmetike-2.html>

<sup>6</sup>Greeninfo.ru. Информационный портал по садоводству, цветоводству и ландшафтному дизайну [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium\\_rubens.html](https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium_rubens.html) (дата обращения: 09.04.2020).

<sup>7</sup>Plants of distinction. Flower&Vegetable seeds. Trifolium Rubens Red Feathers. Available at: <https://www.plantsofdistinction.co.uk/flowers-a-z/flowers-a-z/trifolium-rubens-red-feathers-2287> (accessed: 09.04.2020).

<sup>8</sup>Supersadovnik.ru. Декоративные виды клевера, подходящие для посадки в цветники. Клевер красный, или красноватый. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.supersadovnik.ru/text/dekorativnyj-klever-i-v-cvetnik-i-na-gazon-1006443> (дата обращения: 09.04.2020).

Практические исследования проводили на опытном участке лаборатории селекции и первичного семеноводства многолетних трав экспериментального поля ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Изучение клевера красноватого было проведено в семенных травостоях, так как при ограниченном количестве семенного материала использование посевов на кормовые цели было нецелесообразно.

Почва участка дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимические показатели пахотного слоя участков под посев 2014 и 2016 гг.:  $pH_{kcl}$  – 4,33 и 4,40;  $P_2O_5$  – 96,1 и 132,0 мг/кг;  $K_2O$  – 105,0 и 116,0 мг/кг (по Кирсанову); содержание гумуса – 2,35 и 2,51 % (по Тюрину) соответственно.

Посев весенний (02.05.2014 г., 12.05.2016 г.) беспокровный, сплошной рядовой с нормой высева 7 млн всхожих семян на 1 га. Семена высеяны на глубину 0,7 см. Наблюдения, оценки и учёты (2014–2018 гг.) выполнены в соответствии с общепринятыми методиками<sup>9</sup>, статистическая обработка результатов экспериментальных исследований с использованием пакета селекционно-ориентированных программ AGROS v. 2.07.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2014–2018 гг. различались по тепло- и влагообеспеченности, что позволило выявить реакцию вида на условия произрастания и дать объективную оценку.

**Результаты и их обсуждение.** По литературным данным, в естественных условиях всходы появляются в течение 21 суток<sup>10</sup>. В наших исследованиях всходы были отмечены на 24–25 сутки от даты посева.

Развитие растений 1 года жизни (г. ж.) происходило по озимому типу (пятый-шестой морфобиотип – фаза прикорневой розетки со встречающимися в посеве удлинёнными вегетативными побегами): к концу июля-началу августа на некоторых растениях формировались удлинённые малооблиственные (по 4–5 листочков) стебли (3–4 шт.).

При выращивании рассадным способом возможно цветение клевера красноватого в год посева. Проведённый в 2019 г. опыт по высе-

живанию семидневных проростков в рассадные ящики (14 апреля) с последующей высадкой растений в фазе полного стеблевания в открытый грунт (середина августа) показал, что клевер красноватый зацветал в начале сентября, к окончанию вегетации сохранность растений составила 40 %.

По данным В. С. Venuto [9], изучавшего 10 образцов клевера красноватого, полученных из Национальной системы зародышевой плазмы (Региональная станция интродукции растений, штат Вашингтон, США), к концу 1 г. ж. сохранность (выживаемость) растений составляла 85–100 %, весной следующего года – 70–93 %.

В наших исследованиях изреживание травостоев происходило преимущественно из-за подавления сорной растительностью. Так, густота стояния растений в 1 г. ж. (2014 и 2016 гг.) составила 288,6 и 311,8 шт/м<sup>2</sup>. Постепенно, с возрастом травостоя, происходило снижение количества растений от первоначального: во 2 г. ж. – на 6,7 и 12,5 %, в 3 г. ж. – на 11,3 и 13,6 %, на 4 г. ж. – на 16,0 %.

Перед уходом в зиму травостой находились в удовлетворительном состоянии. Перезимовка проходила в условиях от удовлетворительных (2014–2015, 2016–2017, 2017–2018 гг.) до благоприятных (2015–2016 гг.).

О зимостойкости вида достоверных литературных данных недостаточно. По одним источникам он характеризуется как зимо- и морозостойкий, способный произрастать в зонах с температурами зимнего сезона от -9,4 до -39,9 °С<sup>11</sup>, по другим – холодостоек (выдерживает до -28 °С), но не зимостоек<sup>12</sup>. В наших исследованиях зимостойкость растений 1 г. ж. была очень высокой и составила 93 и 100 %, в следующие годы жизни (до четвертого) – высокой (более 80 %).

Отрастание травостоев посева 2014 г. во 2 и 3 г. ж. в условиях тёплой и сухой весны 2015 и 2016 гг. было отмечено 20 и 18 апреля, в условиях затяжных влажных и холодных весен 2017 и 2018 гг. сдвинулось на первую декаду мая (табл. 1).

<sup>9</sup>Широкий унифицированный классификатор СЭВ рода *Thrifolium* L. Л.: ВИР, 1983. 30 с.; Федин М. А. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1985. 263 с.; Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера. М.: ВНИИК, 2002. 72 с.; Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

<sup>10</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

<sup>11</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

<sup>12</sup>Greeninfo.ru. Режим доступа: [https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium\\_rubens.html](https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium_rubens.html)

Таблица 1 – Периоды развития растений клевера красноватого /  
Table 1 – Periods of development of red feather clover plants

Межфазный период / Interphase period	2014						2016					
	первый (2015 г.) / first (2015)		второй (2016 г.) / second (2016)		третий (2017 г.) / third (2017)		первый (2017 г.) / first (2017)		второй (2018 г.) / second (2018)			
	дата / date	сут / day	дата / date	сут / day	дата / date	сут / day	дата / date	сут / day	дата / date	сут / day		
Начало отрастания-цветения / The beginning of regrowth-flowering	20.04-24.06	65	18.04-30.06	73	02.05-16.07	75	02.05-14.07	73	06.05-06.07	61		
Начало-окончание цветения / The beginning- the end of flowering	24.06-03.08	40	30.06-17.07	17	16.07-31.07	15	14.07-28.07	14	06.07-27.07	21		
Начало-окончание созревания / The beginning-the end of ripening	03.08-31.08	28	17.07-01.08	15	31.07-01.09	32	28.07-05.09	39	27.07-22.08	26		
Вегетационный период / Growing season	20.04-31.08	133	18.04-01.08	105	02.05-01.09	122	02.05-05.09	126	06.05-22.08	108		

Как многолетний вид, клевер красноватый вступает в репродуктивную фазу на второй и последующие годы жизни. Зацветает в конце июня, полного цветения достигает в июле, плодоносит – в июле-августе<sup>13</sup>.

Цветение травостоев в питомниках зафиксировано на 61 (2018 г.) – 75 сутки (2017 г.) при достижении сумм эффективных температур 700 °С. Отмечено, что при раннем отрастании (в конце апреля) фаза начиналась в последней декаде июня, при позднем (в начале мая) – в первой декаде июля.

При прохождении межфазных периодов развития растений клевер красноватый, как и все клевера, отзывчив на меняющиеся метеорологические условия года произрастания. Так, период цветения травостоев занимал 14 (2017 г.) – 40 суток (2015 г.). В годы, когда дневная температура воздуха (фиксируемая в 12.00 часов дня) была выше 23,0 °С, длительность цветения травостоев сокращалась и, наоборот, при снижении дневной температуры воздуха до 20,3 °С – растягивалась во времени ( $r = -0,85$  ( $p \leq 0,05$ ), коэффициент детерминации  $R^2 = 0,72$ ) (рис. 2).

Созревание головок и семян в зависимости от года исследования начиналось на 82 (2018 г.) – 105 сутки (2015 г.) от начала отрастания и длилось 15 (2016 г.) – 39 суток (2017 г.). Скорость созревания головок и семян напрямую зависела ( $r = +0,81$  ( $p \leq 0,05$ ),  $R^2 = 0,66$ ) от относительной влажности воздуха (рис. 3).

Период «цветение-созревание головок и семян» – это один из важных этапов развития растений, так как комплекс физиологических процессов, протекающих в эту фазу, определяет уровень семенной продуктивности и качество семенного материала. По годам пользования (г. п.) он занимал от 32 (2 г. п., 2016 г.) до 68 суток (1 г. п., 2015 г.). Его продолжительность зависела от суммы выпавших осадков ( $r = +0,91$  ( $p \leq 0,05$ );  $R^2 = 0,83$ ) и дневной температуры воздуха ( $r = -0,99$  ( $p \leq 0,01$ );  $R^2 = 0,98$ ) (рис. 4, 5).

В период изучения длительность межфазного периода в травостоях 1 г. п. составила 68 (посев 2014 г.) и 53 суток (посев 2016 г.). При этом в условиях невысоких дневных температур воздуха (19,0 °С) и большого количества выпавших осадков (219,5 мм) прохождения фазы растениями в 2015 г. было максимально растянутым во времени. Во 2 г. п. этот период занимал 32 (посев 2014 г.) и 47 суток

<sup>13</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

(посев 2016 г.). Самый короткий за все годы изучения период «цветение и созревание головок и семян» наблюдали в 2016 г. при высоких

дневных температурах воздуха (25,3 °C) и небольшом количестве осадков (118,6 мм).

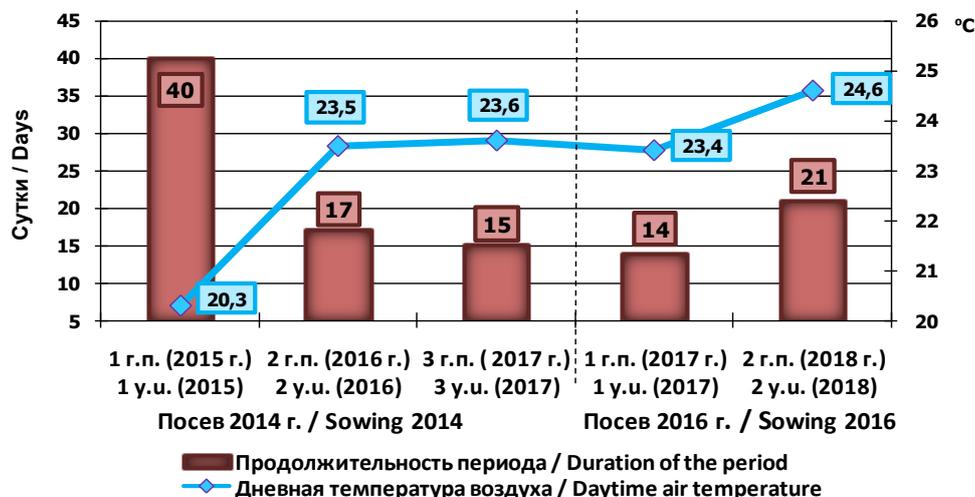


Рис. 2. Продолжительность периода «цветение» в зависимости от дневных температур воздуха / Fig. 2. The duration of the «flowering» period, depending on daytime air temperatures

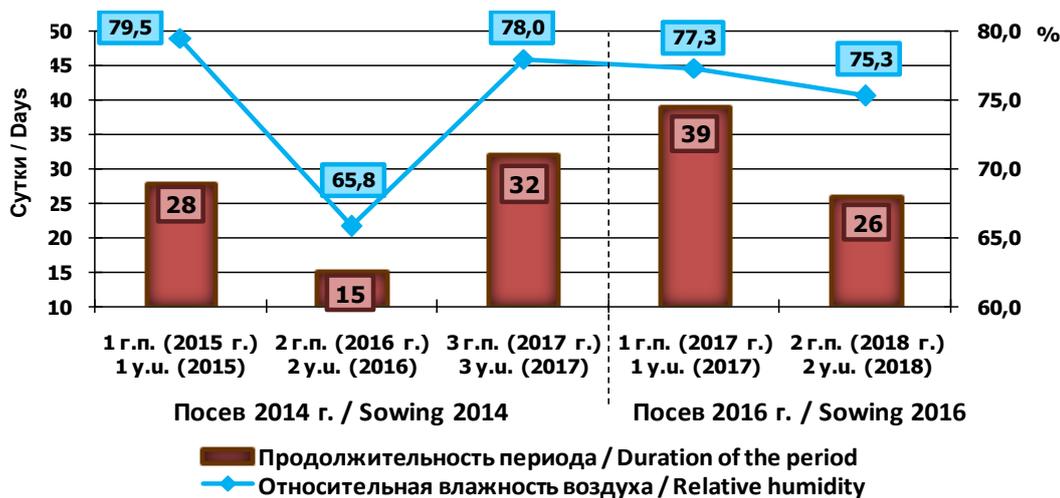


Рис. 3. Продолжительность периода «созревание» в зависимости от относительной влажности воздуха / Fig. 3. The duration of the «ripening» period, depending on the relative air humidity

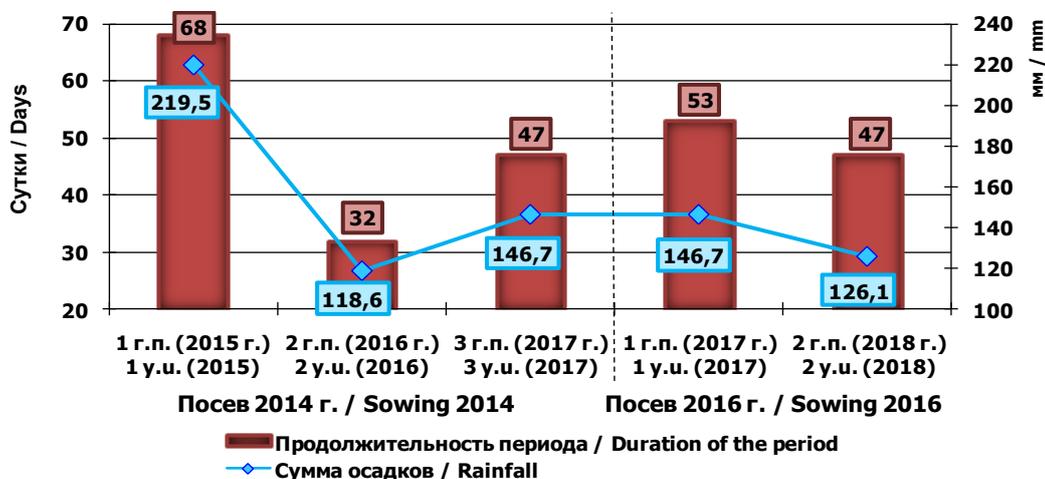


Рис. 4. Продолжительность периода «цветение-созревание» в зависимости от суммы выпавших осадков / Fig. 4. The duration of the «flowering-ripening» period, depending on the amount of precipitation

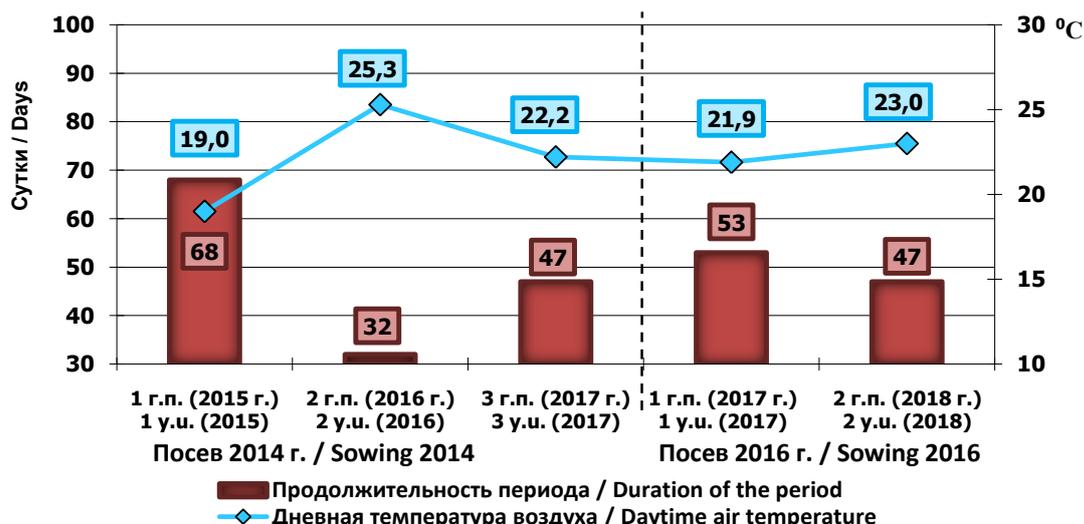


Рис. 5. Продолжительность периода «цветение-созревание» в зависимости от среднесуточных температур воздуха /

Fig. 5. The duration of the «flowering-ripening» period, depending on the average daily on air temperatures

По продолжительности вегетационного периода (от 105 до 133 суток) клевер красноватый можно отнести к среднеспелым клеверам. Критическим показателем метеорологических

условий, влияющим на длительность вегетации растений, является количество выпавших осадков за этот период ( $r = +0,81$  ( $p \leq 0,1$ );  $R^2 = 0,66$ ) (рис. 6).

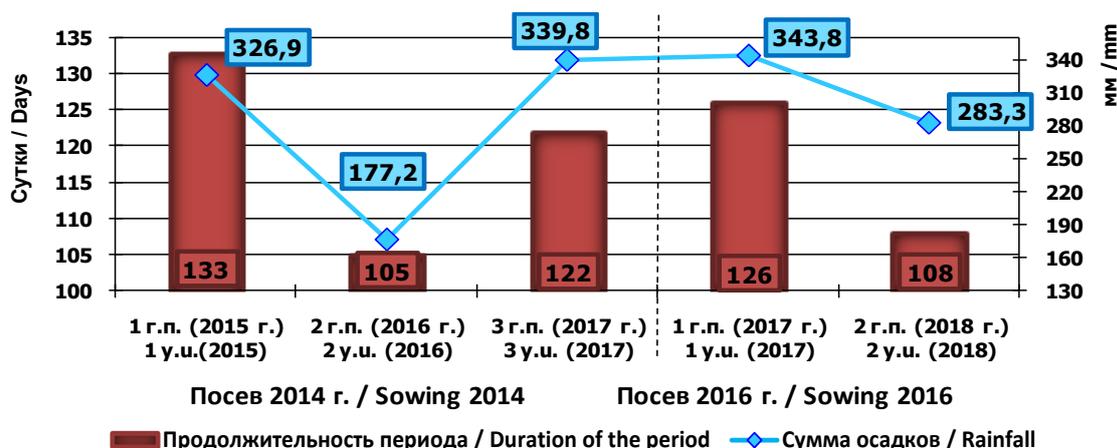


Рис. 6. Продолжительность вегетационного периода в зависимости от суммы выпавших осадков /

Fig. 6. The duration of the growing season, depending on the amount of precipitation

Клевер красноватый – травянистое растение, по разным литературным данным достига-

ющее высоты 20-50 см<sup>14</sup>, 20-60 см<sup>15</sup>, 20-80 см<sup>16</sup>, 20-90 см<sup>17</sup>, 30-70 см<sup>18</sup>, 40-45 см<sup>19</sup>, около 60 см<sup>20</sup>.

<sup>14</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

<sup>15</sup>Greeninfo.ru. Режим доступа: [https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium\\_rubens.html](https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium_rubens.html)

<sup>16</sup>Комаров В. Л. Указ. соч.

<sup>17</sup>Дидух Я. П. Конюшина червонувата – *Trifolium rubens* L. Червона книга України. К.: Глобалконсалтинг, 2009. С. 484. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://redbook-flora.land.kiev.ua/484.html> (дата обращения: 09.04.2020).

<sup>18</sup>Zvetki.ru. Энциклопедия садовых цветов, трав, кустарников и деревьев, фотографии, характеристики и описания. Садовые цветы. Клевер красноватый (описание, выращивание, посадка, уход, полив). *Trifolium rubens*. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zvetki.ru/f722-Trifolium-rubens.htm> (дата обращения: 09.04.2020).

<sup>19</sup>Асиенда.ру. Клевер красноватый – декоративный многолетник. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.asienda.ru/post/47445/> (дата обращения: 09.04.2020).

<sup>20</sup>7dach.ru. Клевер на дачу. Виды и сорта клевера. Клевер красноватый (*Trifolium rubens*). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://7dach.ru/SilVA/kleвер-2375.html> (дата обращения: 09.04.2020).

В условиях Волго-Вятского региона высота растений клевера красноватого была минимальной в 1 г. п. и составила в фазу «цветение» – 35,0 (посев 2014 г.) и 39,0 см (посев 2016 г.), в фазу «созревание» – 36,2 и 47,2 см. С возрастом травостоя она увеличивалась. Во 2 г. п. цветущий травостой достигал 49,2 и 55,2 см, созревающий – 50,4 и 63,4 см. В 3 г. п. (2017 г.) высота растений в фазу «цветение» была максимальной за все годы изучения и составила 56,2 см, в фазу «созревание» – 59,5 см.

Растения клевера красноватого формируют прямостоячие или восходящие немногочисленные, обычно простые, жёсткие голые, несколько красноватые, обильно облиственные стебли. Листья тройчатые, листовые пластинки 4,0-8,0 см длиной и 1,0-1,5 см шириной, продолговато-ланцетные, по краю мелкозубчатые с густой сетью утолщенных к краям боковых жилок<sup>21</sup>. В сплошных рядовых посевах образует полуразвалистый куст, однако из-за небольшой высоты травостой не полегает.

В первые два года жизни активно формирует корневую систему, как и клевер паннонский [10], поэтому в эти годы урожайность семян невысока. Начиная с 3 г. ж.

(2 г. п.), эта величина возрастает за счёт увеличения числа, высоты побегов и долевого участия наиболее продуктивных – генеративных.

Каждый генеративный стебель заканчивается одним или двумя соцветиями, в последнем случае вторая головка меньших размеров<sup>22</sup>. Соцветие – довольно большая, удлиненная яйцевидная или цилиндрическая головка, в зависимости от условий года произрастания от 3 до 7 см длиной и от 2,0 до 3,5 см шириной, красновато-малинового цвета. Головки густоцветковые. Распускание цветков в головке начинается снизу и постепенно перемещается вверх. Если на стебле два соцветия, то одно из них, более развитое, начинает зацветать раньше, пока второе находится в бутоне. Когда первая головка отцветает, начинает цвести вторая. Таким образом, в период массового цветения в травостое могут находиться как отцветшие, так и зацветающие головки.

По данным учётов структуры семенного травостоя, общая густота стеблестоя, долевого участие генеративных стеблей, количество головок и масса кондиционных семян были минимальными в травостоях 1 г. п. (табл. 2).

*Таблица 2 – Структура семенного травостоя клевера красноватого / Table 2 – The structure of the seed grass stand of red feather clover*

посев / sowing	Год / Year of		Количество стеблей, шт/м <sup>2</sup> / number of stems, pcs/m <sup>2</sup>	Долевое участие генеративных стеблей, % / Proportion of generative stems, %	Количество головок, шт/м <sup>2</sup> / Number of inflorescences, pcs/m <sup>2</sup>	Масса нормально развитых семян, г/м <sup>2</sup> / The mass of normally developed seeds, g/m <sup>2</sup>
	исследования / research	пользы / use				
2014	2015	Первый / First	942,9	42,9	404,1	7,4
	2016	Второй / Second	1151,6	99,6	1147,0	55,0
	2017	Третий / Third	1060,0	97,4	1032,0	18,8
2016	2017	Первый / First	892,5	28,6	255,3	4,7
	2018	Второй / Second	1019,7	96,0	978,9	17,8
<b>Среднее / Average</b>			<b>1013,3</b>	<b>72,9</b>	<b>763,5</b>	<b>20,7</b>

С возрастом травостоя и в зависимости от года возделывания происходило увеличение количества стеблей до 1019,7 и 1151,6 шт/м<sup>2</sup> во 2 г. п., до 1060,0 шт/м<sup>2</sup> в 3 г. п. Доля участия генеративных стеблей в общей густоте

травостоя возрастала до 96,0-99,6 %. Все головки были полностью сформировавшимися и созревшими. Получено 18,8-55,0 г/м<sup>2</sup> нормально выполненных кондиционных семян.

<sup>21</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

<sup>22</sup>Комаров В. Л. Указ. соч.

Скрининг клевера красноватого на устойчивость к корневой гнили, одной из самых распространенных и вредоносных болезней многолетних бобовых трав в Кировской области, выявил высокую устойчивость к заболеванию в первые годы жизни растений при укосном использовании травостоев [11]. По полученным данным, признаки заболевания внутренних тканей корня у растений 2 г. ж. отсутствовали, к окончанию 3 г. ж. распространенность корневой гнили в популяции клевера красноватого не превышала 16 % с очень слабой интенсивностью развития болезни внутри корней (0,4 балла по 5-балльной шкале), тогда как поражение лядвенца рогатого (традиционно возделываемой в области долго-

летней кормовой бобовой культуры) достигало 55 % с интенсивностью заболевания 1 балл.

Клевер красноватый в природе размножается семенами<sup>23</sup>. О его семенной продуктивности известно немного. При культурном возделывании вида в погоднo-климатических условиях Республики Беларусь даёт самосев, но плодоношение нерегулярное<sup>24</sup>. Растения, выращенные в условиях штата Юта (США), были продуктивными – сбор семян с одного растения составил 33 г<sup>25</sup>.

В условиях Волго-Вятского региона, несмотря на сильные колебания уровня урожайности по годам изучения, можно говорить о регулярности получения семян (табл. 3).

*Таблица 3 – Урожайность семян клевера красноватого, ц/га /  
Table 3 – Productivity of red feather clover seeds, hKg/ha*

<i>Год / Year of</i>			<i>Биологическая / Biological</i>	<i>Фактическая / Actual</i>
<i>посева / sowing</i>	<i>исследования / research</i>	<i>пользования / use</i>		
2014	2015	Первый / First	0,74	0,21
	2016	Второй / Second	5,50	3,04
	2017	Третий / Third	1,88	1,04
2016	2017	Первый / First	0,47	0,07
	2018	Второй / Second	1,78	0,87
<b>Среднее / Average</b>			<b>2,07</b>	<b>1,05</b>

Следует отметить, что в 1 г. п. травостой клевера красноватого имели невысокую как биологическую, так и фактическую урожайность семян. При благоприятных для формирования семенных травостоев метеорологических условиях 2015 г. было получено 0,21 ц/га семян, при неблагоприятных 2017 г. – 0,07 ц/га. Если сравнивать травостои 1 и 3 г. п., сформированные в схожих неблагоприятных метеорологических условиях 2017 г., то урожайность семян возрастного травостоя (посев 2014 г.) была выше, чем у первого (посев 2016 г.). Максимально продуктивным был травостой 2 г. п. (посев 2014 г.) при самых благоприят-

ных для формирования семян погодных условиях за все годы исследований. В менее благоприятных условиях 2018 г. урожайность семян 2 г. п. составила 0,87 ц/га.

Клеверу красноватому присуще явление автобарахории, т. е. распространение семян с помощью их опадения под влиянием силы тяжести<sup>26</sup>. Опадение плодов и семян может стать естественной причиной потерь урожая при культурном возделывании вида. Однако наблюдения за травостоями в годы исследований показали, что осыпание семян возможно только при сильной задержке в сроках уборки семенных травостоев.

<sup>23</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.; Комаров В. Л. Указ. соч.; Ontario Rock Garden @ Hardy Plant Society. Plant of the Month for April, 2012. Trifolium rubens «Red Feather». Available at: [http://www.onrockgarden.com/plant\\_of\\_the\\_month/2012-04](http://www.onrockgarden.com/plant_of_the_month/2012-04) (accessed: 08.04.2020).

<sup>24</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

<sup>25</sup>Rumbaugh M. D. Legumes - their use in wildland plantings. Managing intermountain rangelands - improvement of range and wildlife habitats (proceeding of symposia: September 15-17 1981, Twin Falls, Idaho, June 22-24 1982, Elko, Nevada). USDA Forest Service general technical report INT – Intermountain Forest and Range Experiment station. 1983. Pp. 115-122. Available at: <https://archive.org/details/CAT84798932/page/n1/mode/2up> (accessed: 09.04.2020).

<sup>26</sup>Пашков Г. П., Календа Л. В., Логвин В. Н., Петриков А. М. Указ. соч.

Так как клевер красноватый – новый и недостаточно изученный вид, в настоящее время в России для определения показателей всхожести его семян ГОСТов не разработано. В наших исследованиях энергию прорастания и всхожесть семян определяли по требовани-

ям ГОСТа 12038-84 для клевера лугового тетраплоидного. Определение показателей всхожести через два месяца после уборки травостоев показало, что был получен высококачественный семенной материал (табл. 4).

*Таблица 4 – Показатели всхожести семян клевера красноватого /  
Table 4 – Germination indicators of red feather clover seeds*

посева / sowing	Год / Year of		Всхожесть семян, % / Germination of seeds, %	Энергия прорастания, % / Energy of Sprouting, %	Содержание твёрдых семян, % / Hard seed content, %	Масса 1000 семян, г / The mass of 1000 seeds, g
	исследо- вания / research	пользо- вания / use				
2014	2015	Первый / First	99,6	81,2	9,1	2,34
	2016	Второй / Second	100,0	81,3	18,7	2,30
	2017	Третий / Third	94,0	74,5	13,0	2,38
2016	2017	Первый / First	94,0	58,3	18,8	2,25
	2018	Второй / Second	95,3	64,0	20,0	2,37
<b>Среднее / Average</b>			<b>96,6</b>	<b>71,9</b>	<b>15,9</b>	<b>2,33</b>

Всхожесть семян во все годы исследований была высокой – 94,0-100,0 %. Энергия прорастания при формировании урожая семян в более тёплые и сухие годы (2015 и 2016 гг.) составила 81,2 и 81,3 %, прохладные и влажные (2017 и 2018 гг.) – 58,3-74,5 %; масса 1000 семян – 2,25-2,38 г.

Клевер красноватый, как и все бобовые растения, характеризуется «твёрдосемянностью». По данным Jeremi Kołodziejek [12], состояние покоя у семян этого вида обусловлено непроницаемым для воды семенным покровом (физическое состояние покоя) и (неглубоким) физиологически бездействующим зародышем, то есть комбинационным покоем.

Содержание твёрдых семян в наших исследованиях находилось в диапазоне величин 9,1 (2015 г.)-20,0 % (2018 г.). При культурном возделывании вида с целью достижения дружности появления всходов следует проводить предпосевную скарификацию или стратификацию семян<sup>27</sup>.

**Заключение.** Таким образом, в условиях Волго-Вятского региона проведено первичное интродукционное испытание клевера красноватого, выявлены ценные биологические качества: высокая зимостойкость, продуктивное долголетие, устойчивость к корневой гнили, регулярность плодоношения, высокое качество семенного материала.

#### *Список литературы*

1. Cruz-González Xavier, Laza-Pérez Nereha, Mateos Pedro F., Rivas Raúl Analysis and effect of the use of biofertilizers on *Trifolium rubens* L., a preferential attention species in Castile and Leon, Spain, with the aim of increasing the plants conservation status. AIMS Microbiology. 2017;3(4):733-746. DOI: <http://dx.doi.org/10.3934/microbiol.2017.4.733>
2. Косолапов В. М., Шамсутдинов З. Ш. Генетические ресурсы кормопроизводства. Вестник Российской академии наук. 2015;85(1):19-22. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869587315010077>
3. Marek-Kozaczuk Monika, Wdowiak-Wrobel Sylwia, Kalita Michał, Chernetsky Mykhaylo, Deryło Kamil, Tcho´rzewski Marek, Skorupska Anna Host-dependent symbiotic efficiency of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* strains isolated from nodules of *Trifolium rubens*. Antonie van Leeuwenhoek. 2017;110:1729-1744. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0922-7>

<sup>27</sup>Greeninfo.ru. URL: [https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium\\_rubens.html](https://www.greeninfo.ru/grassy/trifolium_rubens.html)

4. Сауткина Т. А. Критический обзор рода *Trifolium* L. S. L. – Клевер (сем. *Fabaceae*) во флоре Беларуси. Вестник БГУ. Серия 2: химия, биология, география. 2009;(2):30-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22653820>
5. Мяслик А. Н., Галуц О. А. Созологический анализ флоры Белорусского поlessья. Вестник Полесского государственного университета. Серия природоведческих наук. 2016;(1):8-16. Режим доступа: <https://ojs.polessu.by/BPSUS2/article/view/711/708>
6. Шипилина Л. Ю. Дикие родичи культурных растений Калининградской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019;180(4):32-43. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-32-43>
7. Turnau K., Gawronski S., Zubek S., Anielska T., Jurkiewicz A. Joined spread of soil microbes and commercially reestablished endangered plants in Europe. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/228484807\\_Joined\\_spread\\_of\\_soil\\_microbes\\_and\\_commercially\\_reestablished\\_endangered\\_plants\\_in\\_Europe](https://www.researchgate.net/publication/228484807_Joined_spread_of_soil_microbes_and_commercially_reestablished_endangered_plants_in_Europe) (accessed 08.04.2020).
8. Sundaresan Arjunan, Radhiga Thangaiyan, Deivasigamani Balaraman Biological activity of Biochanin A: A Review. Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2018;4(1):1-5. DOI: <https://doi.org/10.31024/ajpp.2018.4.1.1>
9. Venuto B. C. Vegetative and reproductive characteristics of *Trifolium rubens*. American Society of Agronomy Meetings, November 12-16, 2006, Indianapolis, IN. 2006 CD-ROM. Publication: USDA ARS (U.S. Department of Agriculture): Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture. Available at: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=195783> (accessed 09.04.2020).
10. Боголюбова Е. В., Агаркова З. В. Сорт клевера паннонского Премьер. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014;(2):26–32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21533701>
11. Арзамасова Е. Г., Попова Е. В. Скрининг интродуцированных видов клевера на устойчивость к корневой гнили в условиях Кировской области. Инновационные направления аграрной науки на современном этапе: сб. науч. тр. Межд. науч.-прак. конф., посвященной 30-летию Ульяновского НИИСХ, 16-17 июля 2019 г. Ульяновск: УдГТУ, 2019. С. 14-20.
12. Kołodziejek Jeremi Seed germination responses to some environmental factors in the red feather (*Trifolium rubens*). Pakistan Journal of Botany. 2018;50(1):59-65. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322853394\\_Seed\\_germination\\_responses\\_to\\_some\\_environmental\\_factors\\_in\\_the\\_red\\_feather\\_Trifolium\\_rubens](https://www.researchgate.net/publication/322853394_Seed_germination_responses_to_some_environmental_factors_in_the_red_feather_Trifolium_rubens)

#### References

1. Cruz-González Xavier, Laza-Pérez Nereha, Mateos Pedro F., Rivas Raúl Analysis and effect of the use of biofertilizers on *Trifolium rubens* L., a preferential attention species in Castile and Leon, Spain, with the aim of increasing the plants conservation status. AIMS Microbiology. 2017;3(4):733-746. DOI: <http://dx.doi.org/10.3934/microbiol.2017.4.733>
2. Kosolapov V. M., Shamsutdinov Z. Sh. *Geneticheskie resursy kormoproizvodstva*. [Genetic resources of feed production]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2015;85(1):19-22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0869587315010077>
3. Marek-Kozaczuk Monika, Wdowiak-Wrobel Sylwia, Kalita Michał, Chernetsky Mykhaylo, Deryło Kamil, Tcho'rzewski Marek, Skorupska Anna Host-dependent symbiotic efficiency of *Rhizobium leguminosarum* bv. *trifolii* strains isolated from nodules of *Trifolium rubens*. *Antonie van Leeuwenhoek*. 2017;110:1729-1744. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10482-017-0922-7>
4. Sautkina T. A. *Kriticheskiy obzor roda Trifolium L. S. L. – Klever (sem. Fabaceae) vo flore Belarusi*. [Critical review of the genus *Trifolium* L. S. L. - Clover (family *Fabaceae*) in the flora of Belarus]. *Vestnik BGU. Seriya 2: khimiya, biologiya, geografiya*. 2009;(2):30-34. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22653820>
5. Myalik A. N., Galuts O. A. *Sozologicheskiy analiz flory Belorusskogo poles'ya*. [Sozological analysis of the flora of the Belarusian Polesie]. *Vestnik Polesskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya prirodovedcheskikh nauk* = Bulletin of Polessky State University. Series in Natural Sciences. 2016;(1):8-16. (In Belarus). URL: <https://ojs.polessu.by/BPSUS2/article/view/711/708>
6. Shipilina L. Yu. *Dikie rodichi kul'turnykh rasteniy Kaliningradskoy oblasti*. [Crop wild relatives of Kaliningrad Province recommended for in situ conservation]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2019;180(4):32-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-4-32-43>
7. Turnau K., Gawronski S., Zubek S., Anielska T., Jurkiewicz A. Joined spread of soil microbes and commercially reestablished endangered plants in Europe. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/228484807\\_Joined\\_spread\\_of\\_soil\\_microbes\\_and\\_commercially\\_reestablished\\_endangered\\_plants\\_in\\_Europe](https://www.researchgate.net/publication/228484807_Joined_spread_of_soil_microbes_and_commercially_reestablished_endangered_plants_in_Europe) (accessed 08.04.2020).
8. Sundaresan Arjunan, Radhiga Thangaiyan, Deivasigamani Balaraman Biological activity of Biochanin A: A Review. Asian Journal of Pharmacy and Pharmacology. 2018;4(1):1-5. DOI: <https://doi.org/10.31024/ajpp.2018.4.1.1>
9. Venuto B. C. Vegetative and reproductive characteristics of *Trifolium rubens*. American Society of Agronomy Meetings, November 12-16, 2006, Indianapolis, IN. 2006 CD-ROM. Publication: USDA ARS

(U.S. Department of Agriculture): Agricultural Research Service U.S. Department of Agriculture Available at: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=195783> (accessed 09.04.2020).

10. Bogolyubova E. V., Agarkova Z. V. *Sort klevera pannonskogo Prem'er*. [Premier cultivar of hungarian clover]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2014;(2):26-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21533701>

11. Arzamasova E. G., Popova E. V. *Skrining introdutsirovannykh vidov klevera na ustoychivost' k kornevoy gnili v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [Screening of introduced clover species for resistance to root rot in the Kirov region]. *Innovatsionnye napravleniya agrarnoy nauki na sovremennom etape: sb. nauch. tr. Mezhd. nauch.-prak. konf., posvyashchennoy 30-letiyu Ulyanovskogo NIISKh, 16-17 iyulya 2019 g.* [Innovative directions of agricultural science at the present stage: collection of scientific works. Collection of works of the International scientific and practical Conf. dedicated to the 30th anniversary of Ulyanovsk NIISKH, July 16-17, 2019]. Ulyanovsk: *UdGTU*, 2019. pp. 14-20.

12. Kołodziejek Jeremi Seed germination responses to some environmental factors in the red feather (*Trifolium rubens*). *Pakistan Journal of Botany*. 2018;50(1):59-65. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322853394\\_Seed\\_germination\\_responses\\_to\\_some\\_environmental\\_factors\\_in\\_the\\_red\\_feather\\_Trifolium\\_rubens](https://www.researchgate.net/publication/322853394_Seed_germination_responses_to_some_environmental_factors_in_the_red_feather_Trifolium_rubens)

#### *Сведения об авторах*

**Попова Евгения Валериевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и первичного семеноводства многолетних трав, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7354-4656>

**Арзамасова Екатерина Геннадьевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства многолетних трав, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4400>

✉ **Грипась Мария Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1773-4142>, e-mail: [travy@fanc-sv.ru](mailto:travy@fanc-sv.ru)

#### *Information about the authors*

**Eugenia V. Popova**, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Breeding and Primary Seed Growing of Perennial Grasses, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7354-4656>

**Ekaterina G. Arzamasova**, PhD in Agricultural science, researcher, head of the laboratory Laboratory of Breeding and Primary Seed Growing of Perennial Grasses, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0939-4400>

✉ **Maria N. Gripas'**, PhD in Agricultural science, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1773-4142>, e-mail: [travy@fanc-sv.ru](mailto:travy@fanc-sv.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Влияние отбора на хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной

© 2020. Н. Ю. Малышева<sup>1</sup>, Т. Б. Нагиев<sup>2</sup>, Н. В. Ковалёва<sup>2</sup>, Л. Л. Малышев<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», пос. Красково, Московская обл., Российская Федерация

Экологизация сельскохозяйственного производства и в то же время повышение его эффективности возможны с помощью применения бактериальных препаратов. В полевых многолетних опытах с 2016 по 2019 год изучали хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 82 газонно-пастбищного использования после повторного инокулирования семян, полученных от родительских популяций, которые также были созданы после инокуляции ризосферными микроорганизмами на основе препаратов Мобилин 880, Азоризин 8, Азоризин 6, Флавобактерин, Агрофил и Ризоагрин. В опыте посева 2016 г. растения первого года жизни из популяции с Мобилином 880 по высоте (82 см) существенно превысили растения контрольного варианта без инокуляции семян (77 см, НСР<sub>05</sub> = 3,5). В опыте посева 2017 г. растения всех созданных растительно-микробных популяций второго года жизни превзошли по высоте (48-50 см) растения в контроле (45 см, НСР<sub>05</sub> = 2,3). По урожайности зеленой массы в опыте 2016 г. выделились популяции овсяницы красной с Мобилином 880 и Ризоагрином (по 1,1 т/га при урожайности в контроле 0,80 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,23). Пролонгирование влияния Флавобактерина в опыте не отмечено. Перспективными по признаку «высокая урожайность семян» оказались растительно-микробные популяции с препаратами Азоризин 8 и Мобилин 808: в третьем поколении они имели более высокую семенную продуктивность (0,144 и 0,152 т/га соответственно) по сравнению с контролем без инокуляции (0,076 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,064). Для создания высокопродуктивных по урожайности семян растительно-микробных популяций овсяницы красной следует проводить поиск высокопродуктивных родительских популяций, инокулированных ассоциативными симбионтами, с последующей инокуляцией дочерних популяций теми же бактериальными препаратами.

**Ключевые слова:** *Festucarubra* L., ассоциативные diaзотрофные микроорганизмы, отбор, продуктивность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха» (тема № 0672-2020-0011) (шифр АААА-А19-119052290062-5).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Малышева Н. Ю., Нагиев Т. Б., Ковалёва Н. В., Малышев Л. Л. Влияние отбора на хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):680-687. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.680-687>

Поступила: 24.08.2020

Принята к публикации: 06.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Influence of selection on economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue

© 2020. Natalia Yu. Malysheva<sup>1</sup>, Taleh B. Nagiev<sup>2</sup>, Nadezhda V. Kovaleva<sup>2</sup>, Leonid L. Malyshev<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russian Federation,

<sup>2</sup>Lorch Potato Research Center Kraskovo, Moscow region, Russian Federation

Ecologization of agricultural production and at the same time increasing of its efficiency is possible through the use of bacterial preparations. In long-term field experiments of 2016-2019 valuable characters of plant-microbial populations of red fescue (*Festuca rubra* L.) variety Severnaya 82 of lawn and pasture use were studied after re-inoculation of seeds, obtained from the parent populations, which were also developed after inoculation with rhizosphere microorganisms on the basis of preparations of Mobilin 880, Azorizin 8, Azorizin 6, Flavobacterin, Agrofil and Rizoagrins. In the sowing experiment of 2016, plants of the first year of growth from the population with Mobilin 880 significantly exceeded in height (82 cm) the control plants without seed inoculation (77 cm, LSD<sub>05</sub> = 3.5). In the experiment of 2017, the plants of all created plant-microbial populations of the second year of growth exceeded in height (48-50 cm) the control variant plants (45 cm, LSD<sub>05</sub> = 2.3). According to the yield of green mass in the 2016 experiment, populations of red fescue with Mobilin 880 and Rizoagrins were distinguished (by 1.1 t/ha with yield in the control of 0.80 t/ha, LSD<sub>05</sub> = 0.23). The prolongation of the effect of Flavobacteria in the experiment has not been observed. Plant-microbial populations with Azorizin 8 and Mobilin 808 proved to be promising

according to the character of high seed yield: in the third generation, they had higher seed productivity (0.144 u 0.152 t/ha, respectively) compared to the control without inoculation (0.076 t/ha,  $LSD_{05} = 0.064$ ). To create highly productive plant-microbial populations of red fescue seeds, it is necessary to search among highly productive parent populations inoculated with associative symbionts, followed by inoculation of daughter populations with the same bacterial preparations.

**Keywords:** *Festuca rubra* L., associative diazotrophic bacteria, selection, productivity

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Lorch Potato Research Center (theme No. 0672-2020-0011) (code AAAA-A19-119052290062-5)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Malysheva N. Yu., Nagiev T. B., Kovaleva N. V., Malyshev L. L. Influence of selection on economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):680-687. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.680-687>

Received: 24.08.2020

Accepted for publication: 06.11.2020

Published online: 10.12.2020

Экологизация сельскохозяйственного производства и в то же время повышение его эффективности возможно с помощью применения бактериальных препаратов. Ассоциативные азотфиксирующие бактерии поселяются на корнях или в ризосфере культивируемых растений. Они синтезируют гормоны роста, продуцируют органические кислоты, способствуют лучшему усвоению культурными растениями минеральных и органических удобрений, азота, микроэлементов и подавляют рост фитопатогенов [1]. Использование азотфиксирующих бактерий, стимулирующих рост растений (plant-growth-promoting rhizobacteria – PGPR), является безопасным и устойчивым методом для агротехнологий с применением минимального количества удобрений [2].

Многие виды бактерий, в том числе *Azospirillum*, *Arthrobacter* и *Klebsiella*, усиливают рост растений после инокуляции [3]. К примеру, азоспириллы впервые были обнаружены в ризосфере зерновых культур, но они охотно поселяются на корнях других сельскохозяйственных растений [4].

В настоящее время PGPR-бактерии широко используются. Бактериальные препараты, созданные на основе бактериальных штаммов, применяют для повышения урожайности и борьбы с болезнями растений [1].

Бактериальный препарат Мобилин на основе *Klebsiella mobilis* показал себя на картофеле как ассоциативный азотфиксатор, и как стимулятор роста [5]. Также этот препарат дает прибавку урожая капусты [6]; его применяли при изучении сортов овсяницы красной [7, 8, 9].

Флавобактерин на основе бактерий рода *Flavobacterium* рекомендован для инокуляции посевного материала зерновых культур, большинства овощных культур, а также для кормовых трав. Производимый этими бактериями антибиотик флавоцин имеет широкий спектр действия на фитопатогенные микроорганизмы. Обработка препаратом Азоризин на основе *Azospirillum brasilense* давала прибавку на озимой ржи и рисе. Азоспириллы препаратов Азоризин 6 и Азоризин 8 представляют собой разные штаммы *A. brasilense*. Ризоагрин создан на основе *Agrobacterium radiobacter* (штамм 204). Этот штамм применяют для обработки пшеницы, риса, ряда кормовых злаков. Препарат Агрофил используют при выращивании овощей. Он создан на основе *Agrobacterium radiobacter* (штамм 10) [10]. Применение ассоциативных симбионтов на однолетних злаках увеличивает их продуктивность [6, 11].

Эффективность симбиоза зависит от культуры и сорта [7, 12]. Специфичность действия биопрепаратов определяется биологическими особенностями сельскохозяйственных культур.

Овсяница красная (*Festuca rubra* L.) – удобный объект для изучения ассоциативного симбиоза благодаря ее полиморфизму. Вид широко распространен на территории Российской Федерации: ареал занимает Европейскую часть России и Сибирь за исключением сухостепной и полупустынной зоны<sup>1</sup>. Вид произрастает на разных почвах, в том числе обедненных, и способен активно вступать в симбиотические отношения с аборигенными штаммами ризосферных азотфиксирующих бактерий [13].

<sup>1</sup>Афонин А. Н., Грин С. Л., Дзюбенко Н. И., Фролов А. Н. Агрэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [Интернет-версия 2.0]. 2008. Режим доступа: <http://www.agroatlas.ru>

Сорт Северная 32 создан на основе образца, полученного из ВНИИ растениеводства (ВИР) в 1999 году [14]. Место происхождения образца – Республика Коми. Сорт характеризуется высокой конкурентоспособностью; разрастаясь, он вытесняет из посевов сорную растительность [15].

В работе была предпринята попытка оптимизировать симбиотические системы овсяницы красной. В основу селекционного процесса заложен принцип создания высоко комплементарных комбинаций макро- и микросимбионтов для создания сортов газонно-пастбищного типа с высокой семенной продуктивностью. Важным практическим приложением пролонгированного растительно-микробного взаимодействия систем является создание сортов и растительно-микробных популяций овсяницы красной газонно-пастбищного использования с высоким адаптивным потенциалом.

**Цель исследований** – оценка хозяйственно ценных признаков растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 32 газонно-пастбищного использования, созданных в результате массового отбора по признаку высокой семенной продуктивности.

**Материал и методы.** В изучении находились растительно-микробные популяции овсяницы красной сорта Северная 32 с ассоциативными симбионтами. Научные эксперименты проводили в полевых многолетних опытах с 2017 по 2019 год на базе Ленинградского НИИСХ в Ленинградской области («Белогорка») в соответствии с методическими указаниями ВИР<sup>2</sup> и ВНИИСХМ [6]. Бактериальные препараты были получены из ВНИИ сельскохозяйственной микробиологии (г. Санкт-Петербург). Перед посевом создавали механические смеси семян с каждым биопрепаратом.

Процесс создания растительно-микробных популяций включал в себя следующие этапы:

1. Инокуляция семян микробными препаратами и закладка питомника инокулированными семенами (2014 г.).

2. Массовый отбор по признаку высокой семенной продуктивности [8]. Были отобраны семена выделившихся популяций, которые достоверно превзошли контрольный вариант по урожайности семян на начальной стадии эксперимента. В последующие годы отбор не проводили.

3. Повторная инокуляция семян теми же препаратами диазотрофных бактерий и выращивание растений в питомниках изучения.

Первый селекционный питомник был заложен в 2016 году. В опыт включили четыре варианта инокуляции популяции овсяницы красной препаратами Мобилин 880, Азоризин 8, Агрофил, Ризоагрин и контрольный вариант без инокуляции. Второй питомник заложили в 2017 году. Были сформированы варианты, инокулированные препаратами Мобилин 880, Азоризин 6, Азоризин 8 и Флавобактерин. В качестве контроля – вариант без препарата.

Растительно-микробные популяции овсяницы красной были посеяны в шестикратной повторности. В каждой повторности делянки располагались рандомизировано. Делянка площадью 2,8 м<sup>2</sup> состояла из двух рядков длиной два метра. Один рядок предназначался для уборки на зеленую массу, второй – на семена. Посев широкорядный с междурядьями 0,7 м. Расстояние между делянками – 0,7 м. Высоту растений измеряли перед укосом, который проводили в начале колошения. Во всех вариантах опыта минеральные удобрения не применяли. Почва на опытном участке дерново-подзолистая среднесуглинистая слабокислая (рН<sub>KCl</sub> = 5,1).

Статистическую обработку данных (вычисление основных параметров изменчивости и дисперсионный анализ) проводили с использованием пакета STATISTICA 12.0.

Летний период 2017 г. характеризовался значительным переувлажнением при недостатке тепла. В 2018 г. метеорологические условия в период проведения учетов отличались избытком тепла и недостатком влаги. Количество осадков в апреле было примерно в два раза больше нормы; в мае и июне осадков выпало в два раза меньше нормы, в июле – около двух месячных норм. В 2019 г. также наблюдали избыток тепла и недостаток влаги: апрель был теплее, май – на уровне средних многолетних значений; июнь – очень теплым, а средняя температура июля и августа – ниже средних многолетних. Количество выпавших осадков в апреле было примерно в 2 раза меньше нормы; в мае осадков выпало в 2 раза выше нормы, в июне – в 4 раза ниже нормы, в июле – соответствовало средним многолетним, в августе – в 2 раза ниже нормы. В мае-июне 2017 и 2019 гг.

<sup>2</sup>Иванов А. И., Бухтеева А. В., Шутова З. П., Тихомирова И. А., Сосков Ю. Д., Синяков А. А., Базылев Е. Я. Изучение коллекции многолетних кормовых растений: методические указания. Л.: 1985, 48 с.

погодные условия благоприятствовали формированию генеративных органов овсяницы красной, активному нарастанию вегетативной массы и оптимальному функционированию ризобияльного компонента агрофитоценоза.

В 2018 г. засуха в мае привела к более слабому развитию генеративной сферы.

**Результаты и их обсуждение.** На первом этапе изучения в 2014 году были выделены растительно-микробные популяции овсяницы красной сорта Северная 32 с высокой семенной продуктивностью. У лучших вариантов завязалось 49,6-80,1 % семян, тогда как у контрольного варианта – 39,7 %. Эти же родительские номера достоверно превышали по урожайности семян контроль без инокуляции на 0,77-1,31 ц/га [9]. Из инокулированных семян высокоурожайных популяций были созданы новые родительские популяции, потомки которых оценивали в настоящем опыте.

В первом опыте в 2017 году растения второго года жизни из экспериментально созданной растительно-микробной популяции с Ризоагрином самые низкорослые (табл. 1); по высоте различия достоверны с популяциями,

инокулированными Мобилином 880 и Азоризином 8, недостоверны – с контролем и популяцией с Агрофилом. Самые высокорослые, по сравнению с остальными, растения происходят из популяции с Мобилином 880; их высота достоверно отличается от контроля, популяции с Агрофилом и Ризоагрином. Менее высокорослая популяция с Азоризином 8 не имеет достоверных различий по высоте растений с контролем и популяциями с Агрофилом и Мобилином 880.

В 2018 году, как и в предыдущем, растения из популяции с Ризоагрином самые низкорослые (табл. 1); различия по высоте достоверны с популяциями, инокулированными Мобилином 880 и Азоризином 8 и контролем, недостоверны – с популяцией с Агрофилом. По высоте выделились популяция с Мобилином 880 и контроль; они достоверно отличаются высотой с популяциями с Ризоагрином и Агрофилом и не имеют достоверных различий с популяцией с Азоризином 8. Нет достоверных различий между высотой двух популяций: с Азоризином 8 и Агрофилом.

**Таблица 1 – Хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 32 (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2016-2018 гг.) /**

**Table 1 – Economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue variety Severnaya 32 (Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», 2016-2018)**

Вариант / Variant	Год / Year		Высота, см / Height, cm	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	
	посева / sowing	изучения / study		зеленая масса / green mass	семена / seeds
Контроль / Control	2016	2017	77	-	0,328
Мобилин 880 / Mobilin 880	2016	2017	82*	-	0,459
Азоризин 8 / Azorizin 8	2016	2017	80	-	0,447
Агрофил / Agrofil	2016	2017	77	-	0,405
Ризоагрин / Rizoagrין	2016	2017	75	-	0,337
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	3,5	-	0,260
Контроль / Control	2016	2018	74	0,80	-
Мобилин 880 / Mobilin 880	2016	2018	73	1,10*	-
Азоризин 8 / Azorizin 8	2016	2018	69	0,80	-
Агрофил / Agrofil	2016	2018	64*	0,70	-
Ризоагрин / Rizoagrין	2016	2018	60*	1,10*	-
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	7,4	0,23	-

\* Достоверные различия при P = 0,95 / Significant differences with P = 0.95

В 2018 году по урожайности зеленой массы выделились самая высокорослая популяция с Мобилином 880 и самая низкорослая – с Ризоагрином. Можно предположить, что

хорошая кустистость последней популяции привела к подобному результату, поскольку специальное исследование на эту тему не проводили. Различия с остальными популяциями

достоверны. Достоверной разницы нет между популяциями с Азоризином 8, Агрофилом и контролем.

По урожайности семян выделили три группы популяций: с высокой урожайностью (с Мобилином 880 и Азоризином 8), средней (с Агрофилом) и низкой (с Ризоагрином и контрольный вариант без обработки). Различия между группами достоверны.

В 2018 году растения всех созданных растительно-микробных популяций второго года жизни во втором опыте (табл. 2) превзошли по высоте контрольный вариант; различия достоверны. Различия по высоте между экспе-

риментальными популяциями недостоверны. В 2019 году достоверных различий по высоте растений всех изучаемых популяций, в том числе и контроля, не обнаружено.

В 2018 году самый высокий урожай зеленой массы у популяции с Флавобактерином: имеется достоверная разница с остальными сорто-микробными популяциями; различия с контролем без инокуляции недостоверны. Между всеми остальными вариантами опыта различия не обнаружены. В 2019 году все экспериментальные популяции и контроль не имели различий по урожайности зеленой массы.

**Таблица 2 – Хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной сорта Северная 32 (Ленинградский НИИСХ «Белогорка», 2017-2019 гг.).**

**Table 2 – Economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue variety Severnaya 32 (Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», 2017-2019)**

Вариант / Variant	Год / Year		Высота, см / Height, cm	Урожайность, т/га / Yield, t/ha	
	посева / sowing	изучения / study		зеленая масса / green mass	семена / seeds
Контроль / Control	2017	2018	45	3,30	-
Мобилин 880 / Mobilin 880	2017	2018	49*	3,00	-
Азоризин 8 / Azorizin 8	2017	2018	48*	2,60	-
Азоризин 6 / Azorizin 6	2017	2018	48*	2,10*	-
Флавобактерин / Flavobakterin	2017	2018	50*	4,00	-
НСП <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	2,3	0,89	-
Контроль / Control	2017	2019	76,4	1,02	0,076
Мобилин 880 / Mobilin 880	2017	2019	75,4	1,14	0,152*
Азоризин 8 / Azorizin 8	2017	2019	76,0	1,06	0,144*
Азоризин 6 / Azorizin 6	2017	2019	76,1	1,03	0,119
Флавобактерин / Flavobakterin	2017	2019	77,7	0,99	0,124
НСП <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	3,8	0,21	0,064

\* Достоверные различия при P = 0,95 / Significant differences with P = 0.95

В 2019 году популяции, обработанные препаратами Азоризин 8 и Мобилин 808, превзошли по продуктивности семян контрольный вариант, но не отличались достоверно от популяций, обработанных другими микробными препаратами. Разницы между урожайностью семян популяций с Азоризином 6, Флавобактерином и контролем не обнаружено.

В ранее проведенных исследованиях указывали на внутрисортное разнообразие эффективности ассоциативных взаимодействий в разных растительно-микробных популяциях двух сортов овсяницы красной после инокуляции препаратами Азоризин 8, Азори-

зин 6, Мобилин и Флавобактерин [9]. В настоящем эксперименте подтвердилось пролонгированное воздействие препаратов с diazotrophic микроорганизмами на растения в ряду поколений.

**Выводы.** Изучены растительно-микробные популяции овсяницы красной газонно-пастбищного использования сорта Северная 32, сформированные из начальных популяций путем массового отбора по признаку высокой семенной продуктивности.

В эксперименте 2017-2019 гг. не были обнаружены достоверные различия между изучаемыми популяциями по высоте растений,

в том числе от контрольного варианта; по урожайности зеленой массы созданные популяции не отличались друг от друга (кроме популяции с Флавобактерином в 2018 году). Популяция с Флавобактерином на второй год жизни превзошла все остальные популяции по продуктивности зеленой массы, но на третий год эффективность симбиоза уменьшилась, и урожайность зеленой массы была на уровне остальных популяций. Пролонгирование воздействия Флавобактерина в опыте не было отмечено.

В результате изучения растительно-микробные популяции, инокулированные препаратами Азоризин 8 и Мобилин 808, оказались перспективными по признаку высокой уро-

жайности семян. Популяции овсяницы красной сорта Северная 32 с препаратами Азоризин 8 и Мобилин в третьем поколении имели более высокую семенную продуктивность по сравнению с вариантом без инокуляции. Можно полагать, что для создания высокопродуктивных по урожайности семян растительно-микробных популяций овсяницы красной, следует проводить поиск исходного материала – высокопродуктивных родительских популяций, инокулированных ассоциативными симбионтами, с последующей инокуляцией дочерних популяций теми же бактериальными препаратами. Такой подход является эффективным методом селекции, экономит время и ресурсы.

#### *Список литературы*

1. Тихонович И. А., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К., Круглов Ю. В., Кандыбин Н. В., Лаптев Г. Ю. Биопрепараты в сельском хозяйстве: методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве: монография. М.: Россельхозакадемия, 2005. С. 18-54.
2. Кожемяков А. П., Лактионов Ю. В., Попова Т. А., Орлова А. Г., Кокорина А. Л., Вайшля О. Б., Агафонов Е. В., Гужвин С. А., Чураков А. А., Яковлева М. Т. Агротехнологические основы создания усовершенствованных форм микробных биопрепаратов для земледелия. Сельскохозяйственная биология. 2015;50(3):369-376. DOI: <https://doi.org/10.15389/Agrobiology.2015.3.369rus>
3. Prasad M., Srinivasan R., Chaudhary M., Choudhary M., Jat L. K. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. In: PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. Food Security and Environmental Management. 2019. pp. 129-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03466-3>
4. Bashan Y., L. E de-Bashan. How the plant growth-promoting bacterium Azospirillum promotes plant growth – a critical assessment. Advances in Agronomy. 2010;108:77-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)
5. Pishchik V. N., Chernyaeva I. I., Kozhemiakov A. P., Vorobyov N. I., Lazarev A. M., Kozlov L. P. Effect of inoculation with nitrogen fixing Klebsiella on potato yield. Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium nitrogen fixation with non-legumes: Nitrogen fixation with non-legumes. 1998. pp. 223-225. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7_25)
6. Завалин А. А. Биопрепараты, удобрения и урожай. М.: Изд-во ВНИИА, 2005. 302 с.
7. Донсков С. А. Урожайность сухого вещества растительно-микробных систем овсяницы красной с ризосферными азотфиксаторами. Адаптивное кормопроизводство. 2011;(3):48-52.
8. Поздняков В. А., Малашин С. Н., Волкова В. А. Метод оценки растительно-микробных систем овсяницы красной газонного и пастбищного использования в селекционных питомниках и перспективные образцы. СПб., 2012. 18 с.
9. Поздняков В. А., Поздняков А. В., Дрижаченко А. И. Приемы формирования перспективных растительно-микробных систем овсяницы красной. Известия Санкт-Петербургского Аграрного Университета. 2017;(4(49)):38-45. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32414084>
10. Соболева О. М. Роль ризосферных бактерий в повышении экологизации агроценозов. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(5):19-22. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10504>
11. Завалин А. А., Сидакова М. С., Кожемяков А. П., Чеботарь В. К. Использование биопрепаратов комплексного действия при возделывании ячменя. Плодородие. 2005;(2(23)):31-33.
12. Степанова Г. В., Леонидова Т. В. Влияние биологической азотфиксации овсяницы красной на плодородие почвы в условиях Нечерноземной зоны России. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем: сб. науч. тр. ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса. М.: Угрешская типография, 2014. В. 3(51). С. 19-30.
13. Малашин С. Н., Осипов А. И. Влияние азотфиксирующих микроорганизмов на урожайность овсяницы красной. Современная агрофизика – высоким агротехнологиям: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. СПб., 2007. С. 122-124.

14. Алмантас Г. А. Исходный материал для селекции овсяницы красной. Научно-технический бюллетень ВНИИ растениеводства. 1990;198:33-36.

15. Кожемяков А. П., Белоброва С. Н., Орлова А. Г. Создание и анализ базы данных по эффективности микробных биопрепаратов комплексного действия. Сельскохозяйственная биология. 2011;46(3):112-115. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/3-2011kozhemyakov.html>

### References

1. Tikhonovich I. A., Kozhemyakov A. P., Chebotar' V. K., Kruglov Yu. V., Kandybin N. V., Laptev G. Yu. *Biopreparaty v sel'skom khozyaystve: metodologiya i praktika primeneniya mikroorganizmov v rastenievodstve i kormoproizvodstve: monografiya*. [Biological preparations in agriculture: methodology and practice of application of microbes in plant and forage industry: monograph]. Moscow: *Rossel'khozakademiya*, 2005. pp. 18-54.

2. Kozhemyakov A. P., Laktionov Yu. V., Popova T. A., Orlova A. G., Kokorina A. L., Vayshlya O. B., Agafonov E. V., Guzhvin S. A., Churakov A. A., Yakovleva M. T. *Agrotekhnologicheskie osnovy sozdaniya usovershenstvovannykh form mikrobnykh biopreparatov dlya zemledeliya*. [The scientific basis for the creation of new forms of microbial biochemicals]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2015;50(3):369-376. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/Agrobiology.2015.3.369rus>

3. Prasad M., Srinivasan R., Chaudhary M., Choudhary M., Jat L. K. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) for sustainable agriculture: perspectives and challenges. In: *PGPR Amelioration in Sustainable Agriculture. Food Security and Environmental Management*. 2019. pp. 129-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03466-3>

4. Bashan Y., L. E de-Bashan. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth – a critical assessment. *Advances in Agronomy*. 2010;108:77-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)

5. Pishchik V. N., Chernyaeva I. I., Kozhemiakov A. P., Vorobyov N. I., Lazarev A. M., Kozlov L. P. Effect of inoculation with nitrogen fixing *Klebsiella* on potato yield. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Symposium nitrogen fixation with non-legumes: Nitrogen fixation with non-legumes*. 1998. pp. 223-225. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7\\_25](https://doi.org/10.1007/978-94-011-5232-7_25)

6. Zavalin A. A. *Biopreparaty, udobreniya i urozhay*. [Bio-preparations, fertilizers and yield]. Moscow: *Izdatel'stvo VNIIA*, 2005. 302 p.

7. Donskov S. A. *Urozhaynost' sukhogo veshchestva rastitel'no-mikrobnykh sistem ovsyantsy krasnoy s rizosfernymi azotfiksatorami*. [The productivity of dry matter the plant-microbial systems of red fescue (*Festuca rubra* L.) and rhizospheric nitrogen fixers]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive fodder production*. 2011;(3):48-52. (In Russ.).

8. Pozdnyakov V. A., Malashin S. N., Volkova V. A. *Metod otsenki rastitel'no-mikrobnykh sistem ovsyantsy krasnoy gazonnogo i pastbishchnogo ispol'zovaniya v selektsionnykh pitomnikakh i perspektivnye obraztsy*. [Method for evaluating plant-microbial systems of red fescue for lawn and pasture use in breeding nurseries and promising samples]. Saint-Petersburg, 2012. 18 p.

9. Pozdnyakov V. A., Pozdnyakov A. V., Drizhachenko A. I. *Priemy formirovaniya perspektivnykh rastitel'no-mikrobnykh sistem ovsyantsy krasnoy*. [Techniques for forming promising plant-microbial systems of red fescue]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo Agrarnogo Universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2017;(4(49)):38-45. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32414084>

10. Soboleva O. M. *Rol' rizosfernykh bakteriy v povyshenii ekologizatsii agrotsenozov*. [Role of rhizosphere bacteria in enhancing the ecologization of agroecosystems]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2018;32(5):19-22. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10504>

11. Zavalin A. A., Sidakova M. S., Kozhemyakov A. P., Chebotar' V. K. *Ispol'zovanie biopreparatov kompleksnogo deystviya pri vozdeleyvanii yachmenya*. [The use of complex biological products in the cultivation of barley]. *Plodorodie*. 2005;(2(23)):31-33. (In Russ.).

12. Stepanova G. V., Leonidova T. V. *Vliyanie biologicheskoy azotfiksatsii ovsyantsy krasnoy na plodorodie pochvy v usloviyakh Nechernozemnoy zony Rossii*. [Influence of biological nitrogen fixation of red fescue on the fertility of soils in condition of Nonchernozem zone of Russia]. *Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sredobrazuyushchie funktsii kormovykh rasteniy i ekosistem: sb. nauch. tr. VNII kormov im. V.R. Vil'yamsa*. [Multifunctional adaptive forage industry: environment formative functions of forage plants and ecosystems: collection of proceedings All-Russian Williams Fodder Research Institute]. Moscow: *Ugreshskaya tipografiya*, 2014. Iss. 3(51). pp. 19-30.

13. Malashin S. N., Osipov A. I. *Vliyanie azotfiksiruyushchikh mikroorganizmov na urozhaynost' ovsyantsy krasnoy*. [Influence of nitrogen-fixing micro organisms on the yield of red fescue]. *Sovremennaya agrofizika – vysokim agrotekhnologiyam: mat-ly Mezhdunar. nauch.- prakt. konf.* [Modern agrophysics for advanced agricultural technologies: Proceedings of International scientific and practical conference]. Saint-Petersburg, 2007. pp. 122-124.

14. Almantas G. A. *Iskhodnyy material dlya selektsii ovsyantsy krasnoy*. [Source material for breeding red fescue]. *Nauchno-tekhnicheskiy byulleten' VNIИ rastenievodstva*. 1990;198:33-36. (In Russ.).

15. Kozhemyakov A. P., Belobrova S. N., Orlova A. G. *Sozdanie i analiz bazy dannykh po effektivnosti mikrobynykh biopreparatov kompleksnogo deystviya*. [Creating and analyzing a database on the efficiency of microbial preparations of complex action]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2011;46(3):112-115. URL: <http://www.agrobiology.ru/3-2011kozemyakov.html>

#### *Сведения об авторах*

**Мальшева Наталья Юрьевна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 42-44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5688-6694>

**Нагиев Талех Балага оглы**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Российская Федерация, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4594-5799>

**Ковалева Надежда Владимировна**, ст. научный сотрудник, Ленинградский НИИСХ «БЕЛОГОРКА» – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля им. А. Г. Лорха», ул. Институтская, д. 1, д. Белогорка, Гатчинский район, Ленинградская область, Российская Федерация, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-8336>

✉ **Мальшев Леонид Леонидович**, кандидат с.-х. наук, вед. научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 42-44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>, e-mail: [l.malyshev@vir.nw.ru](mailto:l.malyshev@vir.nw.ru)

#### *Information about the authors*

**Natalia Yu. Malysheva**, PhD of Agriculture, senior researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya str., 42-44, St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5688-6694>

**Taleh B. Nagiev**, PhD of Agriculture, senior researcher, Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – branch Lorch Potato Research Center, st. Institutskaya, 1, Belogorka village, Gatchinsky district, Leningrad region, Russian Federation, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4594-5799>

**Nadezhda V. Kovaleva**, senior researcher, Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka» – branch Lorch Potato Research Center, st. Institutskaya, 1, Belogorka village, Gatchinsky district, Leningrad region, Russian Federation, 188338, e-mail: [lenniish@mail.ru](mailto:lenniish@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9020-8336>

✉ **Leonid L. Malyshev**, PhD of Agriculture, leading researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Bolshaya Morskaya str., 42-44, St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: [secretary@vir.nw.ru](mailto:secretary@vir.nw.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8595-1336>, e-mail: [l.malyshev@vir.nw.ru](mailto:l.malyshev@vir.nw.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

## Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья

© 2020. Е. А. Трабурова, Т. А. Рожмина , И. А. Андреева

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

Исследования выполнены в 2017-2019 гг. в условиях Смоленской области на дерново-подзолистой среднесуглинистой слабкокислой почве. В изучение включено 25 сортов и линий льна-долгуна отечественной и зарубежной селекции. В качестве стандарта использовали среднеспелый сорт Импульс (Россия), у которого урожайность в зависимости от года испытаний составила 1,07...1,29 т/га. Как показали расчеты индекса условий среды, наиболее благоприятные условия для льна-долгуна сложились в 2018 году ( $I_j = +0,46$ ), а стрессовые, обусловленные избыточным увлажнением в критический период роста и развития растений (ГТК = 1,7), в 2017 году ( $I_j = -0,55$ ). В среднем за годы исследований урожайность волокна в зависимости от генотипа варьировала в пределах 1,00...1,97 т/га. Наиболее высокой урожайностью в среднем за три года испытаний (1,78...1,97 т/га) и средней урожайностью в контрастных условиях характеризовались сорта: Цезарь, Синель, Добрыня (Россия); Marylin (Голландия); Andrea, Altea (Франция). При благоприятных погодных условиях (2018 г.) высокий потенциал по урожайности льноволокна по сравнению со среднесортным значением (121,5...133,3 %) получен у сортов: Цезарь, Добрыня, Синель (Россия); Белита (Беларусь); Andrea, Altea (Франция); Marylin (Голландия). При стрессовых условиях (2017 г.) высокая адаптивность выявлена у образцов российской селекции: Цезарь (173,4 %), Синель (168,0 %), Добрыня (151,1 %), Тост 3 (128,7 %), Альфа, Универсал (127,7 %). Высокой отзывчивостью на условия возделывания ( $b_i > 1$ ) характеризовались сорта: Сурский (Россия) – 2,2; Белита (Беларусь), л. 323-02 (Россия), Marylin (Голландия) – 1,7, Александрит (Россия), Andrea (Франция) – 1,5. Не проявили реакцию на изменения условий выращивания ( $b_i < 1$ ) российские сорта с относительно стабильной урожайностью: Цезарь; Синель – 0,7; Альфа – 0,6; Лидер; Смолич; Тост 3; Универсал – 0,5; Импульс – 0,2. Таким образом, наибольшей урожайностью льноволокна и приспособленностью к почвенно-климатическим условиям Центрального Нечерноземья обладают сорта отечественной селекции: Цезарь, Добрыня и Синель. Расширение посевов льна-долгуна под данными сортами будет способствовать укреплению отечественной сырьевой базы.

**Ключевые слова:** лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.), образец, урожайность, стрессоустойчивость, пластичность

**Благодарности:** работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (темы: №№ 075-00853-19-00, 0477-2019-0022).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Трабурова Е. А., Рожмина Т. А., Андреева И. А. Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):688-696. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>

Поступила: 08.10.2020

Принята к публикации: 09.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region

© 2020. Elena A. Traburova, Tatiana A. Rozhmina , Irina A. Andreeva

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

The research was carried out in 2017-2019 in the conditions of the Smolensk region on sod-podzolic medium loamy slightly acidic soil. The study included 25 varieties and lines of fiber flax of domestic and foreign selection. The mid-ripening variety Impuls (Russia) was used as a standard, whose yield, depending on the test year, was 1.07...1.29 t/ha. As shown by the calculations of the index of environmental conditions, the most favorable conditions for fiber flax developed in 2018 ( $I_j = +0.46$ ), and stress conditions, caused by excessive moisture during the critical period of plant growth and development (GTC = 1.7), in 2017 ( $I_j = -0.55$ ). On average, over the years of research, the yield of fiber, depending on the genotype, varied in the range of 1.00...1.97 t/ha. The highest yield on average for three years of testing (1.78...1.97 t/ha) and average yield in contrasting conditions were characteristic of the varieties Cesar, Sinel, Dobrynya (Russia), Marylin (Holland), Andrea, Altea (France). Under favorable weather conditions (2018), a high potential for the yield of flax fiber compared to the average value (121.5...133.3 %) was obtained in the varieties Cesar, Dobrynya, Sinel (Russia), Belita (Belarus), Andrea, Altea (France), Marylin (Holland). Under stressful conditions (2017), high adaptability was found in the samples of the Russian selection Cesar (173.4 %), Sinel (168.0 %), Dobrynya (151.1 %), Tost 3 (128.7 %), Alfa, Universal (127.7 %). The varieties Surskiy ( $b_i = 2.2$ ), Belita (Belarus), l. 323-02 (Russia), Marylin (Holland) – 1.7, Alexandrit (Russia), Andrea (France) – 1.5.

*Were characterized by high responsiveness to cultivation conditions ( $b_i > 1$ ). Russian varieties with a relatively stable yield: Cesar, Sinel – 0.7, Alpha – 0.6, Lider, Smolich, Tost 3, Universal – 0.5, Impuls – 0.2 did not show reaction to changes in growing conditions ( $b_i < 1$ ). Thus, the domestic varieties Cesar, Dobrinya and Sinel have the highest yield of flax fiber and adaptability to the soil and climatic conditions of the Central Non-Black Earth Region. Expansion of fiber flax acreage under these varieties will provide strengthening of the domestic raw material base.*

**Keywords:** fiber flax (*Linum usitatissimum* L.), sample, yield, stress resistance, plasticity

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. 075-00853-19-00, 0477-2019-0022)

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Traburova E. A., Rozhmina T. A., Andreeva I. A. Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):688-696. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>

Received: 08.10.2020

Accepted for publication: 09.11.2020

Published online: 10.12.2020

Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важнейшей стратегической культурой России. В его сырье нуждается не только текстильная, но и фармацевтическая, химическая промышленность, военно-промышленный комплекс, автомобилестроение и другие отрасли народного хозяйства [1, 2, 3]. В настоящее время потребность внутреннего рынка страны в льноволокне, по данным Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, составляет 130 тыс. тонн в год, при фактическом объеме его производства в 3 раза меньше<sup>1</sup>. Низким остается качество льносырья, средний номер льнотресты по стране – 1,1, что сдерживает расширение ассортимента выпускаемой продукции и делает культуру малопривлекательной для инвесторов [4]. Важная роль в обеспечении страны высококонкурентоспособным льносырьем принадлежит селекции, основанной на использовании биологического потенциала культуры.

Многие современные сорта характеризуются высоким качеством льноволокна и позволяют получить урожайность на уровне 20–25 ц/га, в то же время в производственных условиях биологический их потенциал реализуется не более чем на 45 %, что в значительной мере обусловлено влиянием неблагоприятных факторов среды. Следует отметить, что исторически агроклиматические условия Смоленской области являлись наиболее благоприятными для производства льна-долгунца [5]. Однако изменение климатических условий привело к усилению влияния таких стрессовых факторов среды, как засуха, переувлажнение, несбалансированность почв по уровню содержания макро- и микроэлементов и другие [6].

В своих трудах академик А. А. Жученко отмечал, что чем экстремальнее условия внешней среды и выше потенциальная продуктивность сортов и гибридов, тем выше роль их устойчивости к действию экологических стрессов, агроэкологической специализации, то есть приспособленности к местным условиям [7]. При одинаковых значениях урожайности предпочтение должно отдаваться тем сортам, которые обладают наибольшей экологической устойчивостью [8]. Многочисленные исследования по оценке адаптивного потенциала исходного материала с использованием различных методов ведутся по многим культурам [9, 10, 11, 12]. Однако по льнодолгунцу таких работ крайне мало, что указывает на актуальность исследований в данном направлении [13, 14, 15, 16, 17, 18].

**Цель исследований** – изучение образцов коллекции льна-долгунца Федерального научного центра лубяных культур в условиях Смоленской области для выявления высокоурожайных генотипов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, что обеспечит создание высококонкурентоспособных сортов с широким адаптивным потенциалом.

**Материалы и методы.** Исследования проводили на опытном поле обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (бывшая Смоленская ГОСХОС, г. Смоленск) в период с 2017 по 2019 год. Объектом исследований служили 25 коллекционных образцов, полученных из коллекции ФГБНУ ФНЦ ЛК. В качестве стандарта использовали среднеспелый, высокоурожайный сорт льна-долгунца Импульс селекции Смоленской ГОСХОС.

<sup>1</sup>Валовой сбор льна-долгунца в Российской Федерации, тыс. тонн. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://agentstvo-len.ru/valovoy-sbor-lna-dolguntsa-v-rossiyskoy-federatsii-tys-tonn> (дата обращения 15.09.2020).

Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая, содержание гумуса составило 2,19 % (по Тюрину), подвижного фосфора – 214 мг/кг почвы, обменного калия – 106 мг/кг почвы (по Кирсанову), реакция среды – слабокислая ( $pH_{KCl} = 5,0$ ).

Закладку питомника, проведение учетов и наблюдений проводили в соответствии с методическими указаниями по селекции и первичному семеноводству льна-долгунца<sup>2</sup>. Образцы высевали рядовым способом. Площадь делянки 1 м<sup>2</sup>, повторность – трехкратная. Через каждые 10 делянок высевали стандартный сорт Импульс. Норма посева 22 млн всх. семян на 1 га.

Метеорологические условия в годы проведения исследований различались как по количеству выпавших осадков и сумме температур, так и по характеру их распределения в течение всего вегетационного периода. Это позволило более полно оценить генетический потенциал исследуемых образцов и выделить лучшие из них по урожайности и устойчивости к неблагоприятным условиям среды Центрального Нечерноземья.

Метеорологические условия 2017 года отличались переувлажнением в критический период роста растений и формирования льноволокна. За вегетационный период выпало 247 мм осадков, наиболее влажными были июнь и июль, в июне выпало 78,6 и июле – 92,6 мм. Гидротермический коэффициент по Г. Т. Селянину (интегральный показатель по влагообеспеченности) за июнь-июль составил 1,7 и 1,8 соответственно, при оптимальных показателях для льна-долгунца 1,3...1,5 [5].

Период вегетации 2018 года был теплым и дождливым, что благоприятно сказалось на развитии растений льна-долгунца. Среднесуточная температура воздуха в мае превышала норму по температурному режиму для Смоленской области на 3,9 °С, июне – на 0,4 °С, июле – 1,8 °С, в августе – на 2,7 °С. За вегетационный период выпало 286,3 мм осадков. ГТК за весь период вегетации составил 1,3, т. е. был оптимальным для роста и развития растений.

Вегетационный период 2019 года по температурному режиму был теплым с боль-

шим количеством атмосферных осадков. Среднесуточная температура воздуха в мае оказалась на 1,2 °С выше нормы, осадков выпало 111,7 мм (ГТК = 2,8). В июне отмечалось повышение температуры на 3,9 °С от нормы, количество осадков – 61,1 мм (ГТК = 1,1). Июль характеризовался снижением температуры воздуха на 1,3 °С от нормы (17 °С), осадков выпало 121,7 мм (ГТК = 2,5). Гидротермический коэффициент за весь вегетационный период культуры составил 2,1, что указывает на избыточность увлажнения.

Оценку продуктивного и адаптивного потенциала определяли по методике Л. А. Животкова, З. А. Морозовой, Л. И. Секачевой [19], индекс условий среды ( $I_j$ ) и коэффициент регрессии ( $b_i$ ) по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [20], показатель стрессоустойчивости и среднюю урожайность в контрастных условиях – по уравнениям А. А. Rosielle, J. Hamblin [21] в изложении А. А. Гончаренко [22].

Ранжирование коллекционных образцов льна-долгунца по уровню урожайности волокна осуществляли в соответствии с Международным классификатором СЭВ<sup>3</sup> и Descriptor list for fax (*Linum usitatissimum* L.)<sup>4</sup> как отношение полученной величины к стандарту.

**Результаты и обсуждение.** Устойчивость сортов к стрессу (засухе, высокой температуре, избыточному увлажнению и др.) является одним из основных показателей в условиях усиления их негативного влияния на растения возделываемых культур [6].

Метеорологические условия в годы исследований были различными, их оценку проводили с использованием индекса условий среды ( $I_j$ ). Оптимальные условия для роста и развития растений льна-долгунца складываются при положительных показателях условий среды, худшие при отрицательных показателях.

Расчет индексов условий среды показал, что наиболее благоприятным из трех лет изучения для формирования льноволокна был 2018 год ( $I_j = +0,46$ ). В 2017 году сложились самые неблагоприятные условия ( $I_j = -0,55$ ), в 2019 году условия были более благоприятными ( $I_j = +0,09$ ).

<sup>2</sup>Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.

<sup>3</sup>Международный классификатор СЭВ вида *Linum usitatissimum* L. Л.: Типография ВИР, 1989. 35с.

<sup>4</sup>Nozkova J., Pavelek M., Brach N., Tejklova E., Porokhovinova E., Brindza J. Descriptor list for flax *Linum usitatissimum* L. Slovak University of Agriculture in Nitra, 2011. 102 p.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО /  
ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Наибольшая среднесортная урожайность льноволокна у изучаемых коллекционных образцов льна-долгунца (1,95 т/га) была получена в 2018 году при положительном

индексе условий (+0,46). При отрицательном индексе условий среды 2017 года (-0,55) среднесортная урожайность составила 0,94 т/га, а в 2019 году – 1,58 т/га (табл. 1).

*Таблица 1 – Оценка образцов льна-долгунца по реализации потенциальной урожайности льноволокна (2017-2019 гг.)*

*Table 1 – Evaluation of flax samples for realizing the potential yield of fiber (2017-2019)*

Название, происхождение образца / Name, origin of the sample	Урожайность льноволокна, т/га / Flax fiber yield, t/ha				Доля урожайности относительно средней сортовой урожайности, % / Portion of yield relative to average varietal yield, %		
	2017 г.	2018 г.	2019 г.	$\bar{x}$	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Дипломат, Россия / Diplomat, Russia	0,67	1,86	1,74	1,42	71,3	95,4	110,1
Александрит, Россия / Alexandrit, Russia	0,65	2,16	1,55	1,45	69,1	107,7	98,1
China 1, Китай / China 1, China	0,65	1,60	1,80	1,35	69,1	82,1	114,6
Ярок, Беларусь / Yarok, Belarus	0,90	2,08	2,16	1,71	95,7	106,7	136,7
Andrea, Франция / France	1,10	2,60	1,84	1,85	117,0	133,3	116,5
Marylin, Голландия / Holland	0,85	2,48	2,04	1,79	90,4	127,2	129,1
Белита, Беларусь / Belita, Belarus	0,77	2,56	1,48	1,60	81,9	131,3	93,7
Каменьяр, Украина / Kamenyar, Ukraine	0,52	1,46	1,25	1,08	55,3	71,8	79,1
Сурский, Россия / Surskiy, Russia	0,60	2,04	2,04	1,57	63,8	104,6	129,1
л. 323-02, Россия / l.323-02, Russia	0,58	2,23	1,88	1,57	61,7	114,4	119,0
Альфа, Россия / Alfa, Russia	1,20	1,83	1,28	1,44	127,7	93,8	81,0
I 522-63, Китай / China	1,16	2,03	1,74	1,64	123,4	104,1	110,1
l. 92199-6-5, Китай / China	1,06	1,48	1,62	1,39	112,8	75,9	88,0
Altea, Франция / France	1,10	2,44	2,04	1,86	117,0	125,1	129,1
Надежда, Россия / Nadezhda, Russia	0,95	1,98	1,66	1,50	101,0	101,5	105,1
I 11, Китай / China	0,75	1,75	1,22	1,24	79,7	89,7	77,2
К -6, Россия / K-6, Russia	0,50	1,77	1,15	1,14	53,2	90,8	72,8
Тост 3, Россия / Tost 3, Russia	1,21	1,81	1,16	1,39	128,7	92,8	73,4
Универсал, Россия / Universal, Russia	1,20	1,74	1,45	1,46	127,7	89,2	91,8
Цезарь, Россия / Cesar, Russia	1,63	2,37	1,91	1,97	173,4	121,5	120,9
Синель, Россия / Sinel, Russia	1,58	2,40	1,37	1,78	168,0	123,1	86,7
Добрыня, Россия / Dobrynya, Russia	1,42	2,56	1,51	1,83	151,1	131,3	95,6
Лидер, Россия / Lider, Russia	0,84	1,24	1,30	1,13	89,4	63,6	82,3
Смолич, Россия / Smolich, Russia	0,66	1,12	1,22	1,0	70,2	57,4	77,2
<b>Импульс – ст. / Impuls – st.</b>	<b>1,07</b>	<b>1,29</b>	<b>1,17</b>	<b>1,18</b>	<b>113,8</b>	<b>57,9</b>	<b>74,1</b>
Сумма / Amount	23,62	48,75	39,50	= 111,87			
Средняя сортовая / Average varietal	0,94	1,95	1,58	1,49	100,0	100,0	100,0
Индекс среды I <sub>j</sub> / Environment index	-0,55	+0,46	+0,09	-	-	-	-

В неблагоприятный по погодным условиям 2017 год выделились по урожайности льноволокна следующие сорта и линии: Альфа, Тост 3, Универсал, Цезарь, Синель, Добрыня (Россия), их доля относительно среднесортowego показателя составила 127,7...173,4 %. В благоприятный по индексу условий среды 2018 год существенно превосходили среднесортовой показатель по урожайности льноволокна (более 110 %), которая составила 2,23...2,60 т/га, генотипы: л. 323-02, Цезарь, Синель, Добрыня (Россия), Andrea, Altea, (Франция), Marylin (Голландия), Белита (Беларусь). В 2019 году существенно превысили среднесортovou урожайность (1,58 т/га) образцы Сурский, л. 323-02, Цезарь (Россия), Ярок (Беларусь), Andrea, Altea (Франция), Marylin (Голландия), что составило 1,84...2,16 т/га (116,5...136,7 %).

Наибольшая средняя урожайность льноволокна (1,57...1,97 т/га) отмечалась у генотипов Цезарь, Сурский, Синель, Добрыня, л. 323-02 (Россия), Ярок (Беларусь), Altea, Andrea (Франция), Marylin (Голландия), что выше стандарта – сорта Импульс на 133,1...167,0 %. Самую высокую урожайность льноволокна показал сорт Цезарь, превышение по отношению к среднесортovому показателю (1,49 т/га) в годы изучений (2017-2019 гг.) составило 0,69; 0,42; 0,33 т/га соответственно.

Показатель стрессоустойчивости ( $Y_2 - Y_1$ ) имеет отрицательный знак, чем меньше разрыв между минимальной и максимальной урожайностью, тем выше устойчивость генотипа к неблагоприятным факторам среды [21]. Высокую стрессоустойчивость проявили образцы: Альфа, Тост 3, Универсал, Цезарь, Синель, Лидер, Смолич (Россия) и л. 92199-6-5 (Китай), сорт-стандарт Импульс, их значения варьировали от -0,22 до -0,82. Наименьшая устойчивость к стрессу (-1,51...-1,79) выявлена у сортов: Александрит (Россия), Белита (Беларусь), Marylin (Голандия) и линия 323-02 (табл. 2).

Средняя урожайность сорта в контрастных условиях (стрессовых и благоприятных) ( $Y_1 + Y_2 / 2$ ) характеризует их генетическую гибкость и компенсаторную способность. Чем выше степень соответствия между генотипом сорта и различными условиями среды (метеорологическими, эдафическими и др.), тем выше этот показатель. Наиболее урожай-

ными в контрастных условиях оказались сорта Marylin (1,7 т/га), Altea (1,8), Andrea (1,9), Цезарь (2,0), Синель (2,0), Добрыня (2,0 т/га), они сформировали урожай льноволокна в этих условиях выше среднего (1,49).

Согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [20], при оценке сортов льна-долгунца определили показатель «пластичность» (коэффициент регрессии  $b_i$ ). Данный показатель характеризует среднюю реакцию сортов на изменения условий выращивания, проявляющуюся в фенотипической изменчивости и указывает на их пластичность.

Сорта, у которых коэффициент регрессии значительно выше единицы, можно отнести к интенсивному типу, они отличались отзывчивостью на улучшение агроклиматических и погодных условий выращивания, при этом в неблагоприятные годы снижали свою урожайность. Коэффициент регрессии, равный или близкий к нулю, указывает на то, что сорт не реагировал на меняющиеся условия возделывания. Сорта с коэффициентом регрессии меньше единицы относят к нейтральному типу, при неблагоприятных условиях у них в меньшей степени снижались показатели урожайности в сравнении с сортами интенсивного типа.

По результатам проведенных исследований наибольшей отзывчивостью ( $b_i > 1$ ) на улучшение условий возделывания обладали образцы льна-долгунца Сурский (2,2), Marylin, Белита, л. 323-02 (1,7), Александрит, Andrea (1,5). Это позволило данным генотипам сформировать высокую среднюю урожайность.

Не проявили реакцию на изменения условий выращивания генотипы: Цезарь, Синель (0,7), Альфа (0,6), Лидер, Смолич, Тост 3, Универсал (0,5), а также стандарт – сорт Импульс (0,2) ( $b_i < 1$ ). Эти сорта льна-долгунца эффективны при возделывании на низких агрофонах, в зонах рискованного земледелия, поскольку они показали стабильные урожайные данные.

**Выводы.** По результатам изучения коллекционных образцов льна-долгунца в условиях Смоленской области выявлен ценный селекционный материал по урожайности льноволокна, показателям, определяющим их адаптивный потенциал и отзывчивость на условия выращивания. Наиболее высокой средней урожайностью – 1,78...1,97 т/га (2017-2019 гг.) и

Таблица 2 – Стрессоустойчивость, средняя урожайность в контрастных условиях и пластичность коллекционных образцов льна-долгунца (2017-2019 гг.) /  
Table 2 – Stress resistance, average yield in contrasting conditions and plasticity of collection specimens of fiber flax (2017-2019)

Название образца / Name of the sample	Стрессо- устойчивость / Stress resistance ( $Y_2 - Y_1$ )	Средняя урожайность в контрастных условиях, т/га / Average yield in contrasting conditions, t/ha ( $(Y_1 + Y_2) / 2$ )	Пластичность (коэф- фициент регрессии, $b_i$ ) / Plasticity (regression co- efficient, $b_i$ )
Дипломат / Diplomat	-1,19	1,3	1,3
Александрит / Alexandrit	-1,51	1,4	1,5
China 1	-1,15	1,3	1,1
Ярок / Jarok	-1,26	1,5	1,3
Andrea	-1,50	1,9	1,5
Marylin	-1,63	1,7	1,7
Белита / Belita	-1,79	1,7	1,7
Каменяр / Kamenyar	-0,94	1,0	1,0
Сурский / Surskiy	-1,44	1,3	2,2
л. 323-02 / l. 323-02	-1,65	1,4	1,7
Альфа / Alfa	-0,63	1,5	0,6
I 522-63	-0,87	1,6	0,9
1.92199-6-5	-0,56	1,3	0,5
Altea	-1,34	1,8	1,4
Надежда / Nadezhda	-1,03	1,5	1,1
I - 11	-1,00	1,3	1,0
К-6	-1,27	1,1	1,2
Тост 3 / Tost 3	-0,60	1,5	0,5
Универсал / Universal	-0,54	1,5	0,5
Цезарь / Cesar	-0,74	2,0	0,7
Синель / Sinel	-0,82	2,0	0,7
Добрыня / Dobrynya	-1,14	2,0	1,1
Лидер / Lider	-0,46	1,1	0,5
Смолич / Smolich	-0,56	1,0	0,5
<b>Импульс – ст. / Impuls – st.</b>	<b>-0,22</b>	<b>1,2</b>	<b>0,2</b>

средней урожайностью в контрастных условиях характеризовались сорта: Цезарь, Синель, Добрыня (Россия); Marylin (Голландия); Andrea и Altea (Франция). В благоприятном 2018 году по индексу условий среды (+0,46) высокий потенциал урожайности по сравнению со среднесортным значением получен у сортов Andrea (133,3 %), Белита, Добрыня (131,3 %), Marylin (127,2 %), Altea (125,1 %), Синель

(123,1 %), Цезарь (121,5 %). При стрессовых условиях, исходя из индекса условий среды (-0,55), высокая адаптивность выявлена у следующих образцов: Цезарь (173,4 %), Синель (168,0 %), Добрыня (151,1 %), Тост 3 (128,7 %), Альфа, Универсал (127,7 %). Высокую отзывчивость на условия возделывания ( $b_i > 1$ ) проявили сорта Сурский ( $b_i = 2,2$ ), Marylin, Белита, л 323-02 (1,7), Александрит, Andrea (1,5).

#### Список литературы

1. Ущаповский И. В., Новиков Э. В., Басова Н. В., Безбабченко А. А., Галкин А. В. Системные проблемы льнокомплекса России и зарубежья, возможности их решения. Молочнохозяйственный вестник. 2017;(1(25)):166-186. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914488>
2. Jhala A. J., Hall L. M. Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. Aust J Basic Appl Sci. 2010;4(9):4304-4312. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/b794/9ff906b2f6e5ec182c165a6fc93327329754.pdf>

3. Goudenhoofd C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for composite reinforcement: exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. *Front. Plant Sci.* 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411>
4. Мигулев П. И., Черников В. Г., Ростовцев Р. А., Андрощук В. С. Лен: проблемы и перспективы. Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов: сб. науч. тр. по мат-лам Национальной научно-практической конференции. Тверь: изд-во Тверской ГСХА, 2019. С. 199-201.
5. Понажев В. П., Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Поздняков Б. А., Сорокина О. Ю., Захарова Л. М., Рыжов А. И., Смирнов А. А., Серков В. А., Ушеревич Е. М. Лен и конопля: зонально-адаптивные сорта и технологии производства. Тверь: Тверской ГУ, 2014. 321 с.
6. Биоклиматический потенциал России: продуктивность и рациональное размещение сельскохозяйственных культур в условиях изменения климата. Под ред. А. В. Гардеева. М.: МСХ РФ, 2012. 212 с.
7. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические аспекты). Т. I, II. М.: ООО «Издательство Агрорус», 2001. 1489 с.
8. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). *Сельскохозяйственная биология.* 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.5.617rus>
9. Гончарова Э. А. Изучение устойчивости и адаптации культурных растений к абиотическим стрессам на базе мировой коллекции генетических ресурсов: научное наследие профессора Г. В. Удовенко. Под ред. академика А. А. Жученко. СПб.: ГНУ ВИР, 2011. 336 с.
10. Курьалева А. Г. Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской Республики. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2018;(6(67)):52-57. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
11. Мамаев В. В. Выявление сортов озимой ржи с экологической адресностью для юго-запада центра России. *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии.* 2018;(3):78-83. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
12. Королев К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Белоруссии. *Сельскохозяйственная биология.* 2017;52(3):615-621. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.615rus>
13. Кошечева Н. С., Баталова Г. А., Лыскова И. В., Краева С. Н. Результаты изучения коллекционного материала льна-долгунца по критериям хозяйственно ценных признаков. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2018;(3(64)):39-43. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.39-43>
14. Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Романова Н. В. Скрининг сортообразцов льна-долгунца коллекции ВИР по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2020;21(2):141-151. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151>
15. Корепанова Е. В., Фатыхов И. Ш. Экологическая пластичность сортов льна-долгунца в условиях Среднего Предуралья. *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии.* 2012;(4):27-30.
16. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. *Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B Nat. Exact Appl. Sci.* 2014;68(3-4):184-192. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2014-0022>
17. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A. et al. Gene expression profiling of flax (*Linum usitatissimum* L.) under edaphic stress. *BMC Plant Biology.* 2016;16(3):237. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0927-9>
18. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Novakovskiy R. O., Snezhkina A. V., Fedorova M. S. et al. Differential gene expression in response to *Fusarium oxysporum* infection in resistant and susceptible genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.). *BMC Plant Biology.* 2017;17(2):253. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1192-2>
19. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайность. *Селекция и семеноводство.* 1994;(2):3-6.
20. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. *Grop. Sci.* 1966;6(1):36-40.
21. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments. *Grop. Sci.* 1981;21(6):27-29.
22. Гончаренко А. А. Об адаптивной способности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук.* 2005;(6):49-53.

### References

1. Ushchapovskiy I. V., Novikov E. V., Basova N. V., Bezbabchenko A. A., Galkin A. V. *Sistemnye problemy l'nokompleksa Rossii i zarubezh'ya, vozmozhnosti ikh resheniya.* [System problems of flax growing in Russia and abroad, the possibilities of their solution]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik.* 2017;(1(25)):166-186. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28914488>

2. Jhala A. J., Hall L. M. Flax (*Linum usitatissimum* L.): current uses and future applications. Aust J Basic Appl Sci. 2010;4(9):4304-4312. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/b794/9ff906b2f6e5ec182c165a6fc93327329754.pdf>
3. Goudenhoofd C., Bourmaud A., Baley C. Flax (*Linum usitatissimum* L.) Fibers for composite reinforcement: exploring the link between plant growth, cell walls development, and fiber properties. Front. Plant Sci. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00411>
4. Migulev P. I., Chernikov V. G., Rostovtsev R. A., Androshchuyk V. S. *Len: problemy i perspektivy. Innovatsionnye podkhody k razvitiyu nauki i proizvodstva regionov: sb. nauch. tr. po mat-lam Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Flax: problems and prospects. In collection: Innovative approaches to the development of science and production in the regions. Collection of scientific papers based on the materials of the National Scientific and Practical Conference]. Tver': *izd-vo Tverskoy GSKhA*, 2019. pp.199-201.
5. Ponazhev V. P., Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Pozdnyakov B. A., Sorokina O. Yu., Zakharova L. M., Ryzhov A. I., Smirnov A. A., Serkov V. A., Usherovich E. M. *Len i konoplya: zonal'no-adaptivnye sorta i tekhnologii proizvodstva*. [Flax and hemp: zone adaptive varieties and production technologies]. Tver': *Tverskoy GU*, 2014. 321 p.
6. *Bioklimaticheskiy potentsial Rossii: produktivnost' i ratsional'noe razmeshchenie sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh izmeneniya klimata*. [Bioclimatic potential of Russia: productivity and rational distribution of agricultural crops in the conditions of climate change]. *Pod red. A. V. Gardeeva*. Moscow: *MSKh RF*, 2012. 212 p.
7. Zhuchenko A. A. *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy (ekologo-geneticheskie aspekty)*. [Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic aspects)]. Vol. I, II. Moscow: *OOO «Izdatel'stvo Agrorus»*, 2001. 1489 p.
8. Rybas' I. A. *Povyshenie adaptivnosti v selektsii zernovykh kul'tur (obzor)*. [Breeding grain crops to increase adaptability (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2016;51(5):617-626. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
9. Goncharova E. A. *Izuchenie ustoychivosti i adaptatsii kul'turnykh rasteniy k abioticheskim stressam na baze mirovoy kolleksii geneticheskikh resursov: nauchnoe nasledie professora G. V. Udoenko*. [Study of the resistance and adaptation of cultivated plants to abiotic stresses on the basis of the world collection of genetic resources: Scientific heritage of Professor G.V. Udoenko]. *Pod red. akademika A. A. Zhuchenko*. Saint-Petersburg: *GNU VIR*, 2011. 336 p.
10. Kuryleva A. G. *Adaptivnaya reaktsiya sortov yachmenya pri ekologicheskom ispytanii v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptive reaction of barley varieties during environmental testing in the Udmurt Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(6(67)):52-57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
11. Mamaev V. V. *Vyyavlenie sortov ozimoy rzhi s ekologicheskoy adresnost'yu dlya yugo-zapada tsentra Rossii*. [Search for varieties of winter rye with environmental targeting for the southwest of central Russia]. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2018;(3):78-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
12. Korolev K. P., Bome N. A. *Otsenka genotipov l'na-dolguntsa (Linum usitatissimum L.) po ekologicheskoy adaptivnosti i stabil'nosti v usloviyakh severo-vostochnoy chasti Belorussii*. [Evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes on environmental adaptability and stability in the north-eastern Belarus]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2017;52(3):615-621. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>
13. Koshcheeva N. S., Batalova G. A., Lyskova I. V., Kraeva S. N. *Rezultaty izucheniya kolleksionnogo materiala l'na-dolguntsa po kriteriyam khozyaystvenno tsennykh priznakov*. [Results of study of long-fiber flax's collection material by the parameters of economically valuable traits]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(3(64)):39-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.64.3.39-43>
14. Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. *Skrining sortoobraztsov l'na-dolguntsa kolleksii VIR po urozhaynosti l'novolokna i parametram adaptivnosti v usloviyakh Severo-Zapadnogo regiona*. [Screening of fiber flax varieties from the VIR collection according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of the Northwestern region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(2):141-151. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.141-151>
15. Korepanova E. V., Fatykhov I. Sh. *Ekologicheskaya plastichnost' sortov l'na-dolguntsa v usloviyakh Srednego Predural'ya*. [Ecological plasticity of sorts of long-stalk in the conditions of middle Ural region]. *Izvestiya Samarskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2012;(4):27-30. (In Russ.).
16. Jankauskiene Z. Results of 90 years of flax breeding in Lithuania. *Proc. Latv. Acad. Sci. Sect. B Nat. Exact Appl. Sci*. 2014;68(3-4):184-192. DOI: <https://doi.org/10.2478/prolas-2014-0022>

17. Dmitriev A. A., Kudryavtseva A. V., Krasnov G. S., Koroban N. V., Speranskaya A. S., Krinitsina A. A., et al. Gene expression profiling of flax (*Linum usitatissimum* L.) under edaphic stress. BMC Plant Biology. 2016;16(3):237. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0927-9>

18. Dmitriev A. A., Krasnov G. S., Rozhmina T. A., Novakovskiy R. O., Snezhkina A. V., Fedorova M. S., et al. Differential gene expression in response to *Fusarium oxysporum* infection in resistant and susceptible genotypes of flax (*Linum usitatissimum* L.). BMC Plant Biology. 2017;17(2):253. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1192-2>

19. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. *Metodika vyyavleniya potentsial'noy produktivnosti i adaptivnosti sortov i selektsionnykh form ozimoy pshenitsy po pokazatelyu urozhaynost'*. [Methods for identifying potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat in terms of yield]. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1994;(2):3-6. (In Russ.).

20. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Grop. Sci. 1966;6(1):36-40.

21. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non – stress environments. Grop. Sci. 1981;21(6):27-29.

22. Goncharenko A. A. *Ob adaptivnoy sposobnosti i ekologicheskoy ustoychivosti sortov zernovykh kul'tur*. [On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties]. *Vestnik Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2005;(6):49-53. (In Russ.).

#### **Сведения об авторах**

**Трабурова Елена Александровна**, младший научный сотрудник, обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Нахимова, д. 21, г. Смоленск, Российская Федерация, 214025, e-mail: [info.sml@fncl.ru](mailto:info.sml@fncl.ru), e-mail: [e.traburova.sml@fncl.ru](mailto:e.traburova.sml@fncl.ru)

✉ **Рожмина Татьяна Александровна**, доктор биол. наук, зав. лабораторией селекционных технологий, обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru),

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: [len\\_rozhmina@mail.ru](mailto:len_rozhmina@mail.ru)

**Андреева Ирина Александровна**, инженер-исследователь, обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Луначарского, д. 35, г. Торжок, Российская Федерация, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru), e-mail: [irina.andreeva.1985@list.ru](mailto:irina.andreeva.1985@list.ru)

#### **Information about the authors**

**Elena A. Traburova**, junior researcher, separate subdivision of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Nahimov St., 21, Smolensk, Russian Federaton, 214025, e-mail: [info.sml@fncl.ru](mailto:info.sml@fncl.ru), e-mail: [e.traburova.sml@fncl.ru](mailto:e.traburova.sml@fncl.ru)

✉ **Tatiana A. Rozhmina**, DSc in Biology, head of the laboratory, separate subdivision of Federal Research Center for Bast FiberCrops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federaton, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru),

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8204-7341>, e-mail: [len\\_rozhmina@mail.ru](mailto:len_rozhmina@mail.ru)

**Irina A. Andreeva**, research engineer, separate subdivision of Federal Research Center for Bast FiberCrops, Lunacharsky St., 35, Torzhok, Russian Federaton, 172002, e-mail: [vnii.sekretar@mail.ru](mailto:vnii.sekretar@mail.ru), e-mail: [irina.andreeva.1985@list.ru](mailto:irina.andreeva.1985@list.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Изучение исходного материала картофеля в условиях Кировской области

© 2020. Н. Ф. Синцова, И. В. Лыскова✉

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*В контрастных погодных условиях 2017-2019 гг. изучали коллекцию российских и зарубежных сортов картофеля и межсортовых гибридов в количестве 300-350 образцов ежегодно. Выявлены источники высокой продуктивности (705...887 г/куст): 129-10, Эффект (Россия), Lukawa (Чехословакия), Зорачка, Уладар (Беларусь), Коломба (Нидерланды) и другие, а также крупноклубности (100...140 г): Беллароза (Германия), Лилея (Беларусь), Ирбицкий, Крепыш (Россия). На фоне сильной эпифитотии фитофтороза в 2017 г. выделены сортообразцы с высокой полевой устойчивостью листов к фитофторозу (7-9 баллов): Kufri Anara (Индия), Сузорье, Рagneда, Альпинист (Беларусь), Губернатор, Сказка, Эффект, Вдохновение, Фрителла, Легенда, 90-5-30, 55-03 (Россия), 387110.4, 678019 (Перу) и другие. В 2019 г. отобраны образцы с высокой фитофтороустойчивостью клубней (9 баллов): Лилея (Беларусь), Удача, Огниво, Любава, Легенда, 122-29, 90-6-2, 194-00, 591-97, 55-03, 56-09, 172-11, 6-1, 39-10, 132-07 (Россия); 389746.2, 678019 (BL-22), 678009 (BL-1.10) (Перу). Отобраны сортообразцы с полевой устойчивостью к вирусным болезням: чешский – Lukawa, немецкие – Franzi, Albina, Коломба, София; белорусские – Янка, Рagneда, Зорачка, Чарауник; российские – Лазарь, Сказка, Маяк, Удача, Красавчик, Чародей, Зольский, Матушка, Наяда, Сударыня, Колобок, 42-7-40, 112-04, 184-05, 28-06, 48-224-10, 455-08, 431-08, 142-09, 5-7К, 1-13К, 218-12, 286-08, 40-14К, 16-25-1К, 16-29-33К, 56-09, 289-13. Оценка содержания крахмала позволила выделить сорта с содержанием крахмала более 20%: Башкирский, Зольский, Лазарь (Россия), Уладар, Вектар белорусский, Манифест, Журавинка, Здабыток (Беларусь) и другие. Гибриды 268-09 и 289-13 (Россия) сочетали высокое содержание крахмала с полевой фитофтороустойчивостью. Наиболее ценным исходным материалом для селекции картофеля в условиях Кировской области являются сорта и гибриды с комплексным проявлением признаков: Беллароза, София, Albina (Германия); 129-09, 40-14, 7-2В, 5-7К, 268-08, 141-14, 289-13, 455-08, 56-09, 149-14, Каменский, Дебрянск, Ирбицкий, Эффект (Россия); Коломба (Нидерланды); Зорачка, Чарауник, Уладар, Лилея (Беларусь), Lukawa (Чехословакия).*

**Ключевые слова:** селекция, сорта и гибриды картофеля, продуктивность, крупность клубней, устойчивость к болезням

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0099).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Синцова Н. Ф., Лыскова И. В. Изучение исходного материала картофеля в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):697-705.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.697-705>

Поступила: 03.03.2020

Принята к публикации: 06.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## The study of the source material of potatoes under conditions of Kirov region

© 2020. Nina F. Sintsova, Irina V. Lyskova✉

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitskogo, Kirov, Russian Federation

*The article presents the results of study of potato varieties and hybrids collection in the conditions of Kirov region, including varieties of modern Russian and foreign collections, interspecific hybrids of VIR, Falenskaya selection station and other scientific institutions for 300-350 samples annually. The study was conducted in contrasting weather conditions in 2017-2019. Sources of high productivity (705...887 g/bush): 129-10, Effekt (Russia), Lukawa (Czechoslovakia), Zorachka, Uladar (Belarus), Colomba (Netherlands) and others, and large potato tuber (100...140 g): Bellarosa (Germany), Lilea (Belarus), Irbitsky, Krepysh (Russia) were revealed. Due to big epiphytotic of late blight in 2017 varieties with high field resistance of foliage to late blight were revealed (7-9 points): Kufri Anara (India), Suzorye, Ragneda, Alpinist (Belarus), Gubernator, Skazka, Effekt, Vdohnovenie, Fritella, Legenda, 90-5-30, 55-03 (Russia); 387110.4, 678019 (Peru) and others. In 2019 samples with high late blight resistance of tubers were selected (9 points): Lilea (Belarus), Udacha, Ognivo, Lubava Legenda, 122-29, 90-6-2, 194-00, 591-97, 55-03, 56-09, 172-11, 6-1, 39-10, 132-07 (Russia), 389746.2, 678019 (BL-22), 678009 (BL-1.10) (Peru). Varieties of field resistance to viral diseases were selected: Lukawa (Czechoslovakia), Yanka, Ragneda, Zorachka, Charaunik (Belarus), Franzi, Albina, Kolomba, Sofia (Germany), Lazar, Skazka, Mayak, Udacha, Krasavchik, Charodey), Zolsky, Matushka, Nayada, Sudarynya, Kolobok, 42-7-40, 112-04, 184-05, 28-06, 48-224-10, 455-08, 431-08, 142-09, 5-7K, 1-13K, 218-12, 286-08, 40-14K, 16-25-1K, 16-29-33K, 56-09, 289-13. Assessment of starch content allowed to select varieties and hybrids with starch content above 20%: Bashkirsky, Zolsky, Lazar (Russia), Uladar, Vektar Belorussky, Manifest, Zhuravinka, Zdabytok (Belarus) and others. Hybrids 268-09 and 289-13 combined high starch content and high*

late blight resistance. The most valuable source material for potato breeding in the Kirov region are varieties and hybrids with a complex manifestation of warnings: *Bellarosa*, *Albina*, *Sofia* (Germany), 129-09, 40-14, 7-2B, 5-7 K, 268-08, 141-14, 289-13, 455-08, 56-09, 149-14, *Kamensky*, *Irbitsky*, *Debryansk*, *Effekt* (Russia), *Kolamba* (Netherlands), *Zorachka*, *Charaunik*, *Uladar*, *Altair*, *Lilea* (Belarus), *Lukawa* (Czechoslovakia).

**Key words:** selection, potato varieties and hybrids, productivity, tuber size, disease resistance

**Acknowledgment:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0099).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citations:** Sintsova N. F., Lyskova I. V. The study of the source material of potatoes under conditions of Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6):697-705. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.697-705>

Received: 03.03.2020

Accepted for publication: 06.11.2020

Published online: 10.12.2020

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) является важнейшей продовольственной и технической культурой [1, 2]. Мировое производство картофеля за последние 10 лет увеличилось на 4,5 % в среднем за год<sup>1</sup>. К 2017 г. Россия заняла третье место в мире по производству картофеля после Китая и Индии [3].

Посевные площади картофеля в промышленном секторе картофелеводства России в 2019 г., по предварительным данным Росстата, в хозяйствах всех категорий составили 302,3 тыс. га<sup>2</sup>. Несмотря на сокращение площадей валовый сбор картофеля в России растет (данные по сельхозорганизациям и крестьянско-фермерским хозяйствам, без учета данных по хозяйствам населения) и в 2019 г. составил 7 554,4 тыс. тонн при урожайности 256 ц/га<sup>3</sup>.

В Кировской области в 2019 г. посевные площади картофеля пострадали от ливневых дождей, тем не менее урожайность составила 25,3 т/га с убранной площади<sup>4</sup>.

Для устойчивого производства картофеля сельскохозяйственные предприятия нуждаются в новых сортах, обладающих заданными характеристиками. Современный мир выдвигает на первый план все новые задачи и проблемы, и эта тенденция не обошла и такую традиционную отрасль как селекция картофеля [4]. В связи с ухудшающейся экологической обстановкой и повышением средней темпера-

туры воздуха наряду с активацией биопатогенных организмов, идет их ротация, на смену одним приходят другие, меняются требования приспособленности сортов картофеля к условиям выращивания [5]. Дополнительные химические обработки картофеля могут нанести невосполнимый вред как здоровью человека, так и окружающей биосфере – рынок в настоящее время предлагает большое количество препаратов, позволяющих бороться с грибными заболеваниями, такими как фитофтороз, альтернариоз, ризоктониоз, парша, с вредителями – колорадским жуком, тлями – переносчиками вирусных заболеваний. Нет оптимального средства борьбы с раком картофеля, золотистой картофельной нематодой, основные средства борьбы с которыми – карантинные мероприятия. Только устойчивые селекционные сорта способны противостоять этой угрозе. Несомненно, химические обработки снижают вредоносность грибных, бактериальных болезней и вредителей, однако свободная экологическая ниша никогда не бывает пустой, на смену старым опустошающим болезням приходят новые. Патогены также эволюционируют в сторону большей агрессивности, поэтому селекция никогда не может остановиться на достигнутом, идет непрерывная гонка сорта и патогена.

<sup>1</sup>Мир. PotatoPRO. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.potatopro.com/world/potato-statistics> (дата обращения: 03.02.2020).

<sup>2</sup>Посевные площади картофеля в России. Итоги 2019 года. Картофелеводство 2019. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/potatoes/posevnye-ploshchadi-kartofelya-v-rossii-itogi-2019-goda.html> (дата обращения: 03.02.2020).

<sup>3</sup>О сборах картофеля в 2019 году в России по регионам. Экспертно-аналитический центр агробизнеса "АБ-Центр" [www.ab-centre.ru](http://www.ab-centre.ru). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ab-centre.ru/news/o-sborah-kartofelya-v-2019-godu-y-rossii-po-regionam> (дата обращения: 03.02.2020).

<sup>4</sup>Об уборке урожая в Кировской области в 2019 году. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Кировской области. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://kirovstat.gks.ru/storage/mediabank/%D0%A3%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BA%D0%B0\\_2019.pdf](https://kirovstat.gks.ru/storage/mediabank/%D0%A3%D0%B1%D0%BE%D1%80%D0%BA%D0%B0_2019.pdf) (дата обращения: 13.02.2020).

Получение нужного результата в селекции картофеля требует правильного подбора родителей и комбинаций скрещивания. Прежде чем провести скрещивания необходимо всесторонне изучить родительские формы [5, 6, 7]. Наличие генетической изменчивости у родителей является главным условием для любой селекционной программы [8, 9].

Коллекции исходного материала созданы и поддерживаются во всех селекционных учреждениях как в России [10, 11], так и за рубежом [12, 13]. Неоценимую помощь для селекции в России оказывает ФИЦ «Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. В. Вавилова» (ВИР), обладающий ценнейшей коллекцией генетических ресурсов культурных сортов картофеля, диких видов и созданных на их основе межвидовых гибридов [14]. Вовлечение в селекционный процесс представителей отдаленных и малораспространенных видов, диких родичей культурных растений, староместных сортов, сортов с разной родословной увеличивает генофонд, богатый ценными признаками, позволяет расширить наследственную основу создаваемых сортов и снизить их уязвимость [15].

В Кировской области важную роль играют адаптационные характеристики выращиваемых сортов картофеля, охватывающие особенности продукционного процесса, качества и функционирования инсекто- и фитопатологического барьера. На территории области широко распространены фитофтороз, вирусные болезни, парша обыкновенная, ризоктониоз, в последние годы наблюдается увеличение вредоносности альтернариоза [16]. Золотистой картофельной нематодой, по данным Управления Россельхознадзора по Кировской области и Удмуртской Республике, поражены уже около тысячи гектаров картофельных полей, преимущественно в частном секторе, где потери могут достигать 70-90 %.

Для успешного создания новых сортов картофеля, отвечающих современным требованиям потребителей и производства, необходимо систематическое изучение сортообразцов как исходного материала для селекции в конкретных почвенно-климатических условиях.

**Цель исследований** – изучить коллекционные сорта и гибриды картофеля в условиях Кировской области и выделить источники

хозяйственно ценных признаков для использования в селекционной программе создания новых сортов картофеля.

**Материал и методы.** Полевые испытания сортов и гибридов картофеля проводили в полях селекционного севооборота в коллекционном питомнике лаборатории селекции картофеля Фалёнской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2017-2019 гг. Всего в изучении находилось 300-350 номеров, объединяющие сорта российского и мирового сортимента, преимущественно белорусской, германской, нидерландской селекции, межвидовые гибриды ВИРа, Фалёнской селекционной станции и других научных учреждений.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, рН<sub>ксл</sub> 4,8...5,3, содержание гумуса 2,5...2,7 %, фосфора – 288...351 мг/кг, калия – 186...237 мг/кг почвы. Предшественник – зерновые культуры. Основная обработка – вспашка зяби на глубину 25-30 см, весной – вспашка на глубину 24-26 см, двойная культивация на глубину 8-10 см. Посадку питомников проводили в нарезанные гребни по схеме 70x35 см клоновой сажалкой в оптимальные сроки. Во время вегетации в питомнике проведены две междурядные обработки, в качестве защитных мероприятий против сорняков использовали гербицид зенкор в дозе 0,6 кг/га. Ботву на селекционных делянках удаляли механическим способом с помощью КИР-1,5 непосредственно перед уборкой.

Климат Кировской области умеренно-континентальный. Средняя сумма активных температур вегетационного периода составляет 1618 °С, средняя сумма осадков – 255 мм, ГТК = 1,58. Вегетационный период 2017 г. отличился холодным летом. Из-за пониженных температур (-1,4 °С от нормы) фенологические фазы растений отставали от средних многолетних данных на 2-3 недели, ГТК = 1,65. Вегетационный период 2018 г. был достаточно тёплым (+0,6 °С к среднему многолетнему значению) и нормально увлажненным (99 % от нормы), ГТК = 1,25. Метеоусловия 2019 г. характеризовались крайним переувлажнением ГТК = 2,17. Во все годы исследований ярко проявилась тенденция неравномерности выпадения осадков.

Исследовательскую работу проводили согласно методикам ВНИИКС<sup>5</sup>. Для сравнения

<sup>5</sup>Методики исследования по культуре картофеля. М., 1967. 264 с.; Симаков Е. А., Склярова Н. П., Яшина И. М. Методические указания по технологии селекционного процесса картофеля. М.: ООО Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2006. 70 с.; Методики исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. М.: НИИКС, Россельхозакадемия, 1995. 106с.

в качестве стандартов использовали раннеспелый сорт Удача (ВНИИ картофельного хозяйства), среднеспелый сорт Чайка (Фалёнская селекционная станция). Оценку хозяйственно ценных признаков проводили по 9-балльной шкале Международного классификатора СЭВ, где для болезней 9 баллов – очень высокая устойчивость, 1 балл – отсутствие устойчивости. Содержание крахмала в клубнях образцов коллекционного питомника определяли удельно-весовым способом<sup>6</sup>.

Статистическую обработку данных методом корреляционного анализа выполнили с использованием пакета программы AGROS – версия 2.07.

**Результаты и их обсуждение.** За последние три года сложились контрастные погодные условия, которые повлияли на характер проявления признака продуктивности у изучаемых сортов и гибридов, элементов продуктивности, а также распространение патогенов в естественных полевых условиях, что обеспечило выявление источников устойчивости.

Обильные осадки в июле 2017 г. вызвали эпифитотию фитофтороза, к началу августа болезнь достигла своего пика, а к середине августа ботва большинства номеров погибла, поэтому у них вынуждено сократился вегетационный период. Средняя продуктивность по питомнику составила 520 г/куст. Переувлажнение и раннее поражение ботвы фитофторозом обусловило выдвигание в число лидеров таких коллекционных сортов, которые никогда не превышали стандарты Удача и Чайка в обычные и благоприятные годы. Сорт Эффект, гибриды 129-09, 156-14, 15-09, 40-15, 268-08, 213-14 и другие с продуктивностью 890-1010 г/куст (прибавка к ст. Удача 185-445 г/куст) выделились благодаря их относительной устойчивости к фитофторозу по ботве. По продуктивности сорт Удача превысили 24 сорта (5,6 % от коллекционного сортимента).

Засушливые условия 2018 г. оказались основным ограничивающим фактором. Средняя продуктивность по питомнику составила 365 г/куст, стандарта Удача – 425 г/куст, Чайки – 360 г/куст. Стандарт Удача превысили по урожайности 46 образцов или 14,4 % от коллекционного сортимента. В число наиболее продуктивных сортов в текущем году попали

сорта преимущественно ранней и среднеранней группы спелости, более поздние сорта не успели сформировать достаточно высокий уровень урожайности. В число сортов-лидеров вошли: Лиляя – 630 г/куст, 455-08 – 620 г/куст, Каменский – 600 г/куст, Зорачка – 580 г/куст, 15-09 – 580 г/куст и др.

В 2019 г. сложились благоприятные условия для формирования клубневой массы благодаря прохладной достаточно увлажненной погоде. Средняя продуктивность по питомнику составила 641 г/куст, стандарта Удача – 716 г/куст, Чайка – 675 г/куст. Стандарт Удача по урожайности превысили 78 образцов, или 23,3 % коллекционного сортимента. В число сортов-лидеров вошли: Коломба – 1170 г/куст, Эффект – 1055 г/куст, Чарауник – 1030 г/куст, Дамарис – 1030 г/куст, Уладар – 990 г/куст и другие.

Таким образом, за три года испытания отобраны источники высокой продуктивности: 129-10, Эффект, Lukawa, Зорачка, Уладар, Коломба и др. (табл. 1).

Продуктивность складывается из количества клубней и среднего веса клубня, генетически обусловленных. Фенотипическое выражение этих признаков находится под влиянием погодных условий. В 2017 г. клубни выросли мелкие – в среднем 45 г, с варьированием от 28 до 77 г. Урожай был сформирован за счет количества клубней. Коэффициент корреляции между продуктивностью и количеством клубней в 2017 г. составил  $r = 0,68$ , между продуктивностью и весом одного товарного клубня корреляционная связь несущественная  $r = 0,21$  (табл. 2). Постоянное и повышенное увлажнение почвы способствовало закладке большого количества клубней, а отсутствие засушливых условий не вызвало редукцию мелких. В результате все завязавшиеся клубни уцелели и начали прирастать, но последующая гибель ботвы от фитофтороза остановила прирост клубней, которые сформировались преимущественно семенного и меньшего размера. Наиболее урожайные сорта образовали 14,6 шт/куст со средней массой 55 г, встречалось очень мало сортов с крупными, выравненными клубнями. Выделены сортообразцы 141-14К – 80 г, Метеор – 71 г, Беллароза – 70 г, Ирбицкий – 69 г, Губернатор – 68 г, Andra – 70 г.

<sup>6</sup>Методические указания по оценке картофеля на качество. Коренево, 1978. 40 с.

**ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: РАСТЕНИЕВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: PLANT GROWING**

Таблица 1 – Продуктивность коллекционных сортообразцов картофеля (2017-2019 гг.) / Table 1 – Productivity of collection potato varieties (2017-2019)

Сортообразец / Variety	Происхождение / Origin	Группа спелости / Ripeness group	Устойчивость к картофельной нематоде / Resistance to potato nematode	Продуктивность, г/куст / Productivity, g/bush				Количество товарных клубней, шт./куст / Number of commodity tubers, piece/bush	Средний вес одного товарного клубня, г / The average weight of one commodity tuber, g
				2017 г.	2018 г.	2019 г.	среднее / mean		
Удача, стандарт / Udacha, standart	Россия / Russia	p*/es*	B**/S**	705	425	715	615	9,5	78
Lukawa	Чехословакия / Czechoslovakia	p / es	B / S	850	490	910	750	12,2	61
Зорачка / Zorachka	Беларусь / Belarus	p / es	У / R	740	580	910	742	11,0	70
Уладар / Uladar	Беларусь / Belarus	p / es	У / R	660	575	990	742	10,0	82
Коломба / Kolomba	Нидерланды / Netherlands	p / es	У / R	665	380	1170	738	8,7	83
15-09	Россия / Russia	p / es	B / S	990	580	545	705	9,7	79
Магушка / Matushka	Россия / Russia	p / es	У / R	605	560	925	697	9,9	73
Маделине / Madeline	Нидерланды / Netherlands	p / es	У / R	670	405	930	667	10,0	73
Беллароза / Bellarosa	Германия / Germany	p / es	У / R	740	370	870	660	7,1	94
Лилея / Lilea	Беларусь / Belarus	p / es	У / R	680	630	635	648	8,3	82
Регги / Reggy	Россия / Russia	p / es	B / S	610	335	975	640	7,9	94
Эволюшен / Evolyshn	Нидерланды / Netherlands	p / es	У / R	490	530	885	635	7,3	95
Пролисок / Prolisok	Украина / Ukraine	p / es	У / R	550	520	750	607	10,0	62
Каменский / Kamensky	Россия / Russia	p / es	B / S	540	600	655	598	10,0	78
Крепыш / Krepush	Россия / Russia	p / es	У / R	510	575	665	583	6,5	96
129-10	Россия / Russia	cp / me	B / S	1150	520	990	887	13,5	67
Эффект / Effect	Россия / Russia	cp / me	B / S	790	470	1055	772	10,3	68
213-14	Россия / Russia	cp / me	B / S	890	470	740	700	10,7	68
40-14	Россия / Russia	cp / me	B / S	585	555	925	688	8,9	81
Дамарис / Damaris	Германия / Germany	cp / me	У / R	430	380	1030	613	8,5	64
Сказка / Skazka	Россия / Russia	cp / me	B / S	575	505	740	607	10,5	49
Чайка, стандарт / Chaika, standart	Россия / Russia	cc / ms	B / S	500	360	675	512	9,6	64
Дебрянск / Debryansk	Россия / Russia	cc / ms	B / S	590	510	930	677	9,2	86
Янка / Yanka	Беларусь / Belarus	cc / ms	У / R	710	375	900	662	10,0	67
Альгаир / Altair	Беларусь / Belarus	cc / ms	У / R	610	240	920	590	8,5	77
Сиреневый туман / Si-renevyy tuman	Россия / Russia	cc / ms	B / S	700	425	830	652	8,1	85
143-12	Россия / Russia	cc / ms	B / S	840	410	650	633	9,0	68
Дубрава / Dubrava	Беларусь / Belarus	cc / ms	У / R	565	370	920	618	8,6	69
Наяда / Nayada	Россия / Russia	cc / ms	У / R	595	400	830	608	9,6	65

\*p – ранний / es\* – early season, cp – среднеранний / me – middle early, cc – среднеспелый / ms – mid season, \*\*У – устойчив / \*\*R – resistant, B – восприимчив / S – susceptible

Таблица 2 – Корреляционная связь продуктивности сортов картофеля с элементами продуктивности, (2017-2019 гг.) /

Table 2 – Correlation relationship between the productivity of potato varieties and the elements of productivity (2017-2019)

Год / Year	Продуктивность - число клубней / Productivity - number of tubers	Продуктивность - вес 1 клубня / Productivity - weight of 1 tuber
2017	0,68*	0,22
2018	0,49*	0,46*
2019	0,62*	0,32

\* Статистически значимо при  $p \leq 0,05$  / Significant at  $p \leq 0.05$

Засуха 2018 г. и повышенная температура воздуха в июле и августе, совпавшие с закладкой клубней и их дальнейшим приростом, привели к частичной редукции заложившихся клубней, дальнейший прирост урожая шел за счет увеличения размера оставшихся клубней. Клубни выросли крупными, но малочисленными. Корреляционная связь продуктивности с обоими элементами средняя:  $r = 0,49$  для числа клубней и  $r = 0,46$  для среднего веса одного клубня. Количество товарных клубней сформировалось на минимальном уровне – 5,8 шт/куст по опыту. У стандарта Удача – 5,9 шт/куст, у сорта Лилея – 7,3 шт/куст. Между количеством товарных клубней и крупностью существует обратная зависимость. Наиболее крупноклубневые сорта отличались небольшим количеством клубней в кусте. Крупные ровные и выравненные клубни сформировались у сортообразцов: Крепыш – 112 г, 15-09 – 98 г, Атлантик – 87 г, Бабье лето – 87 г, Ирбицкий – 86 г, Дебрянск – 86 г, Лилея – 85 г, Уладар – 85 г.

В 2019 г. формирование урожая шло за счет количества клубней ( $r = 0,62$ ) и прироста массы клубней ( $r = 0,32$ ). Количество товарных клубней в среднем по опыту составило 6,9 шт/куст при средней массе одного товарного клубня 90 г, у стандарта Удача соответственно 5,9 шт/куст и 105 г. Крупные ровные и выравненные клубни сформировались у сортов Ирбицкий – 208 г, Регги – 161 г, Эволушен – 148 г, Коломба – 132 г, Лилея – 129 г, Крепыш – 121 г и других. Ежегодно крупными вырастают клубни у сортов Беллароза, Ирбицкий, Лилея, Крепыш, которые могут служить в селекции картофеля источниками крупноклубневости.

Проведен корреляционный анализ для определения направления связи продуктивности и элементов продуктивности со среднемесячной температурой воздуха и месячной суммой осадков (табл. 3). Установлено положительное влияние температуры воздуха на продуктивность в июне – в период интенсивного роста ботвы и начала клубнеобразования ( $r = 0,82$ ). В июле эта взаимосвязь менялась

до отрицательных значений ( $r = -0,91$ ), т. е. при высоких температурах и низком влагообеспечении процесс формирования урожая приостанавливался. Влияние осадков на продуктивность также менялось от слабоотрицательных значений в мае из-за запыливания почв ( $r = -0,45$ ) до положительных в августе ( $r = 0,75$ ).

Отмечена отрицательная корреляционная зависимость количества клубней от температуры воздуха в первой половине вегетации  $r = -0,12 \dots -0,74$ , с другой стороны, повышенные майские и июньские температуры положительно влияли на вес одного товарного клубня ( $r = 0,84 \dots 0,87$ ), уменьшение крупности товарных клубней связано с высокими температурами воздуха в августе ( $r = -0,93$ ). Обилие осадков в июле положительно повлияло на заложение максимального количества клубней ( $r = 0,93$ ) и одновременно отрицательно – на вес одного клубня ( $r = -0,54$ ), т. е. осадки стимулировали закладку новых клубней в ущерб их размеру. В августе корреляционные связи менялись на противоположные. Растения усиленно увеличивали массу заложившихся клубней, даже за счет потребления воды ( $r = 0,86$ ), в результате чего клубни часто становились водянистыми. Клубни в августе практически перестали закладываться, поэтому корреляционная связь количества завязавшихся клубней и осадков стремилась к нулю ( $r = -0,2$ ).

Фитофтороз поразил посадки коллекционных сортообразцов в 2017 и в 2019 гг. Однако вредоносность заболевания проявилась по-разному. Максимального размаха в 2017 г. болезнь достигла в конце июля-начале августа. В августе осадки прекратились (выпало за месяц 37 % от среднегодовой нормы), повысилась среднесуточная температура воздуха (+0,6...+3,2 °C к норме), просохла почва. Под воздействием солнечного света погибли конидии фитофтороза на открытой, из-за гибели ботвы, поверхности почвы, что предотвратило заражение клубней. При уборке и через месяц после уборки отмечали лишь единичные клубни, пораженные фитофторозом.

Таблица 3 – Корреляционная связь продуктивности сортов картофеля и элементов продуктивности с погодными условиями (2017-2019 гг.) /

Table 3 – Correlation relationship between the productivity of potato varieties and the elements of productivity with weather conditions (2017-2019)

Показатель	Май / May	Июнь / June	Июль / July	Август / August
Температура воздуха, °C / Air temperature, °C				
Продуктивность, г/куст / Productivity, g/bush	0,42	0,82	-0,91*	-0,71
Количество товарных клубней, шт/куст / Number of commodity tubers, piece/bush	-0,74	-0,12	-0,41	0,38
Вес одного товарного клубня, г / Weight of one commodity tuber, g	0,84	0,87	-0,64	-0,93*
Сумма осадков, мм / The precipitation amount, mm				
Продуктивность, г/куст / Productivity, g/bush	-0,45	0,31	0,01	0,75
Количество товарных клубней, шт/куст / Number of commodity tubers, piece/ bush	0,33	-0,30	0,93*	-0,20
Вес одного товарного клубня, г / Weigh of one commodity tuber, g	-0,68	0,46	-0,54	0,86

\* Статистически значимо при  $p \leq 0,05$  / Significant at  $p \leq 0.05$

Сильнейшая эпифитотия фитофтороза позволила отобрать 21 сортообразец с высокой устойчивости к этой болезни: KufriAnaga, Сузорье, Губернатор, Сказка, Эффект, Рагнеда, Вдохновение, Альпинист, Фрителла, Легенда, 90-5-30, 387110.4, 678019, 391674.32, 55-03, 418-08, 455-08, 431-08, 6-1В, 5-7К, 143-12, 16-29-4, а также Удача, Невский, Lavnica, Талисман, Кузнечанка, Jantar, Чарауник, Чародей, Зольский, Наяда, Ania, 47-2-41, 7-2В, 163-12К, 580-13, 268-09, 16-32-11К, 16-6-4К, 289-13.

В августе 2019 г. выпало 157,3 мм осадков, что составило 238 % к норме (ГТК за месяц = 4,37), что указывает на крайнее переувлажнение. Влажная погода и низкие температуры (-1,7 °C от нормы) спровоцировали эпифитотию фитофтороза. Первые признаки на ботве появились 29 июля. К моменту скашивания ботвы коллекционных сортообразцов практически вся ботва поражалась и находилась в стадии споруляции. Непрерывающиеся осадки смыли инфекцию на клубни. Это вызвало массовое заражение клубней в селекционных питомниках. Такие условия позволили выделить сорта с устойчивостью к фитофторозу по клубням. Поразились фитофторозом и мокрой гнилью в разной степени 91,9 % сортообразцов. Только 27 коллекционных сортообразцов не имели больных клубней: Удача, Огниво, Лилея, Тамана, Любава, Легенда, 122-29, 90-6-2, 389746.2, 678019 (BL-22), 678009 (BL-1.10), 194-00, 591-97, 55-03, 56-09, 172-11, 6-1, 39-10, 132-07, которые

могут служить источниками устойчивости к клубневым гнилям.

Вирусные болезни проявились в средней степени за годы испытания. По устойчивости к вирусным болезням, по визуальной оценке, отобраны сорта: Franzl, Lukawa, Albina, Лазарь, Сказка, Маяк, Рагнеда, Удача, Красавчик, Чародей, Зольский, Матушка, Наяда, Зорачка, Янка, Коломба, Чарауник, София, Сударыня, Колобок, 42-7-40, 112-04, 184-05, 28-06, 48-224-10, 455-08, 431-08, 142-09, 5-7К, 1-13К, 218-12, 286-08, 40-14К, 16-25-1К, 16-29-33К, 56-09, 289-13. Выделенные сорта были подвергнуты серологическому анализу на наличие вирусов X, Y, S, M. Свободными от всех вирусов оказались сортообразцы: 218-12, 14-31-11, 56-09, 1-13К, 149-14. Минимальный уровень заражения вирусом M обнаружен у сортов 40-14, 7-3.

Оценка содержания крахмала позволила выделить сорта и гибриды с содержанием крахмала больше 20 %: Thomana, Башкирский, Зольский, Ула-дар, Вектар белорусский, Манифест, Журавинка, Здабыток, Лазарь, 236-91, 164-91, 42-02, 418-08, 60-10, 5-11, 12-11, 152-11, 168-11, 5-4В, 2-12, 1-3, 93-12, 14-31-11К, 14-33-1К, 14-33-9К, 14-33-14К, 14-33-18К, 268-09, 243-12, 580-13К, 140-14, 41-14, 153-01, 14-31-109. Гибриды 268-09 и 289-13 сочетали высокое содержание крахмала с полевой фитофтороустойчивостью.

**Выводы.** Таким образом, по комплексу хозяйственно ценных признаков выделены

следующие сортообразцы: Беллароза, София, Albina (Германия); 129-09, 7-2В, 5-7К, 268-08, 141-14, 289-13, 455-08, 40-14, 56-09, 149-14, Каменский, Дебрянск, Ирбицкий, Эффект (Россия); Коломба (Нидерланды); Зорачка,

Чарауник, Уладар, Лиляя (Беларусь), Lukawa (Чехословакия). Полученный исходный материал будет использован для создания новых сортов картофеля, адаптированных к условиям Кировской области.

#### Список литературы

1. Симаков Е. А., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Журавлёв А. А. Сортовые ресурсы картофеля для целевого выращивания. Картофель и овощи. 2017;(11):24-26. Режим доступа: [http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2018/11/11\\_2017.pdf](http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2018/11/11_2017.pdf)
2. Katherine A. Beals. Potatoes, Nutrition and Health. American Journal of Potato Research. 2019;(96):102-110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09724-9>
3. Девяткина Л. Н. Производство картофеля: глобальные и национальные дискурсы. Вестник НГИЭИ. 2018;(5(84)):122-134. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34908652>
4. Симаков Е. А., Яшина И. М., Склярова Н. П. Селекция картофеля в России: общие тенденции и достижения. Достижения науки и техники АПК. 2007;(7):6-11. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10365605>
5. Hussain T. Potatoes: ensuring food for the future. Adv Plants Agric Res. 2016;3(6):178-182. DOI: <https://doi.org/10.15406/apar.2016.03.00117>
6. Дергачева Н. В. Источники основных хозяйственно ценных признаков для селекции картофеля в Западной Сибири. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016;(7(141)):21-25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26341464>
7. Травина С. Н., Жигадло Т. Э. Источники продуктивности и раннеспелости, выделенные из коллекции картофеля генетических ресурсов растений ВИР в условиях Мурманской области. Вестник науки и образования. 2018; 1(4):38-44. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32824098>
8. Букасов С. М., Камераз А. Я. Основы селекции картофеля. М.: Колос, 1972. 359 с.
9. Meenakshi Kumari, Manoj Kumar, Shashank Shekhar Solankey. Breeding Potato for Quality Improvement. eBook (PDF). 2018. DOI: <http://doi.org/10.5772/intechopen.71482>
10. Яшина И. М., Жарова В. А., Белова Г. Л. Создание исходного материала для селекции картофеля. Картофель и овощи. 2013;(4):32-33. Режим доступа: [http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2014/04/kio\\_4\\_2013.pdf](http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2014/04/kio_4_2013.pdf)
11. Шерстюкова Т. П., Иващенко А. Д. Результаты комплексной оценки коллекции сортов картофеля в условиях Камчатского края. Дальневосточный аграрный вестник. 2019;(3(51)):64-68. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41282393>
12. Гордиенко В. В., Бондарчук А. А., Фурдыга Н. Н., Захарчук Н. А. Выделение хозяйственно ценных признаков для практической селекции среди образцов, составляющих генофонд картофеля. Картофельводство: сб. научн. тр. Минск, 2013. Т.26. С. 96-100. Режим доступа: [https://belbulba.by/wp-content/uploads/2019/04/Kartofelevodstvo\\_26.pdf](https://belbulba.by/wp-content/uploads/2019/04/Kartofelevodstvo_26.pdf)
13. Hosaka K., Sanetomo R. Broadening Genetic Diversity of the Japanese Potato Gene Pool. American Journal of Potato Research. 2020;(97):127-142. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09762-8>
14. Киру С. Д., Костина Л. И., Косарева О. С., Жигадло Т. Э., Травина С. Н., Чалая Н. А., Кирпичева Т. В. Генетическое разнообразие мировой коллекции картофеля ВИР и ее использование в селекции. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(7):31-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23881207>
15. Дзюбенко Н. И. Генетические ресурсы культурных растений – основа продовольственной и экологической безопасности России. Вестник Российской академии наук. 2015;85(1):3-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22778257>
16. Синцова Н. Ф., Сергеева З. Ф. Изучение коллекционных сортов картофеля по продуктивности и устойчивости к болезням. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(3(58)):31-35. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29184739>

#### References

1. Simakov E. A., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Zhuravlev A. A. *Sortovye resursy kartofelya dlya tselevogo vyrashchivaniya*. [Varietal resources for intended potato growing]. *Kartofel' i ovoshchi* = Potato and Vegetables. 2017;(11):24-26. (In Russ.). URL: [http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2018/11/11\\_2017.pdf](http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2018/11/11_2017.pdf)
2. Katherine A. Beals. Potatoes, Nutrition and Health. American Journal of Potato Research. 2019;(96):102-110. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-019-09724-9>
3. Devyatkina L. N. *Proizvodstvo kartofelya: global'nye i natsional'nye diskursy*. [Potato production: global and national discourses]. *Vestnik NGIEI* = Bulletin NGII. 2018;(5(84)):122-134. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=34908652>
4. Simakov E. A., Yashina I. M., Sklyarova N. P. *Seleksiya kartofelya v Rossii: obshchie tendentsii i dostizheniya*. [Potato selection in Russia: general trends and achievements]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2007;(7):6-11. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=10365605>

5. Hussain T. Potatoes: ensuring food for the future. *Adv Plants Agric Res.* 2016;3(6):178-182. DOI: <https://doi.org/10.15406/apar.2016.03.00117>
6. Dergacheva N. V. *Istochniki osnovnykh khozyaystvenno-tsennykh priznakov dlya seleksii kartofelya v Zapadnoy Sibiri.* [The sources of the key economically valuable characters for potato breeding in West Siberia]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University.* 2016;(7(141)):21-25. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26341464>
7. Travina S. N., Zhigadlo T. E. *Istochniki produktivnosti i rannespelosti, vydelennyye iz kolleksii kartofelya geneticheskikh resursov rasteniy VIR v usloviyakh Murmanskoy oblasti.* [Sources of productivity and early - maturing selected from the VIR collection(s) of plant genetic resources (potatoes) under conditions of Murmansk region]. *Vestnik nauki i obrazovaniya.* 2018;1(4):38-44. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32824098>
8. Bukasov S. M., Kameraz A. Ya. *Osnovy seleksii kartofelya.* [Basics of potato selection]. Moscow: *Kolos,* 1972. 359 p.
9. Meenakshi Kumari, Manoj Kumar, Shashank Shekhar Solankey. Breeding Potato for Quality Improvement. eBook (PDF). 2018. DOI: <http://doi.org/10.5772/intechopen.71482>
10. Yashina I. M., Zharova V. A., Belova G. L. *Sozdanie iskhodnogo materiala dlya seleksii kartofelya.* [Obtaining of parent material for potato growing]. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables.* 2013;(4):32-33. (In Russ.). URL: [http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2014/04/kio\\_4\\_2013.pdf](http://potatoveg.ru/wp-content/uploads/2014/04/kio_4_2013.pdf)
11. Sherstyukova T. P., Ivashchenko A. D. *Rezultaty kompleksnoy otsenki kolleksii sortov kartofelya v usloviyakh Kamchatskogo kraya.* [Results of complex assessment of collectable varieties of potato in the climate of Kamchatsky kraj]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik = Far Eastern Agrarian Herald.* 2019;(3(51)):64-68. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41282393>
12. Gordienko V. V., Bondarchuk A. A., Furdyga N. N., Zakharchuk N. A. *Vydelenie khozyaystvenno tsennykh priznakov dlya prakticheskoy seleksii sredi obraztsov, sostavlyayushchikh genofond kartofelya.* [Distribution of agronomic characters for practical selection among samples, making potatoes gene pool]. *Kartofelevodstvo: sb. nauchn. tr.* [Potato-growing: proceedings]. Minsk, 2013. Vol. 26. pp. 96-100. URL: [https://belbulba.by/wp-content/uploads/2019/04/Kartofelevodstvo\\_26.pdf](https://belbulba.by/wp-content/uploads/2019/04/Kartofelevodstvo_26.pdf)
13. Hosaka K., Sanetomo R. Broadening Genetic Diversity of the Japanese Potato Gene Pool. *American Journal of Potato Research.* 2020;(97):127-142. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12230-020-09762-8>
14. Kiru S. D., Kostina L. I., Kosareva O. S., Zhigadlo T. E., Travina S. N., Chalaya N. A., Kirpicheva T. V. *Geneticheskoe raznoobrazie mirovoy kolleksii kartofelya VIR i ee ispol'zovanie v seleksii.* [Genetic diversity of potato world collection of VIR and its use in breeding]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis.* 2015;29(7):31-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23881207>
15. Dzyubenko N. I. *Geneticheskie resursy kul'turnykh rasteniy – osnova prodovol'stvennoy i ekologicheskoy bezopasnosti Rossii.* [Genetic resources of cultivated plants as the basis for Russia's food and environmental security]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk = Herald of the Russian Academy of Sciences.* 2015;85(1):3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22778257>
16. Sintsova N. F., Sergeeva Z. F. *Izuchenie kolleksionnykh sortov kartofelya po produktivnosti i ustoychivosti k boleznyam.* [Study of collection potato varieties on productivity and disease resistance]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East.* 2017;(3(58)):31-35. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29184739>

#### **Сведения об авторах**

**Синцова Нина Фёдоровна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5135-9978>

✉ **Лыскова Ирина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Фалёнская селекционная станция – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Тимирязева, д. 3, п. Фалёнки, Кировская область, Российская Федерация, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>

#### **Information about the authors**

**Nina F. Sintsova**, PhD in agriculture, senior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of «Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitskogo», Timiryazeva str., 3, s. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5135-9978>

✉ **Irina V. Lyskova**, PhD in agriculture, senior researcher, Falenki Breeding Station – Branch of «Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitskogo», Timiryazeva str., 3, s. Falenki, Kirov region, Russian Federation, 612500, e-mail: [fss.nauka@mail.ru](mailto:fss.nauka@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1079-3513>

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Оценка сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства по генам биосинтеза этилена с использованием молекулярных маркеров

© 2020. И. Н. Шамшин<sup>1</sup>✉, Д. Д. Тележинский<sup>2</sup>, А. В. Шлявас<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ФГБНУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», г. Мичуринск, Российская Федерация,

<sup>2</sup>ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>3</sup>ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Одним из направлений селекции яблони на Среднем Урале является создание сортов с длительной лежкостью плодов. Способность плодов яблони сохранять свои потребительские качества длительный период является одним из важных показателей сорта. Значительную роль при хранении плодов играет количество вырабатываемого в них этилена. В работе представлены результаты идентификации генов, вовлеченных в контроль биосинтеза этилена у сортов яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Всего проанализирован 21 сорт яблони. Основной задачей исследования было обнаружение аллелей *Md-ACO1-1* и *Md-ACSI-2* в гомозиготном состоянии. Сочетание этих аллелей в одном генотипе снижает выработку этилена в плодах, что способствует их длительной лежкости. Проведенный анализ показал наличие полиморфизма по двум исследуемым генам. Для гена *Md-ACO1* характерно наличие двух аллелей у большинства сортов. Аллель *Md-ACO1-1* в гомозиготном состоянии идентифицирован у сорта Исетское позднее. Анализ гена *Md-ACSI* выявил преобладание аллельной формы *Md-ACSI-1*. Аллельная форма *Md-ACSI-2* отмечена только у гетерозиготных образцов. Сочетание аллелей *Md-ACO1-1* и *Md-ACSI-2* в гомозиготном состоянии не обнаружено. Однако для селекционной работы представляют интерес и гетерозиготные формы. Они могут служить генисточником признака сниженного биосинтеза этилена при создании сортов с длительным сроком хранения. Такими сортами являются Сокол ясный, Аксена, Розоватое зимнее, Свердловчанин, Исетское позднее и Благая весть. Проведено сравнение сроков хранения плодов у генотипа сорта. Аллели, ассоциированные со сниженным уровнем биосинтеза этилена, характерны как для сортов с низкой, так и для сортов с высокой степенью лежкости.

**Ключевые слова:** гены синтеза этилена *Md-ACO* и *Md-ACS*, лежкость плодов, садоводство Среднего Урала

**Благодарности:** работа выполнена в рамках направления 150 Программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 гг. по теме «Разработка и совершенствование методов селекционной работы, создание исходного материала и адаптивных сортов зерновых, зернобобовых, кормовых, плодово-ягодных, декоративных культур и картофеля» (№0773-2019-0022) и проекта № 0662-2019-0004 «Коллекции вегетативно размножаемых культур (картофель, плодовые, ягодные, декоративные, виноград) и их диких родичей ВИР – изучение и рациональное использование».

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Шамшин И. Н., Тележинский Д. Д., Шлявас А. В. Оценка сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства по генам биосинтеза этилена с использованием молекулярных маркеров. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):706-712. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.706-712>

Поступила: 10.09.2020

Принята к публикации: 13.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Evaluation of apple varieties of the Sverdlovsk horticultural breeding station according to the ethylene biosynthesis genes using molecular markers

© 2020. Ivan N. Shamshin<sup>1</sup>✉, Dmitrii D. Telezhinskiy<sup>2</sup>, Anna V. Shlyavas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Michurinsk State Agrarian University, Michurinsk, Russian Federation,

<sup>2</sup>Ural Federal Agricultural Research Center, Ural Branch of the RAS, Yekaterinburg, Russian Federation,

<sup>3</sup>N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, St. Petersburg, Russian Federation

One of the directions of apple breeding in the Middle Urals is the development of varieties with a long-term storability. The ability of apples to maintain their consumer qualities for a long period is one of the most important indicators of the variety. A significant role in the storage of apples is played by the amount of ethylene produced in them. The paper presents

*the results of identification of genes involved in the control of ethylene biosynthesis in apple varieties selected by the Sverdlovsk horticultural breeding station. A total of 21 apple varieties were analyzed. The main objective of the study was to detect Md-ACO1-1 and Md-ACSI-2 alleles in the homozygous state. The combination of these alleles in one genotype reduces the production of ethylene in fruits, which contributes to their long-term storability. The analysis showed the availability of polymorphism in the two studied genes. The Md-ACO1 gene is characterized by the availability of two alleles in most varieties. The homozygous Md-ACO1-1 allele was identified in the Isetskoe pozdnee variety. Analysis of the Md-ACSI gene revealed the predominance of the Md-ACSI-1 allele form. The Md-ACSI-2 allelic form was observed only in heterozygous samples. No combination of Md-ACO1-1 and Md-ACSI-2 alleles was found in the homozygous state. However, heterozygous forms are also of interest for breeding. They can serve as a source of a character of reduced ethylene biosynthesis when creating varieties with a long-term storability. Such varieties are Sokol yasnyy, Aksena, Rozovatoe zimnee, Sverdlovchanin, Isetskoe pozdnee, Blagaya vest'. The comparison of fruit storage periods and the genotype of the variety has been made. Alleles associated with a reduced level of ethylene biosynthesis are typical both for the varieties with low and high storability.*

**Key words:** *Md-ACO and Md-ACS ethylene synthesis genes, storability of fruits, horticulture of the Middle Urals*

**Acknowledgement:** the research was performed within the framework of Direction 150 of the Program of the Basic Research Institute of State Academies of Sciences for 2013-2020 on the topic «Development and improvement of breeding methods, creation of source material and adaptive varieties of cereals, legumes, fodder, fruit and berry, ornamental crops and potatoes» (No. 0773-2019-0022), Project No. 0662-2019-0004 «Collections of Vegetatively Propagated Crops (Potato, Fruit, Berry and Ornamental Crops, Grapes) and Their Wild Relatives at VIR: Studying and Sustainable Utilization».

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Shamshin I. N., Telezhinskiy D. D., Shlyavas A. V. Evaluation of apple varieties of the Sverdlovsk horticultural breeding station according to the ethylene biosynthesis genes using molecular markers. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):706-712. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.706-712>

Received: 10.09.2020

Accepted for publication: 13.11.2020

Published online: 10.12.2020

Селекция яблони на Среднем Урале – относительно новое направление в отечественном плодоводстве. Суровый климат и отсутствие естественного ареала распространения дикорастущих видов яблони не способствовали развитию культуры выращивания и создания местных сортов вплоть до конца XIX века, когда отдельные садоводы-опытники начали попытки создания сортов яблони, приспособленных к местным условиям. В течение последних десятилетий сотрудниками Свердловской селекционной станции садоводства создан ряд уникальных сортов, адаптированных к условиям уральского региона. Эти сорта обладают высокой зимостойкостью, повышенной устойчивостью к абиотическим стрессорам и болезням. Одним из направлений селекции яблони на Среднем Урале является получение позднезимних и зимних сортов с продолжительным периодом хранения плодов [1].

Срок хранения плодов – одна из ключевых характеристик сорта яблони. Он зависит не только от сроков сбора, условий хранения и транспортировки плодов, но от биологических особенностей сорта. Сложная генетическая структура данного признака значительно затрудняет процесс создания новых генотипов с высокими показателями лежкости. Одним из путей решения данной проблемы является использование маркер-опосредованной селекции [2].

Для изучения генетического потенциала яблони по степени сохранности плодов создан ряд молекулярных маркеров. Они успешно применяются как в зарубежных, так и отечественных исследованиях [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

На срок хранения плодов значительно влияет количество эндогенного этилена. Установлено, что его синтез у растений зависит от двух ферментов 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатсинтаза (АСС-синтаза (ACS) и 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатоксидаза (АСО). За выработку этих ферментов отвечают две большие группы генов. Хорошо изучены из них два гена *Md-ACO* и *Md-ACS* [9, 12, 13, 14, 15, 16]. Наибольшее влияние на выработку этилена в плодах оказывает ген *Md-ACSI*, который имеет два аллельных варианта *Md-ACSI-1* и *Md-ACSI-2*. Аллель *Md-ACSI-2* связан со сниженным уровнем этилена, что обусловлено вставкой ретротранспозона в промотерной зоне [15, 9]. Два аллеля также были выявлены у локуса *Md-ACO*. Мутация сайта в третьем интроне является причиной низкого уровня экспрессии гена у аллеля *Md-ACO1-1* [15, 17, 18, 19].

**Цель работы** – провести анализ сортов яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства с использованием маркеров генов, вовлеченных в контроль биосинтеза этилена, и выявить генисточники ценного признака для дальнейшей селекционной работы.

**Материал и методы.** Для проведения молекулярно-генетического анализа использовали следующие методы. Выделение ДНК проводили из молодых листьев с использованием реагентов «Проба-НК» производства ООО «АгроДиагностика». Реакционная смесь для ПЦР объемом 15 мкл содержала: 20 нг ДНК, 1,5 мМ dNTP, 2,5 мМ MgSO<sub>4</sub>, 10 пМ каждого праймера, 1 ед. Taq-полимеразы и 10х стандартного ПЦР-буфера. Реакцию проводили с помощью прибора SimpliAmp (Life Technology) по программе: 94 °С – 2 мин;

35 циклов: 65 °С – 45 с, 72 °С – 2 мин, 94 °С – 45 с; 1 цикл: 65 °С – 45 с; 72°С – 10 мин. [15]. Продукты амплификации разделялись путем электрофореза в 2-процентном агарозном геле. После электрофореза гель анализировали в ультрафиолетовом свете с использованием трансиллюминатора. Оценку коллекционного материала проводили с применением ранее созданных молекулярных маркеров. При проведении реакции использованы последовательности праймерных пар, синтезированных ЗАО «Синтол», г. Москва (табл. 1).

**Таблица 1 – Последовательности праймерных пар, использованных в работе / Table 1 – Sequences of primer pairs used in the work**

Праймерные пары / Primer pairs	Последовательность / Sequence	Источник / Reference
Md-ACO1 F	5'-TCC CCC CAA TGC ACC ACT CCA-3'	[15]
Md-ACO1 R	5'-GAT TCC TTG GCC TTC ATA GCT TC-3'	
Md-ACSI F	5'AGAGAGATGCCATTTTTGTTCGTAC-3'	
Md-ACSI R	5'-CCTACAAACTTGCCTGG GGATTATAAGTGT-3'	

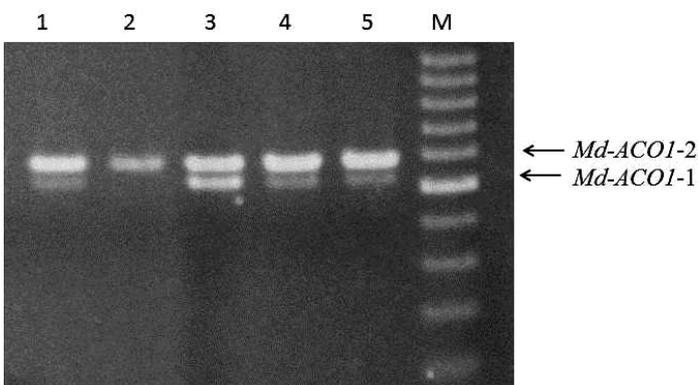
В качестве биологических объектов исследования использованы сорта селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Всего проанализирован 21 сорт яблони (табл. 2).

Оценку степени лежкости проводили с использованием холодильной камеры Ариада Рапсодия R1400M без регулируемой газовой среды при температуре +4 °С. Плоды анализируемых сортов яблони собирали в стадии технической зрелости, каждого сорта было собрано по 100 плодов, которые помещали в пластиковые контейнеры в 2 слоя, а затем

устанавливали в камеру. Окончание срока лежкости считали при потере товарных качеств у 10 % плодов. Срок хранения плодов оценивался на протяжении трех лет.

**Результаты и их обсуждение.** Для всех исследуемых образцов получены четкие воспроизводимые фрагменты (рис. 1, 2).

Анализ сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства по локусу *Md-ACO1* показал наличие двух аллельных вариантов гена *Md-ACO1-1* (525 пн) и *Md-ACO1-2* (587 пн) (рис 1, табл. 2).



**Рис. 1. Результаты идентификации гена *Md-ACO1* у сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства:**

1 – Аксена; 2 – Экранное; 3 – Розоватое зимнее; 4 – ВЭМ розовый; 5 – Соковое-3; М – маркер молекулярного размера 100 пн /

**Fig. 1. The results of the identification of the *Md-ACO1* gene in apple varieties of the Sverdlovsk horticultural breeding station: 1 – Aksena; 2 – Ekrannoe; 3 – Rozovatoe zimnee; 4 – VEM rozovyy; 5 – Sokovoe-3; M – molecular weight marker (100 bp)**

Большинство исследуемых образцов (15 сортов) являются гетерозиготами по данному локусу и несут оба аллеля. Гомозиготным по аллелю *Md-ACO1-1* является сорт Исетское

позднее. Образцы Папироянтарное, Розочка, Таватуй, Экранное, Краса Свердловска, Первоуральская – гомозиготы по аллелю *Md-ACO1-2*.

Таблица 2 – Распределение аллельных вариантов генов биосинтеза этилена у анализируемых сортов яблони и сроки их хранения /

Table 2 – Distribution of allelic variants of ethylene biosynthesis genes in the analyzed apple varieties and their storage periods

Сорт / Variety	Гены биосинтеза этилена (пн) / Ethylene biosynthesis genes (bp)				Лежкость плодов, дни / Storability of fruits, day
	Md-ACO1		Md-ACS1		
	Md-ACO1-1 (525 пн/bp)	Md-ACO1-2 (587 пн/bp)	Md-ACS1-1 (489 пн/bp)	Md-ACS1-2 (655 пн/bp)	
<i>Летнего срока созревания / Summer</i>					
Сокол ясный / Sokol yasnyy	+	+	+	+	27±6**
Аксена / Aksena	+	+	+	+	24±9
Серебряное копытце / Serebryanoe kopytse	+	+	+	–	34±16
Горнист / Gornist	+	+	+	–	26±5
Исеть белая / Iset' belaya	+	+	+	–	23±9
Папироянтарное / Papiroyantarnoe	–	+	+	–	24±8
Уральское розовое / Ural'skoe rozovoe	+	+	+	–	28±9
<i>Осеннего срока созревания / Autumn</i>					
Розочка / Rozochka	–	+	+	–	57±20
Соковое-3 / Sokovoe-3	+	+	+	–	31±15
Розоватое зимнее / Rozovatoe zimnee	+	+	+	+	59±17
Таватуй / Tavatuj	–	+	+	–	64±17
Экранное / Ekranное	–	+	+	–	121±32
Румянка свердловская / Rumyanka sverdlovskaya	+	+	+	–	115±35
Данила / Danila	+	+	+	–	57±5
Родниковая / Rodnikovaya	+	+	+	–	97±23
<i>Зимнего срока созревания / Winter</i>					
Свердловчанин / Sverdlovchanin	+	+	+	+	146±13
Исетское позднее / Iset'skoe pozdnee	+	–	+	+	171±15
Краса Свердловска / Krasa Sverdlovskaya	–	+	+	–	204±56
ВЭМ розовый / VEM rozovyy	+	+	+	–	177±19
Первоуральская / Pervoural'skaya	–	+	+	–	231±23
Благая весть / Blagaya vest'	+	+	+	+	280±44

\* «-» – отсутствие маркера / absence of the marker, «+» – наличие маркера / presence of the marker,

\*\* среднее значение / average; ± – ошибка среднего / average error.

■ – наличие у образца двух маркеров лежкости / the sample has two markers of storability

Предыдущий анализ сортов яблони отечественной и зарубежной селекции показал аналогичный результат. Так, при анализе 72 образцов ген *Md-ACO1* в гетерозиготном состоянии был идентифицирован у 56 [2]. Преобладание гетерозиготных форм отмечены

и при другом исследовании 48 сортов отечественной селекции [6]. Анализ 96 сортов российской народной селекции показал, что все они имеют в своем генотипе оба аллельных варианта гена *Md-ACO1*. В работе, проведенной О. Ю. Урбанович [8] с коллегами, был

проведен анализ 127 сортов яблони как отечественной, так и зарубежной селекции. Из них только 17 образцов имели аллель *Md-ACO1-1*. При этом два образца были гомозиготными. В исследованиях зарубежных сортов яблони отмечена немного иная картина. В работе Н. Nybom [4] отмечено, что при анализе 127 сортов яблони большинство образцов были гомозиготны по аллелю *Md-ACO1-2*. При этом анализировались и стародавние за-

рубежные сорта. Аналогичная картина наблюдалась и при исследовании 28 сортов корейской селекции. Из них 25 образцов были гомозиготны по аллелю *Md-ACO1-2* [20]

Анализ сортов Свердловской селекционной станции садоводства по локусу *Md-ACSI* позволил идентифицировать два аллельных варианта гена *Md-ACSI-1* (489 пн) и *Md-ACSI-2* (655 пн) (табл. 2, рис. 2).

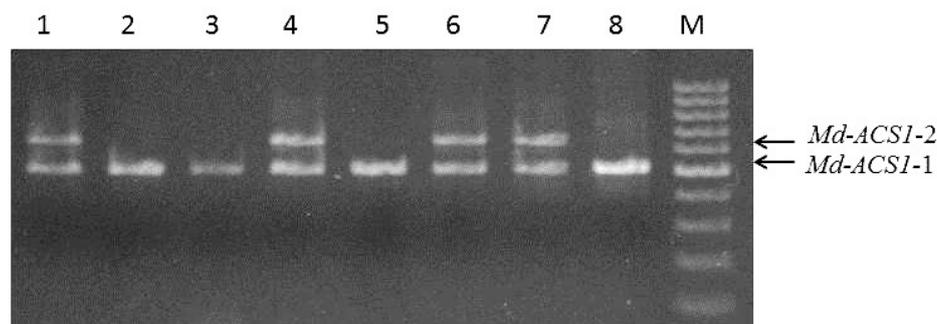


Рис. 2. Результаты идентификации гена *Md-ACSI* у сортов яблони Свердловской селекционной станции садоводства: 1 – Сокол ясный; 2 – Папироянтарное; 3 – Данила; 4 – Аксена; 5 – Экранное; 6 – Розоватое зимнее; 7 – Исетское позднее; 8 – Уральское розовое; М – маркер молекулярного размера 100 пн /

Fig. 2. The results of identification of the *Md-ACSI* gene in apple varieties of the Sverdlovsk horticultural breeding station: 1 – Sokol yasnyj; 2 – Papiroyantarnoe; 3 – Danila; 4 – Aksena; 5 – Ekrannoe; 6 – Rozovatoe zimnee; 7 – Isetskoe pozdnee; 8 – Ural'skoe rozovoe; M – molecular weight marker (100 bp)

Большинство сортов яблони (15 образцов) гомозиготны по аллелю *Md-ACSI-1*. Остальные генотипы являются гетерозиготами. Не выявлено гомозиготных форм по аллелю *Md-ACSI-2*.

Проведенный ранее анализ сортов яблони показал ряд закономерностей в распространении аллельных вариантов генов *Md-ACO1* и *Md-ACSI*. Н. Nybom [18] сообщает, что аллель 2 гена *Md-ACSI* встречался у сортов яблони, созданных до начала XIX века, с частотой 20 %. Затем частота его встречаемости увеличивается до 50 %, что свидетельствует о целенаправленном отборе сортов с этим аллелем.

В коллекциях отечественных сортов как стародавних, так и современных яблонь преобладает аллель 1. Аллель *Md-ACSI-2* в гомозиготном состоянии не встречается. В большинстве сортов данный ген представлен в гетерозиготном состоянии [2, 7, 8]. Аналогичная картина наблюдалась и при исследовании местных корейских сортов [20]. Однако у значительной части зарубежных сортов и ряда современных отечественных доля аллеля *Md-ACSI-2* увеличивается, что подтверждает ряд работ [3, 4, 6, 14, 15, 18, 19, 21, 22].

Исследуемые сорта яблони были проанализированы по срокам хранения плодов. Образцы разделены на три группы в зависимости от сроков созревания (табл. 2). Лежкость плодов сравнивали с результатами молекулярного анализа.

Первая группа – сорта летнего срока созревания. Продолжительность хранения плодов составляла порядка 30 дней. Аллели, ответственные за сниженную выработку этилена, идентифицированы у двух сортов Сокол ясный и Аксена, которые являются гетерозиготными по двум анализируемым локусам. У остальных образцов из этой группы аллель *Md-ACSI-2* отсутствует. Кроме того, у сорта Папироянтарное не выявлено и аллели *Md-ACO1*. При этом, вне зависимости от аллельного состояния генов биосинтеза этилена, срок хранения для всех летних сортов был одинаков.

Сорта осеннего срока созревания, входящие во вторую группу, хранились от 30 до 120 дней. Минимальную лежкость имеет сорт Соковое-3 (31 день), а максимальную – сорта Экранное и Румянка свердловская (121 и 115 дней соответственно). Аллели *Md-ACO1-1* и *Md-ACSI-2* идентифицированы у сорта

Розоватое зимнее. У образцов Розочка, Таватуй и Экранное аллели *Md-ACO1-1* и *Md-ACSI-2* отсутствовали. При этом срок хранения этих сортов был больше, чем у тех, которые эти аллели имели.

Плоды яблони зимнего срока созревания имели различную лежкость. Она варьировала от 146 дней у сорта Свердловчанин до 280 дней у сорта Благая весть. Аллели *Md-ACO1* и *Md-ACSI-2* выявлены у трех сортов: Свердловчанин, Исетское позднее и Благая весть. Не идентифицированы они у сортов Краса Свердловска и Первоуральская. В этой группе также нет связи лежкости с аллельным состоянием генов биосинтеза этилена.

В целом аллели, ассоциированные со сниженным уровнем биосинтеза этилена, характерны как для сортов с низкой, так и для сортов с высокой степенью лежкости. Аналогичные результаты были отмечены и в других работах [8]. Однако среди исследуемых образцов не идентифицировано ни одного сорта гомозиготного по всем аллелям сниженного биосинтеза этилена. Возможно, что наличие

только дефектных вариантов гена в генотипе влияет на увеличение лежкости плодов, что подтверждается оригинальной работой F. Costa [15].

**Заключение.** Проведенные исследования показали, что в сортах яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства не выявлены генотипы с аллелями *Md-ACO1-1* и *Md-ACSI-2* в гомозиготном состоянии. В большинстве анализируемых сортов гены биосинтеза этилена представлены двумя аллельными вариантами. При сравнении продолжительности хранения и аллельного состояния генов не установлено зависимости лежкости от генотипа. Однако анализ с использованием молекулярных маркеров выявил генисточники признака, вовлеченного в контроль продолжительной сохранности плодов. Перспективными для селекции являются образцы гетерозиготные по генам *Md-ACO1* и *Md-ACSI*. Всего выявлено 6 таких сортов: Сокол ясный и Аксена – сорта летнего срока созревания; Розоватое зимнее – осеннего срока созревания; Исетское позднее и Благая весть – зимнего срока созревания.

#### References

1. Котов Л. А. Селекционная работа по яблоне на Среднем Урале. Современное садоводство. 2019;(2):13-21. DOI: <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10203>
2. Котов Л. А. *Selektsionnaya rabota po yablone na Srednem Urale*. [Apple breeding in the middle Urals]. *Sovremennoe sadovodstvo* = Cotemporary horticulture. 2019;(2):13-21. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2312-6701-2019-10203>
3. Савельев Н. И., Шамшин И. Н., Кудрявцев А. М. Генетический полиморфизм исходных форм яблони по аллелям генов длительной лежкости и качества плодов. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2014;(3):17-20. Режим работы: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21509205>
4. Savel'ev N. I., Shamshin I. N., Kudryavtsev A. M. *Geneticheskiy polimorfizm iskhodnykh form yabloni po allelyam genov dlitel'noy lezhkosti i kachestva plodov*. [Apple for the alleles of genes of shelf life and quality of fruits]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* = Reports of the Russian Academy of agricultural sciences. 2014;(3):17-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21509205>
5. Costa F., Cappellin L., Farneti B., Tadiello A., Romano A., Soukoulis C., Sansavini S., Velasco R., Biasioli F. Advances in QTL mapping for ethylene production in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Postharvest Biology and Technology*. 2014;87:126-132. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.08.013>
6. Nybom H., Ahmadi-Afzadi M., Sehic J., Hertog M. DNA marker-assisted evaluation of fruit firmness at harvest and post-harvest fruit softening in a diverse apple germplasm. *Tree Genetics & Genomes*. 2013;9:279-290. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11295-012-0554-z>
7. Sladana M., Milan L. Determination of ETR1 genotypes in promising apple selections developed at Fruit Research Institute – Čačak. *Genetika*. 2013;45(1):189-196. DOI: <https://doi.org/10.2298/GENSR1301189M>
8. Suprun I. I., Tokmakov S. V. Allelic diversity of ethylene biosynthesis-related *Md-ACSI* and *Md-ACO1* genes in the Russian apple germplasm. *Russian Journal of Genetics: Applied Research*. 2013;3:451-454. DOI: <https://doi.org/10.1134/S2079059713060105>
9. Шамшин И. Н., Шлявас А. В., Трифонова А. А., Борис К. В., Кудрявцев А. М. Полиморфизм генов биосинтеза этилена и экспансина уместных и стародавних сортов яблони (*Malus domestica* Borkh.) из коллекции генетических ресурсов растений ВИР. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(6):660-666. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.408>
10. Shamshin I. N., Shlyavas A. V., Trifonova A. A., Boris K. V., Kudryavtsev A. M. Ethylene and expansin biosynthesis related genes polymorphism in local apple (*Malus domestica* Borkh.) cultivars from VIR collection of plant genetic resources. *Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Seleksii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(6):660-666. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.408>
11. Урбанович О. Ю., Козловская З. А., Заблочкая Е. А., Картель Н. А. Аллельный состав генов *Md-ACO1*, *Md-ACSI* и *Md-Exp7* сортов яблони (*Malus domestica* Borkh.) с различным сроком хранения плодов. Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя біялагічных навук. 2013;(3):47-55. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25378568>
12. Urbanovich O. Yu., Kozlovskaya Z. A., Zablotskaya E. A., Kartel' N. A. *Allel'nyy sostav genov Md-ACO1, Md-ACSI i Md-Exp7 sortov yabloni (Malus domestica Borkh.) s razlichnym srokom khraneniya plodov*. [Allelic diversity of Md-ACSI, Md-ACO1 and Md-EXP7 genes of apple cultivars (*Malus x domestica*) with different storability]. *Izvestiya Natsional'noy akad-*

*emii nauk Belarusi. Seriya biologicheskikh nauk* = Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Biological series. 2013;(3):47-55. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25378568>

9. Dougherty L., Zhu Y., Xu K. Assessing the allelotypic effect of two aminocyclopropane carboxylic acid synthase-encoding genes *MdACS1* and *MdACS3a* on fruit ethylene production and softening in *Malus*. *Hortic Res.* 2016;3:16024. DOI: <https://doi.org/10.1038/hortres.2016.24>

10. Chen H., Shao H., Fan S., Ma J., Zhang D., Han M. Identification and phylogenetic analysis of the POLYGALACTURONASE gene family in apple. *Horticultural Plant Journal.* 2016;2(5):241-252. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.01.004>

11. Chang H. Y., Tong C. Identification of Candidate Genes Involved in Fruit Ripening and Crispness Retention Through Transcriptome Analyses of a 'Honeycrisp' Population. *Plants.* 2020;9(10):1335. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9101335>

12. Sunako T., Sakuraba W., Senda M., Akada S., Ishikawa R., Niizeki M., Harada T. An allele of the ripening-specific 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid synthase gene (*ACS1*) in apple fruit with a long storage life. *Plant Physiology.* 2000;119(4):1297-1304. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.119.4.1297>

13. Bleecker A. B., Kende H. Ethylene: a gaseous signal molecule in plants. Annual review of cell and developmental biology. 2000;16(1):1-18. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.cellbio.16.1.1>

14. Harada T., Sunako T., Wakasa Y., Soejima J., Satoh T., Niizeki M. An allele of the 1-aminocyclopropane-1-carboxylate synthase gene (*Md-ACS1*) accounts for the low level of ethylene production in climacteric fruits of some apple cultivars. *Theoretical and Applied Genetics.* 2000;101(5-6):742-746. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001220051539>

15. Costa F., Stella S., Van de Weg W. E., Guerra W., Cecchin M., Dallavia J., Sansavini S. Role of the genes *Md-ACO1* and *Md-ACS1* in ethylene production and shelf life of apple (*Malus domestica* Borkh.). *Euphytica.* 2005;141(1-2):181-190. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-005-6805-4>

16. Defilippi B. G., Kader A. A., Dandekar A. M. Apple aroma: alcohol acyltransferase, a rate limiting step for ester biosynthesis, is regulated by ethylene. *Plant Science.* 2005;168(5):1199-1210. URL: <https://www.ucanr.edu/datastoreFiles/234-449.pdf>

17. Costa F., Peace C. P., Stella S., Serra S., Musacchi S., Bazzani M., Van de Weg W.E. QTL dynamics for fruit firmness and softening around an ethylene-dependent polygalacturonase gene in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Journal of Experimental Botany.* 2010;61(11):3029-3039. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erq130>

18. Nybom H., Sehic J., Garkava-Gustavsson L. Modern apple breeding is associated with a significant change in the allelic ratio of the ethylene production gene *Md-ACS1*. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology.* 2008;83(5):673-677. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2008.11512442>

19. Zhu Y., Barritt B. H. *Md-ACS1* and *Md-ACO1* genotyping of apple (*Malus domestica* Borkh.) breeding parents and suitability for marker-assisted selection. *Tree genetics & genomes.* 2008;4(3):555-562. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11295-007-0131-z>

20. Kwon Y. S., Kwon S. I., Kim S. A., Kweon H. J., Yoo J., Ryu S., Kim J. H. Estimation of storability for Korean apples (*Malus domestica*) using *Md-ACS1* and *Md-ACO1* DNA marker. *Korean J. Food Preserv.* 2017;24(7):891-897. DOI: <https://doi.org/10.11002/kjfp.2017.24.7.891>

21. Oraguzie N. C., Iwanami H., Soejima J., Harada T., Hall A. Inheritance of the *Md-ACS1* gene and its relationship to fruit softening in apple (*Malus domestica* Borkh.). *Theoretical and Applied Genetics.* 2004;108(8):1526-1533. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-003-1574-8>

22. Oraguzie N. C., Volz R. K., Whitworth C. J., Bassett H. C., Hall A. J., Gardiner S. E. Influence of *Md-ACS1* allelotype and harvest season within an apple germplasm collection on fruit softening during cold air storage. *Postharvest biology and technology.* 2007;44(3):212-219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.12.013>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Шамшин Иван Николаевич**, кандидат биол. наук, заведующий лабораторией молекулярно-генетического анализа плодовых растений, ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет», ул. Интернациональная, д. 101, г. Мичуринск, Тамбовская область, Российская Федерация, 393760, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4464-1876>, e-mail: [ivan\\_shamshin@mail.ru](mailto:ivan_shamshin@mail.ru)

**Тележинский Дмитрий Дмитриевич**, старший научный сотрудник структурного подразделения «Свердловская селекционная станция садоводства», ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского, д. 116 а, Екатеринбург, Российская Федерация, 620142, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4783-2029>, e-mail: [ddt77@list.ru](mailto:ddt77@list.ru)

**Шлявас Анна Владимировна**, младший научный сотрудник отдела генетических ресурсов плодовых культур, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 42, 44, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8009-6780>, e-mail: [ann2668@yandex.ru](mailto:ann2668@yandex.ru)

#### **Information about the authors**

✉ **Ivan N. Shamshin**, PhD in Biology, Head of the Laboratory of Molecular-Genetic Analysis of Fruit Plants, Michurinsk State Agrarian University, Internationalnaya str., 101, Michurinsk, Tambov region, Russian Federation, 393760, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4464-1876>, e-mail: [ivan\\_shamshin@mail.ru](mailto:ivan_shamshin@mail.ru)

**Dmitry D. Telezhinskiy**, senior researcher of structural subdivision «Sverdlovsk horticultural breeding station», Ural Federal Agricultural Research Center, Ural Branch of the RAS 116 a, Belinsky Street, Ekaterinburg, Russian Federation, 620142, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-4783-2029>, e-mail: [ddt77@list.ru](mailto:ddt77@list.ru)

**Anna V. Shlyavas**, junior researcher, the Department of Fruit Crops Genetic Resources, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Bolshaya Morskaya Str., 42, 44, St. Petersburg, Russian Federation, 190000, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-8009-6780>, e-mail: [ann2668@yandex.ru](mailto:ann2668@yandex.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Клональное микроразмножение декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench)

© 2020. Т. Г. Леконцева✉, А. В. Федоров

ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского  
отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Российская Федерация

*Исследования посвящены разработке технологии клонального микроразмножения декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench). Концентрация 2,0 мг/л цитокинина 6-бензиламинопурина (6-БАП) способствовала получению максимального количества микропобегов: 6,3 и 7,9 шт. на средах Андерсона и Мурасиге-Скуга (MS) соответственно, что превосходило контроль на 4,7 и 6,3 шт. ( $HSP_{05} = 2,3$ ). Наибольшая длина побегов была отмечена на безгормональных средах, с увеличением содержания 6-БАП данный показатель существенно снижался. На средах Андерсона и MS с 1,0 мг/л 6-БАП длина побегов в среднем составила 21,5 и 26,4 мм соответственно, что позволило пересадить их на укоренение, минуя высадку на среду для элонгации. Включение в состав среды MS микроудобрения «Силиплант» в дозах 1,0 и 2,0 мг/л способствовало существенному увеличению размеров побегов на 16,7 и 10,7 мм ( $HSP_{05} = 8,9$ ) соответственно в сравнении с контролем (MS). В качестве среды для ризогенеза рекомендуется использовать среду Андерсона и 0,5 мг/л индолил-3-уксусной кислоты: через две недели культивирования регенеранты имели стандартный вид с развитыми корнями, пригодными для высадки на адаптацию. На этапе адаптации полив субстрата биофунгицидом «Триходерма вериде» согласно инструкции и однократное опрыскивание злаков микроудобрением «Силиплант» в дозе 1,5 мг/л способствовали их 100 % приживаемости.*

**Ключевые слова:** декоративная трава, *Molinia caerulea*, Силиплант, оздоровление, клонирование, стерилизация, питательная среда, адаптация, *in vitro*, регенерант, субстрат

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № НИОКТР АААААА-А18-118031390077-4).

Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Клональное микроразмножение декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(6):713-720. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.713-720>

Поступила: 20.10.2020 Принята к публикации: 25.11.2020 Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Clonal micropropagation of decorative cereal *Molinia caerulea* (L.) Moench

© 2020. Tatyana G. Lekontseva✉, Alexander V. Fedorov

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy  
of Sciences, Izhevsk, Russian Federation

*The research is devoted to the development of clonal micro-propagation technology of the decorative cereal *Molinia caerulea* (L.) Moench. The concentration of 2.0 mg/l of cytokinin 6-benzylaminopurine (6-BAP) contributed to obtaining the maximum number of microshoots: 6.3 and 7.9 pcs. on Anderson's and Murashige-Skoog's (MS) media, respectively, which exceeded the control (by 4.7 and 6.3, respectively, with  $LSD_{05} = 2.3$ ). The length shoots were observed on hormone-free media, this indicator significantly decreased with an increase in 6-BAP content. On Anderson and MS media with 1.0 mg/l 6-BAP, the shoot length averaged 21.5 and 26.4 mm, respectively, which made it possible to transplant them for rooting, bypassing planting on a medium for elongation. The inclusion of the Siliplant micro-fertilizer in the MS medium at doses of 1.0 and 2.0 ml/l contributed to a significant increase in shoot size, by 16.7 and 10.7 mm ( $LSD_{05} = 8.9$ ), respectively, in comparison with the control (MS). It is recommended to use Anderson's medium and 0.5 mg/l of indole-3-acetic acid as a medium for rhizogenesis: after two weeks of cultivation, the regenerants had a standard appearance with developed roots suitable for planting for adaptation. At the adaptation stage, watering the substrate with the biofungicide «Trichoderma veride» according to the instructions and a cereals single spraying with the micro-fertilizer «Siliplant» at a dose of 1.5 ml/l contributed to their 100 % survival rate.*

**Keywords:** decorative grass, *Molinia caerulea*, Siliplant, recovery, cloning, sterilization, nutrient medium, adaptation, *in vitro*, regenerant, substrate

**Acknowledgments:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. АААААА-А18-118031390077-4).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

*For citation:* Lekontseva T. G., Fedorov A. V. Clonal micropropagation of decorative cereal *Molinia caerulea* (L.) Moench. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6) 713-720. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.713-720>

Received: 20.10.2020

Accepted for publication: 25.11.2020 Published online: 10.12.2020

Природный стиль – устойчивый тренд современного озеленения. Неотъемлемой частью садово-парковых композиций природного стиля являются декоративные злаки семейства Мятликовые. Злаковые культуры распространены по всей территории Российской Федерации, имеют большое разнообразие как внешнее, так и ботаническое. Одним из многочисленных плюсов использования злаков в озеленении является то, что они не требуют особого ухода и устойчивы к вредителям и болезням. Представители этого семейства отлично уживаются с другими культурами, что позволяет их применять в разнообразных комбинациях миксбордеров, альпийских горок, при создании садов злаковых трав, в одиночных посадках [1, 2].

Традиционный способ размножения сортовых декоративных злаков вегетативный – делением корневищ. Однако данный способ является трудоемким, малопродуктивным, подразумевает содержание маточных растений, школки для доращивания и т. д. Также есть риск попадания семенного материала злака при его созревании на маточные насаждения, что не гарантирует сортовую чистоту получаемых саженцев. Биотехнология стала важной альтернативой основным способам размножения. Биотехнологические приемы, в том числе методы клонального микроразмножения, позволяют ускорить размножение ценных генотипов и получить оздоровленный безвирусный посадочный материал<sup>1</sup> [3].

Особенно важным для технологии размножения *in vitro* любой культуры является подбор регуляторов роста. Известно, что рост и развитие растения, прохождение этапов онтогенеза регулируется сложной системой баланса фитогормонов<sup>2</sup>. Применение регуляторов роста из групп цитокининов и ауксинов и варьирование их соотношением в процессе культивирования позволяет сдвинуть рост и развитие в желаемом направлении. Из цитокининов наиболее часто используют 6-бензил-аминопуридин (6-БАП), а из ауксинов – индолил-3-уксусную кислоту (ИУК). При этом почти

каждый новый объект требует корректировки этих количеств<sup>3</sup>.

После выращивания растений *in vitro*, их адаптация к условиям почвы нередко вызывает затруднения и приводит к гибели растений, полученных в стерильных условиях. В связи с этим актуальным является использование веществ, способствующих улучшению адаптации регенерантов. В качестве таких веществ могут быть использованы соединения кремния, представленные в препаратах «НВ-101», «Черказ», «Мелафен», «Силиплант», «Биокремний» и других.

Кремний выполняет множество функций в растительном организме: оказывает влияние на рост и развитие, урожайность и его качество, повышает эффективность фотосинтеза и активность корневой системы, особую и удивительную роль играет в повышении устойчивости растений к стрессам различной природы (как биотическим, так и абиотическим) [4, 5].

Применение кремнийсодержащих препаратов при клональном микроразмножении растений изучено недостаточно, поэтому исследования в этом направлении являются актуальными. При культивировании микрочеренков *in vitro* создаются контролируемые условия: асептическая питательная среда; строго заданная рецептура среды с определенным химическим составом и кислотностью; оптимальная влажность; температурный режим и освещенность. Микрочеренки и микрорастения находятся в строго контролируемых условиях. Особую роль кремниевые препараты могут сыграть при выведении микрорастений на адаптацию, когда они испытывают сильнейший стресс по отношению к условиям окружающей среды.

Положительные результаты получены при использовании микроудобрения «Силиплант» при адаптации микрорастений жимолости синей, роз [6, 7, 8].

В исследованиях А. Н. Реброва [9] показано положительное влияние «Мелафена» на адаптацию микрорастений винограда, М. Г. Марковой, Е. Н. Сомовой – «НВ-101» на адаптацию микрорастений жимолости синей.

<sup>1</sup>Баранова О. Г. Основы микроразмножения редких растений: учебно-методическое пособие. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2009. 64 с.

<sup>2</sup>Там же.

<sup>3</sup>Баранова О. Г. Указ. соч.

Совместное применение «Силипланта» и «ЭкоФуса» при клональном микроразмножении земляники садовой в составе питательной среды при освещении экспериментальными облучателями способствовало увеличению коэффициента размножения в 1,7 раза [11]. Введение в состав питательной среды MS «Силипланта» вместо комплекса микроэлементов дало положительные результаты при микроразмножении роз [12]. Таким образом, предварительные исследования показали, что кремнийсодержащие препараты оказывают положительное влияние при клональном микроразмножении растений.

Исследования по теме клонального микроразмножения декоративных злаков являются актуальными и востребованными по причине развития садово-парковых композиций природного стиля.

**Цель исследований** – разработка технологии производства посадочного материала декоративного злака молинии голубой на основе *in vitro*.

**Материал и методы.** Объектом исследования служили микропобеги декоративного злака молинии голубой (*Molinia caerulea* (L.) Moench) сорта Heidebraut.

В качестве исходных эксплантов для введения в стерильную культуру использовали одиночные побеги, полученные нами в период начала их роста в весеннее время. Для удаления поверхностной загрязненности побеги промывали в течение 30 минут под проточной водой и 20-30 минут обрабатывали в мыльном растворе с 2-3 каплями «Лока» (универсальное многофункциональное чистящее средство L.O.C., Amway). Стерилизацию побегов проводили в условиях ламинар-бокса в концентрированной перекиси водорода (33 %) в течение 8-10 минут с последующей 5-кратной промывкой стерильной дистиллированной водой. Экспланты высаживали в биологические пробирки с агаризованной питательной средой Андерсона, дополненной 6-БАП в концентрации 0,2 мг/л. Дальнейшее культивирование проводили на средах Андерсона и Мурасиге-Скуга с различным содержанием 6-БАП в стеклянных банках объемом 100-150 мл в светоконате освещенностью 1,5-2,0 клк при

температуре 25±2 °С, фотопериод 16 часов. Продолжительность каждого субкультивирования составляла 30-35 суток.

Среду MS использовали в опыте следующего состава: макро-, микроэлементы и Fe-хелат по MS<sup>4</sup>, мезоинозит – 100,0, глицин – 4,0, никотиновая кислота, тиамин, пиридоксин по 0,5 мг/л, аскорбиновая кислота – 1,0 мг/л, сахароза – 25,0, агар-агар – 4,2 г/л, pH – 5,6-5,8. Данная среда характеризуется как богатая, соотношение аммиачной и нитратной форм азота в ней оптимально для процессов органоге́неза [13].

Среда Андерсона по содержанию элементов питания характеризуется как бедная. Содержание макро-, микроэлементов и Fe-хелат по Андерсону<sup>5</sup>, мезоинозит – 100,0, глицин – 1,0, никотиновая кислота, тиамин, пиридоксин по 0,5 мг/л, аскорбиновая кислота – 1,0 мг/л, сахароза – 20,0, агар-агар – 4,2 г/л, pH – 5,2-5,4.

Коэффициент размножения учитывали как количество микропобегов, полученных за одно субкультивирование от одного микрочеренка. Определяли морфометрические показатели растений (длину побегов и корней) через 3-4 недели культивирования.

Для ризоге́неза применяли среды Андерсона и MS с половинной концентрацией макроэлементов, концентрация ауксина – индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) – 0,5 мг/л.

Для адаптации злаков также была применена технология, отработанная нами при адаптации микросаженцев роз с использованием микроудобрения «Синиплант» [12]. Для оценки её эффективности рассчитывали процентное соотношение выживших регенерантов к общему количеству высаженных в субстрат.

«Силиплант» (производство НЭСТ-М, Россия) – это кремнийсодержащее удобрение, в состав которого, кроме кремния (7 %) и калия (1 %), входят в легко доступной для растений хелатной форме микроэлементы (мг/л): Fe – 300; Mg – 100; Cu – 70-240; Zn – 80; Mn – 150; Co – 15; B – 90. Гибберелловую кислоту (ГК) использовали в составе питательной среды с целью увеличения размеров микрочеренков, который способствует увеличению длины побегов путем растяжения клеток.

<sup>4</sup>Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia plantarum*. 1962;15:473-497.

URL: [http://priede.bf.lu.lv/groz/AuguFiziologijas/Augu\\_audu\\_kulturas\\_MAG/literatura/03\\_Murashige%20Skoog1962.pdf](http://priede.bf.lu.lv/groz/AuguFiziologijas/Augu_audu_kulturas_MAG/literatura/03_Murashige%20Skoog1962.pdf)

<sup>5</sup>Anderson W. C. A revised tissue culture medium for shoot multiplication of rhododendron. *J. Amer.Soc. Hort. Sci.* 1984;109:343-347.

Опыты проводили в 3-кратной повторности, в каждом варианте анализировали не менее 30-60 микропобегов и регенерантов. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом по Б. А. Доспехову<sup>6</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Процесс клонального микроразмножения принято делить на несколько этапов. Первый этап – эксплантирование исходной ткани растения и получение хорошо растущей стерильной культуры. Второй этап – собственно микроразмножение, т. е. максимальное увеличение количества меристематических клонов, основанное на пролиферации почек и побегов. Третий этап – укоренение размноженных побегов и последующая адаптация к нестерильным условиям внешней среды<sup>7</sup>.

Этап введения побегов молинии голубой в культуру *in vitro* является сложным ввиду того, что в качестве эксплантов используют побеги, выращенные в почве и, следовательно, обсемененные различными микроорганизмами.

Применение стандартной технологии подготовки побегов и стерилизация в условиях ламинар-бокса в концентрированной перекиси водорода (33 %) в течение 8-10 минут с последующей 5-кратной промывкой стерильной дистиллированной водой позволили получить 15 % стерильных эксплантов. По-видимому, высокая инфицированность эксплантов связана с особенностями морфологии злаковых растений – расположением побегов в период отрастания в почвенном слое, где высокая концентрация микроорганизмов.

С целью подбора оптимальной среды для микроразмножения молинии голубой были использованы питательные среды MS и модифицированная Андерсона, дополненные цитокинином 6-БАП в вариантах концентрации 1,0, 2,0 и 3,0 мг/л.

Во всех вариантах питательных сред отмечали хорошее развитие и частичное укоренение побегов (табл. 1).

**Таблица 1 – Коэффициент размножения молинии голубой сорта Heidebraut в зависимости от состава питательной среды, шт/черенок /**

**Table 1 – Reproduction coefficient of Maliniacaerulea Heidebraut variety, depending on nutrient medium composition, pcs/cutting**

Вариант среды (фактор A) / Environment variant (factor A)	Концентрация 6-БАП, мг/л (фактор B) / Density 6-BAP, mg/l (factor B)				Среднее по фактору A / Average by factor A	Отклонение / Deviation
	0 (K)	1,0	2,0	3,0		
Андерсона (K) / Anderson (K)	1,6	2,4	6,3	4,4	3,7	-
Мурасиге-Скуга / MS Medium	1,6	4,4	7,9	5,2	4,8	+1,1
Среднее по фактору B / Average by factor B	1,6	3,4	7,1	4,8	-	-
Отклонение / Deviation	-	+1,8	+5,5	+3,2	-	-

НСР<sub>05</sub> / LSD<sub>05</sub> частных различий / specific differences 2,3  
по фактору A / by factor A 1,1; по фактору B / by factor B 2,0

Концентрация цитокинина 2,0 мг/л способствовала получению максимального количества микропобегов: на среде Андерсона – 6,3, на среде MS – 7,9 шт/черенок соответственно, что существенно превосходило контроль (на 4,7 и 6,3 шт/черенок соответственно при НСР<sub>05</sub> = 2,3). С повышением содержания 6-БАП до 3,0 мг/л эффективность микроразмножения ухудшалась, но была выше, чем в контроле и при добавлении 1,0 мг/л 6-БАП.

В целом содержание цитокинина 2,0 и 3,0 мг/л на двух исследуемых средах способствовало получению значительно большего

количества микропобегов по сравнению с контролем (на 5,5 и 3,2 шт/черенок соответственно при НСР<sub>05</sub> = 2,0). Среда MS превосходила по этому показателю среду Андерсона (в среднем на 1,1 шт/черенок при НСР<sub>05</sub> = 1,1). Таким образом, оптимальная питательная среда для этапа собственного микроразмножения молинии голубой Heidebraut – MS с 2,0 мг/л 6-БАП.

Микропобеги, высаженные на безгормональные среды MS и Андерсона, имели высокую укореняемость (50,0 и 83,3 % соответственно) и были готовы для высадки на адаптацию.

<sup>6</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1968. 336 с.

<sup>7</sup>Баранова О. Г. Указ. соч.

Регенеранты, выращенные на среде MS, превосходили регенеранты, полученные на среде Андерсона, по габитусу. Однако развитие корней на среде Андерсена было лучше (рис. 1). Это могло быть обусловлено тем, что среда MS характеризуется высокой концентрацией азота, что снижает интенсивность корнеобразовательных процессов [13].

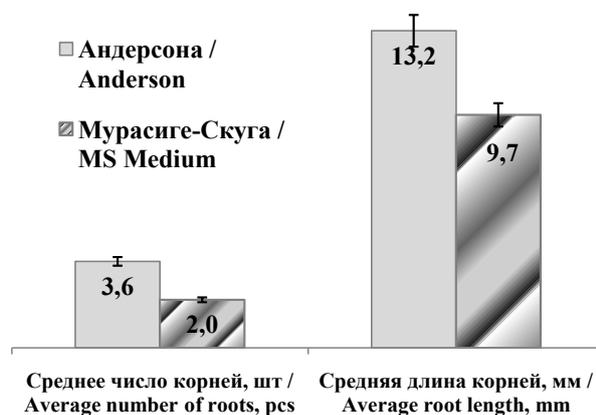


Рис. 1. Корнеобразование на безгормональных питательных средах молинии голубой сорта Heidebraut / Fig. 1. Root formation on hormone-free nutrient media of *Molinia caerulea* Heidebraut

Развитие побегов на разных питательных средах отличалось (табл. 2). Наибольшая длина побегов была отмечена на безгормональных средах, с увеличением содержания цитокинина данный показатель существенно снижался. Побеги длиной 20,0-25,0 мм можно высаживать на среду для укоренения, минуя высадку на среду для элонгации. На средах MS и Андерсона с содержанием 6-БАП 1,0 мг/л длина побегов составила 26,4 и 21,5 мм соответственно. Таким образом, они были готовы для пересадки на укоренение, что позволяет сэкономить на питательной среде и увеличивает эффективность работы по размножению *in vitro*. Визуально микропобеги на среде MS выглядели лучше: имели насыщенно зеленый цвет и оптимальные размеры для укоренения (16,5 мм на среде с 2,0 мг/л 6-БАП и 29,7 мм на контрольной среде без гормонов).

Таким образом, применение для размножения молинии голубой сорта Heidebraut питательных сред Андерсона и MS с содержанием 1,0 мг/л 6-БАП позволяет высаживать черенки на укоренение, минуя высадку на среду для элонгации.

Таблица 2 – Длина микропобегов молинии голубой сорта Heidebraut, мм / Table 2 – Microshoots length of *Molinia caerulea* Heidebraut, mm

Вариант среды (фактор А) / Environment variant (factor A)	Концентрация 6-БАП, мг/л (фактор В) / Density 6-BAP, mg/l (factor B)				Среднее по фактору А / Average by factor A	Отклонение / Deviation
	0 (К)	1,0	2,0	3,0		
Андерсона (К) / Anderson (K)	32,3	21,5	12,4	20,0	21,6	-
Мурасиге-Скуга / MS Medium	29,7	26,4	16,5	18,6	22,8	+1,2
Среднее по фактору В / Average by factor B	31,0	24,0	14,5	19,3	-	-
Отклонение / Deviation	-	-7,0	-16,5	-11,7	-	-

НСР<sub>05</sub> / LSD<sub>05</sub> частных различий / specific differences 8,3 по фактору А / by factor A 4,2; по фактору В / by factor B 5,8

С целью увеличения размеров побегов базовую среду MS с 6-БАП 0,2 мг/л модифицировали путем введения в состав микроудобрения «Силиплант» и гибберелловой кислоты.

«Силиплант» в составе питательной среды способствовал увеличению длины побегов по сравнению с контролем (табл. 3). Существенное увеличение исследуемого параметра получено в вариантах питательных сред с применением «Силипланта» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л, на 16,7 и 10,7 мм соответственно (НСР<sub>05</sub> = 8,9).

Прирост черенков также был выше в вариантах с «Силиплантом» на 7,8 и 11,1 мм

соответственно при НСР<sub>05</sub> = 7,4. В то время как коэффициент размножения был больше на средах с ГК, однако разница была несущественна.

Таким образом, для элонгации побегов в состав среды MS можно рекомендовать включение микроудобрения «Силиплант» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л.

Для ризогенеза микропобеги высаживали на среды MS с половинной концентрацией макросолей и Андерсона, концентрация ИУК 0,5 мг/л. На питательной среде Андерсона через две недели культивирования регенеранты имели стандартный вид с развитыми корнями, пригодными для высадки на адаптацию.

Таблица 3 – Влияние добавок «Силиплант» и ГК на морфометрические параметры побегов молинии голубой сорта Heidebraut / Table 3 – Influence of additives "Siliplant" and gibberellic acid on the shoots morphometric parameters of *Molinia caerulea* Heidebraut

Вариант среды / Environment variant	Морфометрические параметры / Morphometric parameters					
	длина, мм / length, mm	отклонение / deviation	прирост, мм / growth, mm	отклонение / deviation	коэфф. размножения, шт/черенок / reproduction coefficient, pcs/cutting	отклонение / deviation
MS (К)	23,1	-	12,6	-	2,1	-
MS + Силиплант 1,0 мл/л / MS + Siliplant 1,0 ml/l	39,8	+16,7	20,4	+7,8	1,7	-0,4
MS + Силиплант 2,0 мл/л / MS + Siliplant 2,0 ml/l	33,8	+10,7	23,7	+11,1	2,2	+0,1
MS + ГК 1,0 мг/л / MS + GA 1,0 ml/l	28,2	+5,1	14,9	+2,3	2,4	+0,3
MS + ГК 2,0 мг/л / MS + GA 2,0 mg/l	26,0	+2,9	12,5	-0,1	2,6	+0,5
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	8,9	-	7,4	-	0,7

Заключительным и наиболее трудоемким этапом при клональном микроразмножении является адаптация регенерантов к условиям внешней среды. При «неумелом» подходе возможна их массовая гибель. Нами была отработана технология адаптации микроса-

женцев роз, которая успешно применяется в настоящее время для многих видов растений [12]. Адаптацию регенерантов злаков осуществляли в кассетах, заполненных питательным субстратом на основе верхового торфа (рис. 2).



а / а

б / б

Рис. 2. Внешний вид растений молинии голубой: а) после высадки на адаптацию в кассеты на 144 ячейки; б) однолетних в контейнерах P9 /

Fig. 2. The appearance of *Molinia caerulea* a) after planting for adaptation in containers for 144 cells; b) annuals in P9 containers

Перед высадкой на адаптацию корни промывали в децимолярном растворе марганцовокислого калия от остатков питательной среды, субстрат перед посадкой проливали раствором «Триходерма вериде» согласно инструкции по применению препарата. На этапе адаптации применение данного препарата является особенно актуальным, так как регенеранты в значительной мере подвержены воздействию патогенной микрофлоры. Адаптируемые регенеранты после посадки в кассеты обильно опрыскивали раствором «Си-

липланта» в дозе 1,5 мл/л. Влажность поддерживали путем ежедневного опрыскивания обычной водой кассет с растениями и нетканого материала, которым укрывали стеллажи с кассетами. При соблюдении данной технологии нами была получена 100 % приживаемость адаптируемых злаков.

**Выводы.** Таким образом, на примере молинии голубой сорта Heidebraut нами разработана технология производства посадочного материала декоративных злаков на основе культивирования *in vitro*. В результате прове-

денных исследований можно сделать следующие выводы:

- на этапе введения в стерильную культуру *in vitro* способ обеззараживания побегов 33 % раствором перекиси водорода в экспозиции 8-10 минут способствует получению стерильных эксплантов до 15 %;

- оптимальной питательной средой для этапа собственного микроразмножения является среда MS с добавлением 2,0 мг/л 6-БАП, на которой достигается максимальный выход побегов;

- применение питательных сред Андерсона и MS с содержанием 6-БАП 1,0 мг/л

для размножения позволяет высаживать побеги на укоренение, минуя высадку на среду для элонгации;

- включение в состав среды MS микроудобрения «Силиплант» в дозах 1,0 и 2,0 мл/л способствует увеличению размеров побегов;

- положительные результаты получены при укоренении микропобегов на средах Андерсона и MS половинной концентрации с содержанием ИУК 0,5 мг/л;

- полной приживаемости регенерантов молинии голубой сорта Heidebraut в почве способствовало применение разработанной нами ранее методики адаптации растений *ex vitro*.

#### Список литературы

1. Шеремет Е. В., Барышников Д. С. Злаковые культуры в озеленении. Наука, образование, общество. Тенденции и перспективы развития: мат-лы XVIII Международ. научн.-практ. конф. Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2020. С. 9-10.
2. Жигунов О. Ю., Анищенко И. Е. Малораспространенные декоративные злаки для озеленения. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018;3(71):120-122. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35173246>
3. Егорова Н. А., Ставцева И. В. Микроразмножение сортов эфиромасличной розы в культуре *in vitro*. Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016;26(2):45-52. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26301085>
4. Крамарев С. М., Полянчиков С. П., Ковбель А. И. Кремний и защита растений от стресса: теория, практика, перспективы. Quantum. Режим доступа: [http://quantum.ua/articles/art\\_06.pdf](http://quantum.ua/articles/art_06.pdf)
5. Козлов А. В., Куликова А. Х., Яшин Е. А. Роль и значение кремния и кремнийсодержащих веществ в агроэкосистемах. Вестник Мининского университета. 2015;2(10):23 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23526053>
6. Высоцкий В. А., Валиков В. А. Клональное микроразмножение жимолости в производственных условиях. Садоводство и виноградарство. 2014;(6):18-23. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22762511>
7. Семенова Н. А., Акимова С. В., Аладина О. Н. Влияние препарата силиплант на рост и развитие *ex vitro* растений жимолости съедобной на этапах адаптации и доращивания. Плодоводство и ягодоводство России. 2015;41:325-329. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23589203>
8. Леконцева Т. Г., Худякова А. В., Исаева А. Н., Федоров А. В. Оптимизация некоторых этапов микроразмножения чайно-гибридной розы сорта Анжелика. Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2017;(3):240-244. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30592244>
9. Ребров А. Н. Некоторые аспекты адаптации к нестерильным условиям среды при создании коллекций из оздоровленных *in vitro* растений винограда в условиях открытого грунта (post vitro). Плодоводство и виноградарство юга России. 2018;(49 (1)):33-46. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32497066>
10. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Получение стандартного посадочного материала жимолости синей с использованием биотехнологических методов. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2018;(1 (46)):43-51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32723610>
11. Маркова М. Г., Сомова Е. Н. Использование регуляторов роста и экспериментального светодиодного фитооблучателя в клональном микроразмножении земляники садовой (*Fragaria ananassa*). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20 (4):324-333. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.324-333>
12. Худякова А. В., Леконцева Т. Г., Федоров А. В. Использование кремнийсодержащего препарата «силиплант» при микроразмножении плетистых роз. Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2019;(2):66-71. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38168281>
13. Червченко Т. М., Лаврентьева А. Н., Иванников Р. В. Биотехнология тропических и субтропических растений *in vitro*. Киев: Наукова Думка, 2008. 560 с.

#### References

1. Sheremet E. V., Baryshnikov D. S. *Zlakovye kul'tury v ozelenenii*. [Cereals in gardening]. *Nauka, obrazovanie, obshchestvo. Tendentsii i perspektivy razvitiya: mat-ly XVIII Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf.* [Science, education, society. Trends and prospects of development: Proceedings of the XVIII International scientific and practical Conf.]. Cheboксary: TsNS «Interaktivplyus», 2020. pp. 9-10.
2. Zhigunov O. Yu., Anishchenko I. E. *Malorasprostrannyye dekorativnyye zlaki dlya ozeleneniya*. [Rare decorative cereals for gardening]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;3(71):120-122. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35173246>

3. Yegorova N. A., Stavtseva I. V. *Mikrorazmnozhenie sortov efiromaslichnoy rozy v kul'ture in vitro*. [Micropropagation of essential oil rose cultivars *in vitro*]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya Biologiya. Nauki o Zemle* = Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences. 2016;26(2):45-52. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26301085>

4. Kramarev S. M., Polyanchikov S. P., Kovbel' A. I. *Kremniy i zashchita rasteniy ot stressa: teoriya, praktika, perspektivy*. [Silicon and plant protection from stress: theory, practice, prospects]. *Quantum*. URL: [http://quantum.ua/articles/art\\_06.pdf](http://quantum.ua/articles/art_06.pdf)

5. Kozlov A. V., Kulikova A. Kh., Yashin E. A. *Rol' i znachenie kremniya i kremniysoderzhashchikh veshchestv v agroekosistemakh*. [Role and value of silicon and siliceous substances in agroecosystems]. *Vestnik Mininskogo universiteta* = Vestnik of Minin University. 2015;2(10):23 c. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23526053>

6. Vysotskiy V. A., Valikov V. A. *Klonal'noe mikrorazmnozhenie zhimolosti v proizvodstvennykh usloviyakh*. [Clonal micropropagation of honey suckle for commercial purposes]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* = Horticulture and viticulture. 2014;(6):18-23. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22762511>

7. Semenova N. A., Akimova S. V., Aladina O. N. *Vliyaniye preparata siliplanta na rost i razvitiye ex vitro rasteniy zhimolosti s'edobnoy na etapakh adaptatsii i dorashchivaniya*. [Siliplant influence on ex vitro honeysuckle growth and development on adaptation stage and following growing]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomoculture and small fruits culture in Russia. 2015;41:325-329. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23589203>

8. Lekontseva T. G., Khudyakova A. V., Isaeva A. N., Fedorov A. V. *Optimizatsiya nekotorykh etapov mikroklonal'nogo razmnozheniya chayno-gibridnoy rozy sorta Anzhelika*. [Optimization of some stages of microclonal propagation of a tea-hybrid rose of angelic sort]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya* = Bulletin of Perm University. Biology. 2017;(3):240-244. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30592244>

9. Rebrov A. N. *Nekotorye aspekty adaptatsii k nesteril'nym usloviyam sredy pri sozdaniy kolektsiy iz ozdorovlennykh in vitro rasteniy vinograda v usloviyakh otkrytogo grunta (post vitro)*. [Some aspects of adaptation to unsterile conditions of the environment during creation of collections from revitalized *in vitro* grapes plants in the conditions of the open ground (*post vitro*)]. *Plodovodstvo i vinogradarstvo yuga Rossii* = Fruit growing and viticulture of South Russia. 2018;(49 (1)):33-46. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32497066>

10. Markova M. G., Somova E. N. *Poluchenie standartnogo posadochnogo materiala zhimolosti siney s ispol'zovaniem biotekhnologicheskikh metodov*. [Standard planting stock of sweet-berry honeysuckle applying biotechnological methods]. *Vestnik NGAU (Novosibirskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2018;(1 (46)):43-51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32723610>

11. Markova M. G., Somova E. N. *Ispol'zovanie regulatorov rosta i eksperimental'nogo svetodiodnogo fitoobluchatel'ya v klonal'nom mikrorazmnozhenii zemlyaniki sadovoy (Fragaria ananassa)*. [Use of growth regulators and experimental LED phytoirradiator in clonal micropropagation of garden strawberry (*Fragaria* × *ananassa*, Duchesne ex Weston)]. *AgrarnayanaukaEvro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20 (4):324-333. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.4.324-333>

12. Khudyakova A. V., Lekontseva T. G., Fedorov A. V. *Ispol'zovanie kremniysoderzhashchego preparata «siliplant» pri mikroklonal'nom razmnozhenii pletistykh roz*. [The use of the silicone-containing preparation "siliplant" at clonal propagation of climbing roses]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya* = Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy. 2019;(2):66-71. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38168281>

13. Cherevchenko T. M., Lavrentieva A. N., Ivannikov R. V. *Biotekhnologiya tropicheskikh i subtropicheskikh hraseniy in vitro*. [Biotechnology of tropical and subtropical plants *in vitro*]. Kiev: *Naukova Dumka*, 2008. 560 p.

#### Сведения об авторах

✉ **Леконцева Татьяна Германовна**, научный сотрудник, отдел интродукции и акклиматизации растений, ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Т. Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426067,

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6659-0504>, e-mail: [t.lekontseva@udman.ru](mailto:t.lekontseva@udman.ru)

**Федоров Александр Владимирович**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, отдел интродукции и акклиматизации растений, ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Т. Барамзиной, д. 34, г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация, 426067,

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2759-2037>, e-mail: [oiar@udman.ru](mailto:oiar@udman.ru)

#### Information about the authors

✉ **Tatyana G. Lekontseva**, researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS, 34 T. Baramzinoj St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-6659-0504>, e-mail: [t.lekontseva@udman.ru](mailto:t.lekontseva@udman.ru)

**Alexander V. Fedorov**, DSc in Agricultural Science, main scientist researcher, Department of Introduction and Acclimatization of Plants, Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the RAS, 34 T. Baramzinoj St., Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation, 426067, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-2759-2037>, e-mail: [oiar@udman.ru](mailto:oiar@udman.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732>

УДК 631.51:631.87:632.9

**Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии**

© 2020. А. М. Козлова ✉, Е. Н. Носкова, Ф. А. Попов

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований комплексного влияния биопрепаратов, основной и предпосевной обработок почвы на пораженность корневыми гнилями и листовостебельными инфекциями яровых зерновых культур (пшеницы Свеча, ячменя Лель, овса Сельма). Исследования (2010-2017 гг.) проводили в полевом севообороте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Поражение яровой пшеницы корневыми гнилями было достоверно ниже (17,9 %) по плоскорезной обработке, чем по вспашке (22,5 %) при недостаточном количестве продуктивной влаги (9,1-17,2 мм) и повышении плотности почвы (1,37-1,43 г/см<sup>3</sup>). При оптимальных условиях увлажнения различия в пораженности корневыми гнилями ячменя выравниваются (21,3 и 22,4 %). Высокая плотность почвы (1,32-1,36 г/см<sup>3</sup>) также вызывала увеличение количества инфицированных растений овса по плоскорезной обработке (21,6 %) по сравнению со вспашкой (14,6 %). Обработка посевов лабораторным образцом *Streptomyces castelarensis* A4 и биопрепаратом Псевдобактерин-2 в фазу кущения привела к достоверному снижению поражения корневыми гнилями только на овсе (на 17,1 и 17,4 % соответственно). На степень поражения яровых зерновых листовостебельными заболеваниями способы основной и предпосевной обработок почвы существенно не влияли. Лишь применение комбинированного посевного агрегата при возделывании яровой пшеницы снижало поражение бурой ржавчиной на 2,9 %, септориозом – на 1,0 % по сравнению с контролем. На пшенице препараты были эффективны на фоне вспашки, снижая поражение бурой ржавчиной на 15,2 и 11,6 %. На ячмене больший эффект оказал препарат *S. castelarensis* A4: степень поражения карликовой ржавчиной была в среднем на 19,1 % меньше. Псевдобактерин-2 лучшее действие оказал на фоне плоскорезной обработки, снижая развитие болезни на 12,9 % относительно контроля (вспашка на 20-22 см). На посевах овса препараты по действию были сопоставимы: интенсивность поражения корончатой ржавчиной была достоверно ниже в среднем на 5,0 и 4,7 % по сравнению с контролем. Действие *S. castelarensis* A4 более эффективно по фону плоскорезной обработки. Псевдобактерин-2 лучшее действие оказал по вспашке. Степень поражения пшеницы стеблевой ржавчиной и септориозом была невысокой. Таким образом, способы основной обработки почвы не влияли на развитие листовостебельных болезней, но значительно снижали поражение пшеницы и овса корневыми гнилями. Способы предпосевной обработки почвы не оказали достоверного влияния на поражение яровых зерновых корневыми гнилями, но существенно снижали поражение пшеницы бурой ржавчиной и септориозом. Применяемые препараты снижали поражение и развитие корневых гнилей овса и листовостебельных болезней пшеницы, ячменя, овса.

**Ключевые слова:** вспашка, плоскорезная обработка, культивация, комбинированный агрегат, корневые гнили, листовостебельные заболевания

**Благодарности:** научное исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0091).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Козлова А. М., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Оценка развития болезней зерновых культур при ресурсосберегающих системах обработки почвы и применении биопрепаратов в адаптивно-ландшафтном земледелии. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):721-732. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732>

Поступила: 24.08.2020 Принята к публикации: 28.10.2020 Опубликовано онлайн: 10.12.2020

**Assessment of the development of cereal diseases when applying resource saving soil tillage systems and using biopreparations in adaptive landscape crop farming**

© 2020. Lyudmila M. Kozlova ✉, Eugenia N. Noskova, Fyodor A. Popov

Federal Agrarian Scientific Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article presents the results of studies of complex effect of biopreparations use during basic and pre-sowing soil tillage on root rot damage and leaf and stem infections of spring grain crops (wheat cv. Svecha, barley cv. Lel', oats cv. Selma). Studies of 2010-2017 were carried out in seven-field crop rotation on sod-podzolic medium-loam soil. The root rot

damage of spring wheat was significantly lower (17.9 %) by surface tillage than by ploughing (22.5 %) in arid conditions with insufficient productive moisture (9.1-17.2 mm) and an increase in soil density (1.37-1.43 g/cm<sup>3</sup>). Under optimal humidification conditions, the differences in root rot damage of barley are equaled (21.3 and 22.4 %). High soil density (1.32-1.36 g/cm<sup>3</sup>) also caused an increase in the number of diseased oat plants by surface tillage (21.6) compared to ploughing (14.6 %). Treatment of crops with the preparations *Streptomyces castelarensis* A4 and *Pseudobacterin-2* in the tillering phase led to a significant decrease in root rot damage only on oats (by 17.1 and 17.4 %, respectively). The degree of damage of spring grain crops with leaf and stem diseases was not significantly affected by the methods of basic and pre-sowing tillage. Only the use of a combined sowing unit for cultivation of spring wheat reduced the damage with leaf rust by 2.9 %, with septoriosiis – by 1.0% compared to the control. On wheat, the preparations were effective on the background of ploughing reducing leaf rust damage by 15.2 and 11.6 %. The preparation *S. castelarensis* A4 had a greater effect on barley: the number of plants affected by crown rust was 19.1% less. *Pseudobacterin-2* had a better effect on the background of surface tillage, reducing the incidence by 12.9 % relative to the control (ploughing to 20-22 cm). On oat sowings, the preparations were comparable in effect: the intensity of crown rust damage was significantly lower by 5.0 and 4.7 % compared to the control. The action of *S. castelarensis* A4 is more effective on the background of surface soil tillage. *Pseudobacterin-2* had the best effect by plowing. The damage of wheat with stem rust and septoriosiis was low. Thus, the methods of basic tillage did not affect the damage of grain crops with leaf and stem diseases and significantly decreased the development of root rot in wheat and oats. Methods of pre-sowing tillage did not have a significant effect on the damage of spring grain crops with root rot and significantly reduced the damage of wheat with leaf rust and septoriosiis. The preparations used reduced the intensity and the development of root rot of oats and leaf and stem diseases of wheat, barley, oats.

**Keywords:** ploughing, surface tillage, cultivation, combined unit, root rots, leaf and stem diseases

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0767-2019-0091).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Kozlova L. M., Noskova E. N., Popov F. A. Assessment of the development of cereal diseases when applying resource saving soil tillage systems and using biopreparations in adaptive landscape crop farming. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):721-732. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.721-732>

Received: 24.08.2020

Accepted for publication: 28.10.2020

Published online: 10.12.2020

Увеличение производства зерна и обеспечение населения России качественным и конкурентоспособным продовольствием за счет собственного производства продукции имеет стратегическое значение. Однако производство зерна в стране за годы реформирования сокращается, что связано с уменьшением площадей под зерновыми культурами на 36,3 %. При этом две трети урожая идут на фуражные цели, т. к. зерно не отличается высоким качеством [1]. Фитосанитарный потенциал производства зерна в настоящее время реализуется лишь на 25 %. Потери зерна только от недостаточного применения средств защиты могут составлять 26 % ожидаемого урожая [2].

Зерновые культуры в условиях Нечерноземья в различные годы могут поражаться многими заболеваниями. Наиболее опасны поражения вегетативных органов, приводящие часто к гибели растения (корневые гнили), снижению их продуктивности (ржавчинные болезни, мучнистая роса). Поражение репродуктивных органов (спорынья, виды головни) приводит к значительному недобору урожая. По мнению ряда исследователей, снижение урожая может быть 20-40 и даже 45-50 % в зависимости от степени поражения и культуры [3, 4].

На Евро-Северо-Востоке Нечерноземья в последние десятилетия фитосанитарная ситуация ухудшилась в посевах многих сельскохозяйственных культур [5]. Это обусловлено, в первую очередь, несоблюдением севооборотов, переходом на минимизацию обработки почвы, использованием некондиционных семян, сокращением объемов применения пестицидов и удобрений, а также увеличением площадей неиспользуемых земель и тенденцией к потеплению климата [6, 7, 8, 9]. Из-за повышения температуры и влажности происходит постепенная миграция более теплолюбивых фитопатогенов в северные районы, изменение их трофических связей, что приводит к усилению токсичности сельскохозяйственной продукции.

По мнению академика С. С. Санина [10], на смену традиционным для 1960-х годов 8-12-польным севооборотам пришли 3-5-польные, которые насыщены ведущими культурами, в т. ч. зерновыми (60-80 %), что усилило развитие фузариоза, гельминтоспориоза, септориоза и других заболеваний. А фитосанитарные последствия необоснованного применения минимальных обработок, в том числе no-till, mini-till, давно общеизвестны. Имеются

многочисленные данные об увеличении пораженности зерновых культур на фоне этих технологий септориозом, корневыми и прикорневыми гнилями, бактериальными болезнями [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Однако некоторые исследователи сообщают и о положительных результатах применения ресурсосберегающего земледелия [17, 18].

Потенциал повышения производства сельскохозяйственной продукции заложен в освоении адаптивно-ландшафтных систем земледелия и интенсификации хозяйствования [19]. Ключевыми аспектами ландшафтного земледелия на Евро-Северо-Востоке европейской части России являются оптимизация обработки почвы и фитосанитарной ситуации в посевах сельскохозяйственных культур.

Защита растений от фитопатогенов является одной из важнейших проблем. И наряду с химическими методами борьбы все большее распространение получают биологические, в основу которых положено использование явления антагонизма.

Особый интерес представляют культуры, выделенные из ризосферы растений – микролокуса, где существенно обострена борьба за трофический ресурс и способность продуцировать антибиотические соединения становится в этой борьбе важным фактором [5].

В связи с этим изучение взаимодействия растений и микробиологических препаратов особенно актуально и перспективно, поскольку при существенном сокращении применения минеральных и органических удобрений, средств защиты растений необходим поиск дополнительных источников улучшения фитосанитарной обстановки в агрофитоценозах, это могут быть биопрепараты комплексного действия. В последние годы выделяются все новые штаммы микроорганизмов, способные подавлять развитие патогенной микрофлоры и свести экологические риски к минимуму [20].

**Цель исследований** – выявить влияние способов основной, предпосевной обработок почвы, применения биопрепаратов на поражение яровых зерновых культур корневыми гнилями и листовыми инфекциями.

**Материал и методы.** Исследования проводили в стационарном опыте в двух закладках на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2010-2017 гг. Культуры возделывали в севопольном севообороте:

занятый пар – озимая рожь – ячмень – гороховая смесь – яровая пшеница – овес с подсевом клевера – клевер. Почва опытного участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Агрохимические показатели почвы:  $pH_{\text{сол}}$  – 5,0; гидролитическая кислотность – 3,6; сумма поглощенных оснований – 14,3 мг-экв/100 г; содержание  $P_2O_5$  – 140-180 мг и  $K_2O$  – 150-200 мг на 1 кг почвы (по Кирсанову), гумуса – 1,7 % (по Тюрину).

Схема опыта: *фактор А* – основная обработка: 1 – вспашка на 20-22 см (контроль); 2 – комбинированная плоскорезная обработка на 14-16 см; *фактор В* – предпосевная обработка почвы: 1 – культивация КПС-4 (контроль); 2 – культивация КБМ-4,2; 3 – обработка комбинированным агрегатом АППН-2,1; *фактор С* – обработка биопрепаратами: 1 – без препаратов (контроль) (Б/П); 2 – обработка суспензией клеток штамма *Streptomyces castela-rensis* А4 (А4); 3 – обработка суспензией клеток продуцента препарата Псевдобактерин-2 (ПБ2) (на основе *Pseudomonas aureofaciens* BS 1393).

Обработку препаратами проводили в фазу кущения растений из расчета 1,0 л/га, расход рабочей жидкости 300 л/га (1 литр суспензии с титром  $10^6$ - $10^7$  КОЕ/мл доводили водой до объема 300 л). Для основной обработки почвы использовали плуг ПЛН-3-35 и комбинированный плоскорезный агрегат КПА-2,2, оборудованный плоскорезными лапами и дисковой секцией. Весеннее боронование зяби проводили сцепкой борон БЗСС-1,0, культивацию – КПС-4 и КБМ-4,2. Для предпосевной обработки использовался комбинированный агрегат АППН-2,1, который одновременно проводит обработку почвы, внесение удобрений и посев. Образец препарата А4 изготовлен в лаборатории генетики ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока на основе штамма *S. castelarensis*, изолированного из ризосферы овса сорта Аргамак. Способен снижать заболеваемость озимой ржи, клевера лугового, овса и яровой пшеницы корневыми гнилями. Титр препарата 104 КОЕ/мл [21].

Для посева использовали районированные сорта: яровая пшеница Свеча, ячмень Лель, овес Сельма. Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок систематическое методом расщепленных делянок. Площадь делянки первого порядка 288 м<sup>2</sup>, второго

– 96 м<sup>2</sup>, третьего – 32 м<sup>2</sup>, учетная площадь 17,6 м<sup>2</sup>. Общее число делянок – 72. Удобрения вносили под культуры севооборота в дозе N<sub>45</sub>P<sub>45</sub>K<sub>45</sub>, фунгициды не применяли. Определение степени поражения растений яровых зерновых культур листостебельными заболеваниями проводили по специальным шкалам. Развитие корневых гнилей зерновых культур (%) определяли в фазу молочно-восковой спелости на основе балльной оценки<sup>1</sup>. Распространение (поражение) болезни рассчитывали по формуле:  $P = n \times 100/N$ , где P – распространение болезни, %, n – количество больных растений, N – общее количество растений в пробах. Дисперсионный анализ проводили с использованием программы «AGROS 207».

**Результаты и их обсуждение.** На Северо-Востоке европейской части РФ на посевах сельскохозяйственных культур исторически сложились свои специфические патогенные комплексы. Среди болезней наиболее распространенные эпифитотийно опасные: на яровой пшенице септориоз листьев и колоса, бурая листовая ржавчина, корневые гнили; на ячмене – пятнистости грибной и бактериальной этиологии, корневая гниль; на овсе – корончатая ржавчина, различные виды пятнистостей [9].

За 17 лет фитосанитарного мониторинга в Кировской области (1997-2014 гг.) превышение порога вредоносности (ЭПВ) отмечалось по корневым гнилям ячменя 9 раз за 16 лет, пшеницы и овса – 3 раза за 6-7 лет; бурой ржавчине пшеницы – 5 раз за 12 лет, сетчатой пятнистости – 9 раз, септориозу – 13 раз за 17 лет [9].

На основе стационарного опыта были проанализированы результаты исследований по распространению корневых гнилей и листостебельных болезней в зерновом звене семипольного севооборота на яровой пшенице, ячмене, овсе.

В условиях опыта это заболевание проявлялось ежегодно, однако превышение порога вредоносности (перед уборкой 15 % развития болезни) наблюдалось 1 раз в 5-6 лет.

Как уже говорилось выше, по мнению многих авторов, выращивание зерновых по безотвальной технологии способствует накоплению и сохранению различных видов корневых гнилей. Однако есть данные [22] о том, что переход от вспашки к «нулевой»

обработке хотя и сопровождался увеличением численности грибной флоры почвы, однако микробиота выщелоченного чернозема за вегетационный период сдерживала увеличение инфекционной нагрузки, что существенно снижало фитотоксичность.

В наших исследованиях поражение яровой пшеницы корневыми гнилями в условиях 2014 г. по вспашке в среднем составило 22,5 %, развитие болезни – 11,9 % (табл. 1). Незначительное превышение порога вредоносности (ПВ) отмечали на фоне вспашки после предпосевной обработки почвы культиватором КБМ-4,2, где развитие болезни выходило за пределы 15 %. Достоверно ниже (на 4,6 %) поражение было по плоскорезной обработке – 17,9 % при развитии болезни 11,9 % (НСР<sub>05</sub>А<sub>p</sub> = 3,5). По вариантам предпосевной обработки достоверных различий не было.

Степень поражения пшеницы корневой гнилью, в первую очередь, зависит от погодных условий вегетационного периода, таких как увлажненность почвы, температурный режим и выпадение осадков [23]. Решающее значение в развитии корневых гнилей имеет количество влаги в почве в критический для заражения период – это прорастание всходов (до выхода на поверхность). В это время отмечается высокая заболеваемость проростков при пониженной влажности почвы [24].

В наших условиях средняя температура воздуха мая месяца была на 4,1 °С выше климатической нормы, при выпадении осадков 21 % от нормы. Запасы продуктивной влаги в слое прорастания семян (0-10 см) были на уровне 8,5-9,7 мм, что считается дефицитным показателем. Следует отметить, что как в фазу всходов (15,3-17,2 мм), так и в фазу колошения (9,1-11,7 мм) снижение запасов влаги в пахотном слое (0-20 см) было отмечено по вспашке и оценивалось по шкале А. Ф. Вадюниной, З. А. Корчагиной<sup>2</sup> от «удовлетворительного» до «неудовлетворительного», что и объясняет интенсивность проявления инфекции по вспашке. Повышение поражения растений корневыми гнилями по отвальной вспашке при низкой влажности почвы подтверждают и другие исследователи [6].

<sup>1</sup>Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.

<sup>2</sup>Сафонов А. Ф., Стратонович М. В. Практикум по земледелию с почвоведением. М.: Агропромиздат, 1990. С. 10-11.

Таблица 1 – Поражение яровых зерновых культур корневыми гнилями, % / Table 1 – Root rot damage of spring cereals, %

Способы обработки почвы / Ways of soil tillage		Препараты (С) / Preparations (C)			Среднее по фактору А / Average for factor A	
основная (А) / main (A)	предпосевная (В) / pre-sowing (B)	Б/П (контроль) / Without preparation (control)	А4 / <i>S. castelarensis</i> А4	ПБ2 / <i>Pseudobacterin-2</i>		
<b>Яровая пшеница сорта Свеча / Spring wheat cv. Svecha</b>						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	25,0*/12,3**	17,5/8,1	24,5/10,0	22,5/11,9	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 3,5 / F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	26,0/16,0	23,5/11,4	24,0/14,6		
	АППН-2,1	24,5/13,2	15,0/12,2	22,5/19,2		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	22,5/9,6	25,0/11,3	14,0/6,4	17,9/8,7	
	КБМ-4,2	17,5/7,3	18,5/10,5	10,5/8,3		
	АППН-2,1	14,0/5,4	20,0/9,5	19,0/9,8		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 21,4; 20,0; 19,2/ 9,6; 11,4; 9,9 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 21,6; 19,9; 19,1/ 10,6; 10,5; 9,7 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
<b>Ячмень сорта Лель / Barley cv. Lel'</b>						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	25,0/14,0	22,0/15,0	24,0/14,3	21,3/12,3	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	17,6/11,0	17,0/8,3	23,5/12,4		
	АППН-2,1	21,4/11,8	19,0/9,4	26,0/13,1		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	24,6/14,6	25,5/13,9	18,5/9,8	22,4/11,5	
	КБМ-4,2	17,9/7,8	18,7/11,5	23,0/11,8		
	АППН-2,1	22,8/12,5	21,0/10,4	22,0/11,9		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 23,5; 19,3; 22,4/13,6; 10,5; 11,8 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 21,9; 20,3; 23,0/ 11,9; 11,4; 12,5 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
<b>Овес сорта Сельма / Oats cv. Selma</b>						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	28,0/15,0	4,2/3,0	5,1/4,0	14,6/9,1	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 5,9/3,1
	КБМ-4,2	14,2/10,5	11,0/7,2	16,0/8,5		
	АППН-2,1	23,0/14,1	12,0/8,9	12,8/10,0		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	32,0/18,0	17,6/11,5	12,7/8,5	21,6/13,3	
	КБМ-4,2	37,7/20,5	20,1/13,5	16,5/12,4		
	АППН-2,1	38,5/20,4	11,9/7,1	11,9/8,8		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 16,3; 19,1; 18,8/ 10,0; 12,0; 11,6 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 29,6; 12,5; 12,2/ 16,3; 8,6; 8,9 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 3,9/3,3						

\* распространение / prevalence; \*\* развитие болезни / development of the disease

Использование для защиты от корневых гнилей на яровой пшенице сорта Свеча препаратов *S. castelarensis* А4 и Псевдобактерин-2 не дало достоверного снижения заболеваемости. Так как предпосевная обработка семян не проводилась, а растения обрабатывали в фазу кушения, то следует считать, что инфицирование произошло до выхода проростков на поверхность почвы вследствие сочетанного действия семенной и почвенной инфекции.

Поражение ячменя сорта Лель корневыми гнилями не имело достоверных различий

по вариантам обработки почвы и применения биопрепаратов (табл. 1). По вспашке и плоскорезной обработке в среднем поражалось 21,3 и 22,4 % растений, развитие болезни не превышало порога вредоносности ни в одном варианте и было в пределах 10,5-13,6 %. В 2015 году условия увлажнения были достаточными, запасы продуктивной влаги в слое 0-20 см оценивались как «удовлетворительные» (27,1-30,0 мм) в фазу всходов и «отличные» (36,0-40,0 мм) в фазу колошения. Наши исследования подтверждают и мнение других

авторов [6, 25] о том, что при достаточных для всходов и развития растений условиях увлажнения существенных различий между изучаемыми обработками почвы по степени развития корневых гнилей не отмечалось.

Применение биопрепаратов по вегетации ячменя так же, как и на пшенице, не оказало достоверного влияния на снижение поражения корневыми гнилями (21,9; 20,3; 23,0 %) и развитие болезни (11,9; 11,4; 12,5 %).

Развитие овса сорта Сельма в 2016 году проходило в оптимальных температурных условиях при неравномерном выпадении осадков. Запасы продуктивной влаги в фазу «всходы» были на уровне 16,7-18,9 мм и оценивались как «удовлетворительные», к фазе «выметывание» запасы влаги снижались до «неудовлетворительных». Предпосевные обработки почвы по фону плоскорезной осенней увеличили плотность пахотного слоя на 0,02-0,06 г/см<sup>3</sup>, что превысило оптимальные значения плотности для дерново-подзолистой почвы (1,10-1,30 г/см<sup>3</sup> по А. Г. Бондареву<sup>3</sup>). По мнению О. О. Белошапкиной с соавторами [26], интенсивность и вредоносность корневых гнилей в значительной степени зависят от агрофизических показателей плодородия почвы (плотность, влажность, гранулометрический состав). Большинство возбудителей корневых гнилей относятся к факультативным паразитам и сохраняются на растительных остатках и непосредственно в почве. Изменение агрофизических свойств при переходе к минимизации обработки проявляется в увеличении плотности, влажности почвы и других показателей. Увеличение плотности затрудняет появление всходов. Расход дополнительных запасных веществ снижает иммунитет растений, ослабляя их, и приводит к увеличению пораженности патогенами [27].

Все вышесказанное и тот факт, что овес является шестой культурой севооборота, объясняет достоверное увеличение поражения растений овса корневыми гнилями по плоскорезной обработке на 7,0 % по сравнению со вспашкой (НСР<sub>05</sub>A = 5,9). Распространение болезни также было выше контроля на 4,2 % (НСР<sub>05</sub>A = 3,1).

Обработка посевов овса суспензией клеток штамма *S. castelarensis* A4 и Псевдобактерином-2 привела к снижению поражения растений корневыми гнилями. Эффективность нового препарата А4 была сопоставима с эффектом от обработки посевов Псевдобак-

терином-2. При применении препаратов поражение снижалось в среднем по фактору на 17,1 и 17,4 % (НСР<sub>05</sub>С<sub>Р</sub> = 3,9), развитие болезни было ниже на 7,7 и 7,4 % (НСР<sub>05</sub>С<sub>Р</sub> = 3,3).

Корреляционный анализ показал, что связь развития корневых гнилей зерновых культур и запасов продуктивной влаги после всходов колебалась по годам от слабой до средней ( $r = 0,28-0,60$ ), перед уборкой – от слабой до средней ( $r = 0,25-0,46$ ). Тогда как связь развития болезни с плотностью пахотного слоя почвы после всходов по годам была от слабой до сильной ( $r = 0,26-0,72$ ), а перед уборкой – слабой во все годы исследований ( $r = 0,16-0,24$ ).

В наших исследованиях было также проанализировано поражение культур листостебельными заболеваниями и их вредоносность. Листостебельные болезни могут в значительной степени влиять и на биомассу растений, и на содержание хлорофилла в них. В основном это относится к болезням, возбудителями которых являются факультативные сапрофиты, вызывающие некрозы и отмирание листьев, стеблей [7].

На опытных посевах наиболее распространены были бурая и стеблевая ржавчины, септориоз на пшенице. Овес поражался в меньшей степени корончатой ржавчиной и красно-бурой пятнистостью.

Оптимальные условия для возбудителя бурой ржавчины – наличие капельной влаги и температуры +15-20 °С. Достаточно теплый май и дождливый июнь 2014 года вызвали развитие листовой ржавчины на уровне 18,5-32,2 %, что не вышло за пределы порога вредоносности (табл. 2). Превышение заболевания по плоскорезной обработке (на 1,6 %) было на уровне тенденции. Применение посевного комбинированного агрегата АППН-2,1 достоверно снижало интенсивность поражения бурой ржавчиной на 2,7 % (НСР<sub>05</sub>V = 2,1). Обработка посевов препаратами была эффективна. Степень поражения этим заболеванием снижалась на 15,2 % после применения *S. castelarensis* A4 и на 11,6 % – после Псевдобактерина-2 (НСР<sub>05</sub>С = 2,6). Следует отметить, что оба препарата более эффективны на фоне вспашки. Степень поражения пшеницы стеблевой ржавчиной была незначительной и не превышала по вариантам 0,9-3,2 %. Более активен был лабораторный образец А4, снижая заболевание на 1,8 %, с большим эффектом по вспашке (НСР<sub>05</sub>С = 0,6).

<sup>3</sup>Там же. С. 35.

Таблица 2 – Степень поражения яровых зерновых культур листостебельными заболеваниями, % / Table 2 – Damage of spring cereals with leaf and stem diseases, %

Способы обработки почвы / Way of soil treatment		Препараты (С) / Preparations (C)			Среднее по фактору А / average for factor A	
основная (А) / basic (A)	предпосевная (В) / pre-sowing (B)	Б/П (контроль) / Without preparation (control)	А4 / S. castellarensis A4	ПБ2 / Pseudobacterin-2		
1	2	3	4	5	6	
<b>Яровая пшеница сорта Свеча / Spring wheat cv. Svecha</b>						
Бурая листовая ржавчина / Brown leaf rust						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	25,6	6,9	16,2	16,8	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	29,7	12,7	13,6		
	АППН-2,1	20,0	12,3	12,4		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	32,0	9,6	17,0	18,4	
	КБМ-4,2	32,2	13,8	14,2		
	АППН-2,1	18,5	12,4	14,8		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 18,0; 19,4; 15,1 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 2,1						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 26,5; 11,3; 14,9 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 2,6						
Стеблевая ржавчина / Stem rust						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	3,2	0,4	1,2	1,2	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	2,2	0,1	0,4		
	АППН-2,1	2,4	0,1	0,8		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	2,5	0,3	0,1	0,8	
	КБМ-4,2	0,9	0,6	0,1		
	АППН-2,1	2,0	0,5	0,7		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 1,3; 0,7; 1,0 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 2,1; 0,3; 0,6 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 0,6						
Септориоз / Septoriois						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	3,2	0,1	0,7	0,9	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	1,8	0,4	0,8		
	АППН-2,1	0,8	0,4	0,3		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	4,2	0,8	1,0	1,4	
	КБМ-4,2	2,0	0,7	1,2		
	АППН-2,1	1,5	0,8	0,3		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 1,7; 1,1; 0,7 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 0,7						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 2,2; 0,5; 0,8 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 1,0						
<b>Ячмень сорта Лель / Barley cv. Lel'</b>						
Карликовая ржавчина / Dwarf leaf rust						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	49,0	24,5	35,0	34,5	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	50,5	22,0	32,5		
	АППН-2,1	42,0	30,5	39,0		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	50,0	28,0	34,0	36,1	
	КБМ-4,2	42,5	31,0	29,5		
	АППН-2,1	43,0	26,5	30,0		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 36,8; 34,7; 35,1 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 46,2; 27,1; 33,3 НСР <sub>05</sub> = 7,1						

1	2	3	4	5	6	
Стеблевая ржавчина / Stem rust						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	2,0	2,0	2,0	2,1	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	7,0	0,0	1,0		
	АППН-2,1	3,5	3,0	0,0		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	1,0	3,5	1,0	2,8	
	КБМ-4,2	5,5	2,0	1,5		
	АППН-2,1	1,0	4,5	4,5		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 1,5; 2,8; 2,6 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 3,2; 2,5; 1,7 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 1,0						
Темно-бурая пятнистость / Dark brown spotting						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	2,0	0,5	0,0	1,1	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	2,0	1,5	0,5		
	АППН-2,1	2,0	0,0	0,5		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	2,5	2,0	1,1	1,7	
	КБМ-4,2	3,5	1,0	1,5		
	АППН-2,1	3,5	1,5	1,0		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 1,1; 1,5; 1,6 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 2,4; 1,0; 0,7 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 1,2						
<b>Овес сорта Сельма / Oats cv. Selma</b>						
Корончатая ржавчина / Crown rust						
Вспашка на 20-22 см (контроль) / Ploughing for 20-22 cm (control)	КПС-4 (контроль)	10,5	3,5	2,0	5,1	НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>
	КБМ-4,2	6,0	5,0	2,2		
	АППН-2,1	7,0	3,5	6,0		
Плоскорезная на 14-16 см / Surface tillage for 14-16 cm	КПС-4 (контроль)	11,5	3,9	4,5	5,4	
	КБМ-4,2	10,9	3,5	5,5		
	АППН-2,1	5,5	2,5	3,5		
Среднее по фактору В / Average for factor B: 5,8; 5,3; 4,7 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = F <sub>φ</sub> < F <sub>T</sub>						
Среднее по фактору С / Average for factor C: 8,5; 3,5; 3,8 НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub> = 1,7						

В настоящее время расширились ареалы распространения септориоза всех зерновых культур. Если до середины 1970-х годов это заболевание относилось к «малым» болезням, то сегодня септориоз лидирует в России по распространению и вредоносности [10].

Наши исследования показали, что степень поражения септориозом во все годы была незначительной, не превышала 5 % (30 % на 3-м листе сверху), что существенно ниже экономического ПВ. Основной способ обработки почвы не оказал влияния на развитие этой болезни, но использование комбинированного агрегата АППН-2,1 снижало заболеваемость на 1,0 % по сравнению с культивацией КПС-4 (НСР<sub>05</sub>В = 0,7).

Препараты *S. castelarensis* А4 и Псевдобактерин-2 были активны и против септориоза

пшеницы, снижая его проявление на 1,7 и 1,4 % соответственно (НСР<sub>05</sub>С = 1,0).

Высокий процент интенсивности поражения ячменя карликовой ржавчиной (42,0-50,5 %) был обусловлен жаркой погодой в мае-июне и обильными (выше нормы 118-146 %) осадками в июле и августе 2015 года. Исследования В. Е. Синещекова и Н. В. Васильевой [6] подтверждают, что как дефицитное, так и избыточное увлажнение неблагоприятны для развития листостебельных инфекций.

Способы обработки почвы не повлияли на развитие карликовой и стеблевой ржавчин и темно-бурой пятнистости. Несмотря на то, что в научной литературе много сведений о том, что минимализация обработки приводит к увеличению распространенности листостебельных болезней [28], в наших исследо-

ваниях подобная тенденция не наблюдалась. Интенсивность поражения ячменя карликовой ржавчиной была незначительно выше по плоскорезной обработке (на 1,2 %), чем по вспашке ( $F_{\phi} < F_T$ ).

В достаточно высокой степени биоконтрольное действие препаратов проявилось на всех листостебельных заболеваниях ячменя. Препарат А4 интенсивнее снижал пораженность карликовой ржавчиной, чем Псевдобактерин-2, особенно на фоне вспашки. Уменьшение заболеваемости было ниже после обработки препаратами на 19,1 и 12,9 % соответственно, чем в контроле ( $НСР_{05}C = 7,1$ ). Псевдобактерин-2, напротив, лучшее действие оказал на фоне плоскорезной обработки, снижая заболеваемость карликовой и стеблевой ржавчинами.

Изучаемые препараты снижали и поражаемость ячменя темно-бурой пятнистостью, достоверно уменьшая его интенсивность на 1,4 и 1,7 % соответственно ( $НСР_{05}C = 1,2$ ).

Овес из листостебельных болезней в 2016 году поражался только корончатой ржавчиной. Теплый, временами жаркий, преимущественно с недобором осадков, вегетационный период благоприятствовал невысокой интенсивности поражения этим заболеванием – 5,5-11,5 %. На уровне тенденции отмечено повышение заболевания по плоскорезной обработке. И на этом же фоне – улучшение условий

для снижения корончатой ржавчины после обработки почвы и посева комбинированным агрегатом АППН-2,1. По эффективности действия на снижение заболевания препараты были сопоставимы. Обработка посевов снижала заболеваемость на 5,0 и 4,7 % соответственно ( $НСР_{05}C = 1,7$  %). Действие препарата А4 более эффективно было по фону плоскорезной обработки, препарат Псевдобактерин-2 лучшее действие оказал по вспашке.

**Выводы.** Таким образом, исследования, проведенные на дерново-подзолистых средне-суглинистых почвах, показали, что влияние основной и предпосевной обработок почвы на заболеваемость яровых зерновых культур по годам было неоднозначным. Только на шестой культуре севооборота (овсе) пораженность корневыми гнилями увеличивалась по плоскорезной обработке, о чем свидетельствует большинство исследований в других регионах. Влияние основных обработок на заболеваемость растений корневыми гнилями определялось в большей степени агрофизическими свойствами (плотность и влажность почвы). На снижение интенсивности поражения, развития заболеваемости корневыми гнилями и листостебельными инфекциями оказали влияние применяемые препараты. По эффективности влияния новый штамм *Streptomyces castelarensis* А4 сопоставим с коммерческим препаратом Псевдобактерин-2.

#### Список литературы

1. Чекмарев П. А. Для обеспечения продовольственной безопасности страны. Защита и карантин растений. 2013;(3):3-4. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18810673>
2. Захаренко В. А. Оценка потенциала фитосанитарии в зерновом производстве России (методика оценки и показатели). Защита и карантин растений. 2013;(10):3-7. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20306863>
3. Акчурун Л. Р., Гарипова Г. Н. Биологизированные агротехнологии при возделывании озимых зерновых культур в степных зонах Башкортостана. Совмещенные посевы полевых культур в севообороте агроландшафта: Междунар. науч. экологическая конф. Под ред. И. С. Белюченко. Краснодар: изд-во Кубанского государственного аграрного университета имени И.Т. Трубилина, 2016. С. 40-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25901413>
4. Бибик Т. С., Шаркевич В. В., Смолева Е. Ю., Петросян Р. Д. Фитосанитарное состояние посевов яровой пшеницы в зависимости от систем обработки почвы и минеральных удобрений. Владимирский земледелец. 2013;2(64): 31-33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20309103>
5. Назарова Я. И., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Широких И. Г. Скрининг стрептомицетов – антагонистов фитопатогенных грибов для биологической защиты растений. Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: мат-лы XIV Всеросс. науч.-практ. конф. с международным участием. Киров: Изд-во ООО «Радуга-ПРЕСС», 2016. С. 350-354. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28080176>
6. Синещков В. Е., Васильева Н. В. Фитосанитарная ситуация в зерновых агроценозах при минимизации обработки почвы: монография. Новосибирск: ФГБНУ «СибНИИЗиХ», 2015. 138 с.
7. Железова С. В., Акимов Т. А., Белошапкина О. О., Березовский Е. В. Влияние разных технологий возделывания озимой пшеницы на урожайность и фитосанитарное состояние посевов (на примере полевого опыта Центра точного земледелия РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева). Агротехнология. 2017;(4):65-75. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29296784>
8. Hysek J., Vach M., Zabka M., Javurek M. Biological Protection against Fungal Diseases of Winter Wheat under Different Soil Tillage Technologies. Journal of agricultural Science and Technology. 2011;5(4(35)):385-392. URL: [https://www.researchgate.net/publication/259991563\\_Biological\\_Protection\\_against\\_Fungal\\_Diseases\\_of\\_Winter\\_Wheat\\_under\\_Different\\_Soil\\_Tillage\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/259991563_Biological_Protection_against_Fungal_Diseases_of_Winter_Wheat_under_Different_Soil_Tillage_Technologies)

9. Шешегова Т. К. Анализ фитосанитарного состояния посевов яровых зерновых культур в Кировской области (аналитический обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;5(48):10-14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24113596>
10. Санин С. С. Фитосанитарные проблемы интенсивного растениеводства. Защита и карантин растений. 2013;(12):3-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20616117>
11. Немченко В. В., Заргарян Н. Ю., Фомина М. Ю. Целесообразность применения фунгицидов на яровой пшенице. Защита и карантин растений. 2012;(10):47-49. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17953666>
12. Семынина Т. В. Качество семян не позволяет экономить на протравливании. Защита и карантин растений. 2013;(8):19-21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19644231>
13. Рзаева В. В., Фисунов Н. В. Основная обработка почвы при возделывании яровой пшеницы в Северном Зауралье. Актуальные проблемы земледелия и защиты почв от эрозии: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. и Школы молодых ученых, посвящ. Году экологии и 50-летию выхода Постановления о борьбе с эрозией почвы. Курск: изд-во ООО «ТОП+», 2017. С. 238-241. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29972689>
14. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России. *Земледелие*. 2018;(3):3-8. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10301>
15. Самофалова И. А., Каменских Н. Ю., Кизилская Р., Ашкин Т. Влияние приемов основной обработки в южно-таежной подзоне на гумусное состояние дерново-подзолистой почвы. *Пермский аграрный вестник*. 2015;1(9):55-61. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23172593>
16. Белошапкина О. О., Акимов Т. А. Динамика и патогенный состав корневых гнилей озимой пшеницы в зависимости от способов основной обработки дерново-подзолистой почвы. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2016;(3):47-60. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26686928>
17. Романенко А. А., Васюков П. П. Кто поставит точку в войне с землей? *Земледелие*. 2006;(6):23-25.
18. Цветков М. Л. Ресурсосбережение в земледелии юга Западной Сибири: монография. Saarbrücken LAP. 2014. 294 с.
19. Черкасов Г. Н., Дубовик Д. В., Масютенко Н. П., Чуян О. Г., Акименко А. С., Гуреев И. И. и др. Научно-практические основы адаптивно-ландшафтной системы земледелия Курской области. Курск: ФГБНУ ВНИИЗиЗПЭ ФАНО России, 2017. 188 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29730624>
20. Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.* 2010;32(11):1559-1570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>
21. Широких И. Г., Бакулина А. В., Назарова Я. И., Широких А. А., Козлова Л. М. Влияние *Streptomyces castelarensis* на заболеваемость и урожайность зерновых культур полевого севооборота. *Микология и фитопатология*. 2020;54(1):59-66. DOI: <https://doi.org/10.31857/S0026364820010080>
22. Данилова А. А. Фитотоксичность грибного комплекса в выщелоченном черноземе Приобья при различных способах основной обработки почвы. *Сельскохозяйственная биология*. 2010;45(3):108-111. Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/3-2010daniлова.html>
23. Максютов Н. А., Скороходов В. Ю., Кафтан Ю. В., Митрофанов Д. В., Зенкова Н. А., Жижин В. Н. Влияние густоты стояния растений яровой твердой пшеницы на ее урожайность в степной зоне южного Урала. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2017;(3):16-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29746998>
24. Чулкина В. А., Торопова Е. Ю., Павлова О. И., Воробьева И. Г., Ховалыг Н. А. Современные экологические основы интегрированной защиты растений. *Защита и карантин растений*. 2008;(9):18-22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13794832>
25. Таланов И. П., Ахметзянов М. Р., Вафина Л. Т. Фитосанитарное состояние посевов и урожайность озимой ржи. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2016;1(39):5-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26164286>
26. Белошапкина О. О., Николаев В. А., Акимов Т. А. Развитие грибных болезней озимой пшеницы при разных способах основной обработки почвы. Проблемы развития АПК региона. 2015;3(23):19-23. Режим доступа: [https://apk05.ru/documents/apk2015/apk\\_3\\_2015.pdf](https://apk05.ru/documents/apk2015/apk_3_2015.pdf)
27. Tambong J. T., Barasubiye T., Gregorch E. G., VcLaughlin N. B., Levesque C. A. A molecular study on the effect of soil compaction on the ecology of Pythium communities. *Proc. of Symp. on Crop Protection. Gent. Belgium*. 2005. P.3.
28. Глазунова Н. И., Романенко Е. С., Шипула А. Н., Дергунова Е. В. Способы обработки почвы и комплекс патогенных микроорганизмов в агроценозе озимой пшеницы. *Земледелие*. 2012;(4):31-33.

#### References

1. Chekmarev P. A. *Dlya obespecheniya prodovol'stvennoy bezopasnosti strany*. [To ensure the food safety of the country]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(3):3-4. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18810673>
2. Zakharenko V. A. *Otsenka potentsiala fitosanitarii v zernovom proizvodstve Rossii (metodika otsenki i pokazately)*. [Assessment of the potential of phytosanitary in grain production in Russia (assessment methodology and indicators)]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(10):3-7. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20306863>
3. Akchurin L. R., Garipova G. N. *Biologizirovannyye agrotekhnologii pri vozdeleyanii ozimyykh zernovykh kul'tur v stepnykh zonakh Bashkortostana*. [Biologicaland agricultural technology in the cultivation of winter crops in the steppe zone of Bashkortostan]. *Sovmeshchennyye posevy polevykh kul'tur v sevooborote agrolandshafta: Mezhdunar. nauch. ekologicheskaya konf. Pod red. I. S. Belyuchenko*. [Combined crops of field crops in the crop rotation of the agricultural landscape: Intern. scientific and ecological conference. Edited by I. S. Belyuchenko]. Krasnodar:

*izd-vo Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta imeni I. T. Trubilina*, 2016. pp. 40-43. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25901413>

4. Bibik T. S., Sharkevich V. V., Smoleva E. Yu., Petrosyan R. D. *Fitosanitarnoe sostoyanie posevov yarovoy pshenitsy v zavisimosti ot sistem obrabotki pochvy i mineral'nykh udobreniy*. [Phytosanitary condition of crops of the spring-sown field depending on systems of processing of the soil and mineral fertilizers]. *Vladimirskiy zemledelets* = Vladimir agricolist. 2013;2(64): 31-33. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20309103>

5. Nazarova Ya. I., Sheshhegova T. K., Shchekleina L. M., Shirokikh I. G. *Skrining streptomisetov – antagonistov fitopatogennykh gribov dlya biologicheskoy zashchity rasteniy*. [Screening of streptomycetes - antagonists of phytopathogenic fungi for biological protection of plants]. *Biodiagnostika sostoyaniya prirodnykh i prirodno-tekhnogennykh sistem: mat-ly XIV Vseross. nauch.-prakt. konf. s mezhdunarodnym uchastiem*. [Bio-diagnostics of the state of natural and natural-technogenic systems: Proceedings of the XIVth All-Russian scientific and practical conference with international participation]. Kirov: *izd-vo OOO «Raduga-PRESS»*, 2016. pp. 350-354. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28080176>

6. Sineshchekov V. E., Vasil'eva N. V. *Fitosanitarnaya situatsiya v zernovykh agrotsenozakh pri minimizatsii obrabotki pochvy: monografiya*. [Phytosanitary situation in the grain agrocenoses at minimizing tillage]. Novosibirsk: *FGBNU «SibNIIZiKh»*, 2015. 138 p.

7. Zhelezova S. V., Akimov T. A., Beloshapkina O. O., Berezovskiy E. V. *Vliyanie raznykh tekhnologiy vozde-lyvaniya ozimoy pshenitsy na urozhaynost' i fitosanitarnoe sostoyanie posevov (na primere polevogo opyta Tsentra tochnogo zemledeliya RGAU-MSkha im. K.A. Timiryazeva)*. [The productivity and phytosanitary status of winter wheat crops under different cultivation technologies in the field experiment at precision agriculture centre]. *Agrokhimiya*. 2017;(4):65-75. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29296784>

8. Hysek J., Vach M., Zabka M., Javurek M. Biological Protection against Fungal Diseases of Winter Wheat under Different Soil Tillage Technologies. *Journal of agricultural Science and Technology*. 2011;5(4(35)):385-392. URL: [https://www.researchgate.net/publication/259991563\\_Biological\\_Protection\\_against\\_Fungal\\_Diseases\\_of\\_Winter\\_Wheat\\_under\\_Different\\_Soil\\_Tillage\\_Technologies](https://www.researchgate.net/publication/259991563_Biological_Protection_against_Fungal_Diseases_of_Winter_Wheat_under_Different_Soil_Tillage_Technologies)

9. Sheshhegova T. K. *Analiz fitosanitarnogo sostoyaniya posevov yarovykh zernovykh kul'tur v Kirovskoy oblasti (analiticheskiy obzor)*. [Analysis of a phytosanitary condition of sowings of spring grain crops in the Kirov region (analytical review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2015;(5(48)):10-14. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24113596>

10. Sanin S. S. *Fitosanitarnye problemy intensivnogo rastenievodstva*. [Phytosanitary problems of intensive plant breeding]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(12):3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20616117>

11. Nemchenko V. V., Zargaryan N. Yu., Fomina M. Yu. *Tselesoobraz-nost' primeneniya fungitsidov na yarovoy pshenitsе*. [Applicability of fungicides in spring wheat]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2012;(10):47-49. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17953666>

12. Semynina T. V. *Kachestvo semyan ne pozvolyaet ekonomit' na protravlivanii*. [Quality of seeds does not allow economizing on seed treatments]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2013;(8):19-21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19644231>

13. Rzaeva V. V., Fisunov N. V. *Osnovnaya obrabotka pochvy pri vozde-lyvanii yarovoy pshenitsy v Severnom Zaural'e*. [Basic tillage for spring wheat cultivation in the Northern TRANS-Urals]. *Aktual'nye problemy zemledeliya i zashchity pochv ot erozii: sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. i Shkoly molodykh uchenykh, posvyashch. Godu ekologii i 50-letiyu vykhoda Postanovleniya o bor'be s eroziyey pochvy*. [Actual problems of agriculture and soil protection from erosion: Collection of reports of International scientific and practical Conf. and Schools of young scientists, vol. Year of ecology and the 50th anniversary of the Decree on combating soil erosion]. Kursk: *izd-vo OOO «TOP+»*, 2017. pp. 238-241. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29972689>

14. Kiryushin V. I. *Zadachi nauchno-innovatsionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii*. [Tasks of scientific and innovative support of agriculture in Russia]. *Zemledelie*. 2018;(3):3-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2018-10301>

15. Samofalova I. A., Kamenskikh N. Yu., Kizil'skaya R., Ashkin T. *Vliyanie priemov osnovnoy obrabotki v yuzhno-taеzhnoy podzone na gumusnoe sostoyanie dernovo-podzolistoy pochvy*. [Influence of primary tillage practices in south-taiga subzone on organic matter state in sod-podzolic soil]. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2015;1(9):55-61. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23172593>

16. Beloshapkina O. O., Akimov T. A. *Dinamika i patogennyi sostav kornevykh gniley ozimoy pshenitsy v zavisimosti ot sposobov osnovnoy obrabotki dernovo-podzolistoy pochvy*. [Dynamics and pathogenic composition of winter wheat root rots depending on the basic tillage methods of the sod-podzol soil]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2016;(3):47-60. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26686928>

17. Romanenko A. A., Vasyukov P. P. *Kto postavit tochku v voyne s zemley?* [Who will put an end to the war with earth?]. *Zemledelie*. 2006;(6):23-25. (In Russ.).

18. Tsvetkov M. L. *Resursosberezhenie v zemledelii yuga Zapadnoy Sibiri: monografiya*. [Resource conservation in agriculture in the South of Western Siberia: monograph]. Saarbrücken LAP, 2014. 294 p.

19. Cherkasov G. N., Dubovik D. V., Masyutenko N. P., Chuyan O. G., Akimenko A. S., Gureev I. I. etc. *Nauchno-prakticheskie osnovy adaptivno-landshaftnoy sistemy zemledeliya Kurskoy oblasti*. [Scientific and practical bases of adaptive landscape system of agriculture of the Kursk region]. Kursk: *FGBNU VNIIZiZPE FANO Rossii*, 2017. 188 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29730624>

20. Babalola O. O. Beneficial bacteria of agricultural importance. *Biotechnol. Lett.* 2010;32(11):1559-1570. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0347-0>
21. Shirokikh I. G., Bakulina A. V., Nazarova Ya. I., Shirokikh A. A., Kozlova L. M. *Vliyanie Streptomyces castelarensis na zabolevaemost' i urozhaynost' zernovykh kul'tur polevogo sevooborota*. [Effect of streptomyces castelarensis A4 on the lesion by phytopathogenic micromycetes and the yield of grain crops of field rotation]. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*. 2020;54(1):59-66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S0026364820010080>
22. Danilova A. A. *Fitotoksichnost' gribnogo kompleksa v vyshchelochennom chernozeme Priob'ya pri razlichnykh sposobakh osnovnoy obrabotki pochvy*. [Phytotoxicity of fungal complex in leached chernozem of Priob'e during different methods of main soil cultivation]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2010;45(3):108-111. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/3-2010danilova.html>
23. Maksyutov N. A., Skorokhodov V. Yu., Kaftan Yu. V., Mitrofanov D. V., Zenkova N. A., Zhizhin V. N. *Vliyanie gustoty stoyaniya rasteniy yarovoy tverдой pshenitsy na ee urozhaynost' v stepnoy zone yuzhnogo Urala*. [Influence of spring durum wheat plants density on crop yields in the steppe zone of south Urals]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017;(3):16-18. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29746998>
24. Chulkina V. A., Toropova E. Yu., Pavlova O. I., Vorob'eva I. G., Khovalyng N. A. *Sovremennye ekologicheskie osnovy integrirrovannoy zashchity rasteniy*. [Modern ecological bases of integrated plant protection]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2008;(9):18-22. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13794832>
25. Talanov I. P., Akhmetzyanov M. R., Vafina L. T. *Fitosanitarное sostoyanie posevov i urozhaynost' ozimoy rzhii*. [Phytosanitary state of crops and winter rye productivity]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2016;1(39):5-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26164286>
26. Beloshapkina O. O., Nikolaev V. A., Akimov T. A. *Razvitie gribnykh bolezney ozimoy pshenitsy pri raznykh sposobakh osnovnoy obrabotki pochvy*. [Development of winter wheat fungal diseases under different types of primary soil tillage]. *Problemy razvitiya APK regiona*. 2015;3(23):19-23. (In Russ.). URL: [https://apk05.ru/documents/apk2015/apk\\_3\\_2015.pdf](https://apk05.ru/documents/apk2015/apk_3_2015.pdf)
27. Tambong J. T., Barasubiye T., Gregorch E. G., VeLaughlin N. B., Levesque C. A. A molecular study on the effect of soil compaction on the ecology of Pythium communities. *Proc. of Symp. on Crop Protection*. Gent. Belgium. 2005. P.3.
28. Glazunova N. I., Romanenko E. S., Shipulya A. N., Dergunova E. V. *Sposoby obrabotki pochvy i kompleks patogennykh mikroorganizmov v agrotsenoze ozimoy pshenitsy*. [Ways of soil treatment and complex of pathogenic micromycetes in agrocenosis of winter wheat]. *Zemledele. 2012;(4):31-33*. (In Russ.).

#### **Сведения об авторах**

✉ **Козлова Людмила Михайловна**, доктор с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заведующая отделом земледелия, агрохимии и кормопроизводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-0996>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Носкова Евгения Николаевна**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории земледелия, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7865>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Попов Фёдор Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией агрохимии и кормопроизводства, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 166а, ул. Ленина, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9801-3453>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

#### **Information about the authors**

✉ **Lyudmila M. Kozlova**, DSc in Agricultural science, leading researcher, Head of the Department of Crop Farming, Agrochemistry and Fodder Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6363-0996>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Eugenia N. Noskova**, PhD in Agricultural science, researcher, the Laboratory of Soil Management, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4685-7865>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

**Fyodor A. Popov**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Head of the Laboratory of Agrochemistry and Fodder Production, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: [priemnaya@fanc-sv.ru](mailto:priemnaya@fanc-sv.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9801-3453>, e-mail: [zemledele\\_niish@mail.ru](mailto:zemledele_niish@mail.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742>  
УДК 631.51.01:631.435



## Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике

© 2020. В. Г. Антонов ✉

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Изучали (2006-2019 гг.) влияние ресурсосберегающих систем обработки почвы на основе комбинированных почвообрабатывающих агрегатов KOS-3 (1-й минимальный), БДМ-3,2x4 (2-й минимальный), Паук-6 (3-й минимальный без осенней обработки) в зернопаропропашином и зернопаропропашином сидеральном севооборотах на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы и урожайность сельскохозяйственных культур. В год закладки опыта доля агрегатов (0,25-10 мм) в почве зернопаропропашиного севооборота составила 72,2-74,4 %, зернопаропропашиного сидерального – 70,1-73,2 % при коэффициенте структурности (K) 2,60-2,91 и 2,41-2,73 соответственно. За две ротации севооборотов структурное состояние почвы улучшилось под воздействием сидерального севооборота (K = 3,07, НСР<sub>05</sub> = 0,13) по сравнению с зернопропашиным без сидератов (K = 2,93). Более существенные различия по коэффициенту структурности почвы получены по изучаемым обработкам: 3,03 (вспашка), 3,41 (1-й минимальный), 2,91 (2-й минимальный), 2,65 (3-й минимальный) при НСР<sub>05</sub> = 0,17. Первый и второй способы минимальной обработки имели преимущество над вспашкой по увеличению агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) в сравнении с исходной почвой. В среднем по севооборотам урожайность зерновых при классическом и первом минимальном способах обработки почвы (3,65-3,66 т/га) существенно превысила (на 0,15-0,43 т/га, НСР<sub>05</sub> = 0,10) показатели остальных вариантов с минимальными обработками. Урожайность картофеля во всех вариантах с минимальными обработками почвы была существенно ниже (на 5,1-8,3 т/га, НСР<sub>05</sub> = 1,44), чем при использовании вспашки – 27,8 т/га. Оценка рентабельности возделывания зерновых культур показала целесообразность замены отвальной вспашки на ресурсосберегающие способы с использованием комбинированных почвообрабатывающих агрегатов KOS-3 и БДМ-4-3,2, обеспечивающих урожайность яровой и озимой пшеницы, ячменя и яровой вики на уровне 2,42-4,50 и 2,33-4,41 т/га соответственно при рентабельности возделывания 51-64 и 44-59 %. Третий минимальный способ обработки снизил рентабельность возделывания зерновых и вики на 10-15 %. Лучшие показатели рентабельности производства картофеля (67-82 %) достигнуты при классическом варианте обработки почвы.

**Ключевые слова:** севооборот, почвообрабатывающий агрегат, структурное состояние, урожайность, экономическая эффективность

**Благодарности:** научное исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема №0767-2019-0091).

Автор благодарит рецензентов за вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Антонов В. Г. Влияние минимальных способов основной обработки почвы на структурно-агрегатный состав серой лесной почвы в Чувашской Республике. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):733-742. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742>

Поступила: 28.05.2020

Принята к публикации: 17.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## The effect of minimum methods of primary tillage on the structural and aggregate composition of gray forest soil in the Chuvash Republic

© 2020. Vitaly G. Antonov ✉

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The article informs on the 2006-2019 studies of the effect of resource-saving methods of tillage based on the use of combined tillage units KOS-3 (1<sup>st</sup> minimum), BDM-3.2x4 (2<sup>nd</sup> minimum), Spider-6 (3<sup>rd</sup> minimum without autumn tillage) in two crop rotations (grain-fallow-row crop rotation and grain-fallow-row green manure crop rotation) on the structural-aggregate composition of gray forest soil and crop yields. During the year of laying the experiment the percentage of structural aggregates (0.25-10 mm) in the soil of a grain-fallow-row crop rotation ranged from 72.2 to 74.4 %, in a grain-fallow-row green manure crop rotation – from 70.1 to 73.2 %, with the structural coefficient (K) 2.60-2.91 and 2.41-2.73, respectively. For two crop rotations the structural state of the soil improved due to the effect of green manure crop rotation (K = 3.07, LSD<sub>05</sub> = 0.13) as compared to the grain-row without green manure (K = 2.93). More significant differences according to the soil structure coefficient were obtained in studied tillages: 3.03 (plowing), 3.41 (1<sup>st</sup> minimum), 2.91 (2<sup>nd</sup> minimum), 2.65 (3<sup>d</sup> minimum) with LSD<sub>05</sub> = 0.17. The first and the second methods of minimal tillage had an advantage over plowing as to the increase in agronomically valuable aggregates (0.25-10 mm) as compared with the original soil. On the average among the crop rotations the yield of grain crops by classical and 1<sup>st</sup> minimum methods of tillage (3.65-3.66 t/ha) exceeded signifi-

cantly the indicators of all the rest variants with minimum tillage (by 0.15-0.43 t/ha,  $LSD_{05} = 0.10$ ). The yield of potato in all variants with minimal soil tillage was significantly lower (by 5.1-8.3 t/ha,  $LSD_{05} = 1.44$ ) than with plowing (27.8 t/ha). The assessment of profitability of grain crops cultivation showed the advantages of replacing the moldboard plowing for resource-saving methods using combined tillage units KOS-3 and BDM-4-3.2 which provided the yield of spring and winter wheat, barley and spring vetch at the level of 2.42-4.50 and 2.33-4.41 t/ha, respectively, with cultivation profitability of 51-64 and 44-59 %. The third minimum method of tillage decreased the cultivation profitability of grain crops and vetch by 10-15 %. The best indicators of potato production profitability (67-82 %) were achieved when using the classical variant of soil tillage.

**Key words:** crop rotation, tillage unit, structural state, productivity, economic efficiency

**Acknowledgements:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0767-2019-0091).

The author thanks the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

**Conflict of interest:** the author stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Antonov V. G. The effect of minimum methods of primary tillage on the structural and aggregate composition of gray forest soil in the Chuvash Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6):733-742. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.733-742>

Received: 28.05.2020

Accepted for publication: 17.11.2020

Published online: 10.12.2020

Выбор способа обработки почвы является одним из важнейших факторов, влияющих на рост и развитие растений, формирование урожая сельскохозяйственных культур. Пути совершенствования систем основной обработки почвы, проблемы снижения энергозатрат, степень адаптивности различных способов обработки почвы к конкретным условиям, накопление и сохранение продуктивной влаги, снижение засоренности, оптимизация агрохимических показателей и агрофизических свойств почвы, в т. ч. ее структурно-агрегатного состава, продолжают оставаться актуальными задачами в земледелии [1, 2, 3].

Основная обработка (вспашка) почвы, оставаясь наиболее энергоёмким и продолжительным по сроку выполнения приёмом в технологии возделывания, пока в недостаточной мере удовлетворяет требованиям максимального влагонакопления, влагосохранения, энергосбережения, и не отвечает требованиям щадящего воздействия на почву и окружающую среду. В связи с этим поиск путей минимализации основной обработки почвы без снижения урожаев сельскохозяйственных культур с учётом экологии среды имеет большое практическое значение [4]. Снижение затрат материальных, трудовых, энергетических ресурсов в системе обработки почвы в севооборотах возможно и при сокращении или исключении некоторых приёмов за счет применения комбинированных почвообрабатывающих орудий, выполняющих за один проход несколько операций, если это не оказывает отрицательного действия на плодородие почвы и урожай культур.

Многочисленный отечественный и зарубежный опыт свидетельствует о том, что

система земледелия с ресурсосберегающими способами обработки почвы позволяет избежать ухудшения агрофизических свойств почвы, снизить темпы ее деградации [5, 6, 7]. Доказано положительное влияние на почвенное плодородие минимальных обработок при использовании их на фоне соломы и сидератов [8, 9]. Под влиянием обработок улучшается структурно-агрегатное состояние почвы, оказывая благоприятное воздействие на ее водно-воздушный и тепловой режимы, микробиологические процессы и плодородие, рост и развитие растений, способствуя формированию высоких урожаев сельскохозяйственных культур [10, 11, 12].

**Цель исследований** – выявить наиболее эффективные способы обработки серой лесной почвы при возделывании основных зерновых, зернобобовых культур и картофеля в севооборотах с чистым и сидеральным парами. В задачи исследований входило выявление способов минимальной обработки почвы, обеспечивающих её благоприятное структурно-агрегатное состояние.

**Материал и методы.** Исследования (2006...2019 гг.) проводили в Чувашском НИИСХ – филиале ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» в двухфакторном стационарном опыте.

**Фактор А – севообороты:**

**Зернопаропропашной (С):**

1. Яровая.
2. Чистый.
3. Оз. пшеница.
4. Картофель.
5. Ячмень.
6. Яровая вика.

**Зернопаропропашной сидеральный (Д):**

1. Яровая пшеница + клевер.
2. Клевер (сидерат).
3. Оз. пшеница.
4. Картофель.
5. Ячмень.
6. Яровая вика.

Возделываемые сорта сельскохозяйственных культур в севооборотах за время исследований: яровая пшеница Московская 35, озимая пшеница Московская 39, картофель Чайка, ячмень Эльф, яровая вика Цивилиянка.

*Фактор В – Способы обработки почвы, глубина обработки:*

1. Контроль: Классический (традиционный) – ПОН-3+1, 24-26 см (осенняя обработка); Паук-6, 4-6 см (весенняя обработка); севооборота С-1 и Д-1.

2. Минимальный-1: КОС-3,0, 14-16 см (осенняя); Паук-6, 4-6 см (весенняя) (С-2 и Д-2).

3. Минимальный-2: БДМ-3,2х4, 14-16 см (осенняя), Паук-6, 4-6 см (весенняя) (С-3 и Д-3).

4. Минимальный-3: (без осенней обработки), Паук-6, 4-6 см (весенняя) (С-4 и Д-4).

Орудия, применяемые в опыте для обработки почвы:

1. Плуг оборотный навесной – ПОН-3+1.

2. Комбинированное орудие КОС-3 производства Польши. Имеет широкие стрельчатые лапы усиленного типа, за задним рядом лап установлены загортачи и трубчатый каток. Производит рыхление без выворачивания пласта на глубину до 17 см, выравнивание и прикатывание почвы.

3. Комбинированное орудие Паук-6 Пензенского завода ЗАО «Пензаагрореммаш». Имеет усиленные культиваторные стрельчатые лапы, секции коноидальных ножевых (игольчатых) дисков и спиральный планчатый каток. Производит рыхление на глубину до 16 см, выравнивание и прикатывание.

4. Борона дисковая модифицированная (дискатор) – БДМ-3,2х4.

Повторность опыта 3-кратная. Количество делянок  $8 \times 3 = 24$ . Общая площадь каждой элементарной делянки –  $900 \text{ м}^2$  ( $6 \times 150 \text{ м}$ ), учетная –  $600 \text{ м}^2$ .

Исследования и дисперсионный анализ данных проводили согласно методическим указаниям<sup>1</sup>.

Почвенные образцы отбирали перед закладкой опыта (2006 г.) и после прохожде-

ния второй ротации севооборотов (2019 г.). Содержание гумуса определяли по методу Тюрина (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора – колориметрическим методом по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), подвижного калия – по Кирсанову (ГОСТ 26207-91), обменную кислотность (рН солевой вытяжки в растворе хлористого калия) – потенциометрическим методом (ГОСТ 26207-91); макроагрегатный анализ почвы пахотного слоя почвы (30 см) выполнен по методу Н. И. Савинова. Определение плотности сложения – с помощью бура Некрасова, твердость почвы – прибором Wile Soil. Учет урожая проводили поделочно зерноуборочным комбайном Сампо-500. Урожай пересчитывали на 14 % влажность зерна и 100 % чистоту.

Экономическую оценку эффективности вариантов обработок проводили путем сопоставления стоимости полученной продукции с произведенными затратами согласно технологическим картам.

Стационарный опыт расположен на слабопологом склоне северо-восточной экспозиции со слабовыраженным микрорельефом. Почва опытного участка серая лесная тяжело-суглинистая, слабосмытая на лессовидном покровном суглинке. Содержание гумуса – 5,5 %, подвижного фосфора – 225 мг/кг, обменного калия – 146 мг/кг, рН – 5,3.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур в севооборотах общепринятая для природно-климатических условий Чувашской Республики, за исключением изучаемых обработок. Выращивали картофель по «Западноевропейской» технологии с шириной междурядья 90 см. Обязательный приём – измельчение побочной продукции. Удобрение (нитроаммофоска) под зерновые культуры вносили в дозе  $\text{N}_{40}\text{P}_{40}\text{K}_{40}$ , под картофель –  $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ , из них 2/3 части под предпосевную обработку почвы разбрасывателем МВУ-6, 1/3 часть в рядки при посеве или посадке. Против сорной растительности по вегетации на посевах зерновых культур использовали гербицид Балерина (0,3 л/га) + Мортира (11 г/га), на картофеле – Эскудо (25 г/га).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты анализов структурно-агрегатного состава исходных образцов серой лесной почвы с тяжелосуглинистым гранулометрическим составом показали преобладание фракции размером 1 мм (с 21,3 до 28,3 %) (табл. 1).

<sup>1</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 335 с.

Таблица 1 – Структурно-агрегатный состав пахотного слоя почвы в год закладки опыта (2006 год, исходный – начало ротации севооборотов), % /  
Table 1 – Structural and aggregate composition of the top soil in the year of laying the experiment (2006, the beginning of crop rotations), %

Размер агрегата, мм / Size of aggregate, mm	Зернопаропашной севооборот / Grain-fallow-rot crop rotation					Зернопропашной сидеральный севооборот / Grain-row green manure crop rotation						
	контроль / control	минимальный-1 / minimal-1	минимальный-2 / minimal-2	минимальный-3 / minimal-3	контроль / control	минимальный-1 / minimal-1	минимальный-2 / minimal-2	минимальный-3 / minimal-3	контроль / control	минимальный-1 / minimal-1	минимальный-2 / minimal-2	минимальный-3 / minimal-3
>10	13,0	15,1	16,1	16,7	14,5	16,7	18,7	17,8	14,5	16,7	18,7	17,8
7-10	12,0	10,2	7,8	9,4	10,8	8,7	12,3	9,0	10,8	8,7	12,3	9,0
5-7	6,0	5,7	6,6	6,8	6,9	6,3	7,5	7,5	6,9	6,3	7,2	7,5
3-5	9,3	6,9	6,9	7,7	7,1	11,3	10,4	10,4	7,1	11,3	7,7	10,4
2-3	10,9	8,8	8,9	10,4	9,3	9,2	9,8	9,8	9,3	9,2	9,9	9,8
1	27,0	28,3	26,6	23,0	26,8	24,9	22,2	22,2	26,8	24,9	21,3	22,2
∑ 1-5	53,2	49,7	49,0	47,9	50,1	51,7	49,9	49,9	50,1	51,7	48,1	49,9
0,5-1,0	7,2	6,8	7,2	7,5	7,0	7,2	7,1	7,1	7,0	7,2	6,6	7,1
0,25-0,5	6,6	6,3	6,4	7,8	7,6	6,7	6,8	6,8	7,6	6,7	5,2	6,8
<0,25	12,6	11,9	11,7	10,2	12,3	12,6	9,4	9,4	12,3	12,6	11,1	9,4
∑ 0,25-10	74,4	74,0	72,2	73,1	73,2	70,7	72,8	72,8	73,2	70,7	70,1	72,8
K	2,91	2,74	2,60	2,71	2,73	2,41	2,68	2,68	2,73	2,41	2,35	2,68
P	1,15	1,16	1,14	1,15	1,12	1,13	1,15	1,15	1,12	1,13	1,16	1,15
Y	-0,78	-0,82	-0,76	-0,77	-0,85	-0,88	-0,78	-0,78	-0,85	-0,88	-0,81	-0,78

Примечания: K – коэффициент структурности определяется отношением суммы агрегатов размером от 0,25 до 10 мм к сумме агрегатов >10 и <0,25 мм; P – плотность почвы, г/см<sup>3</sup>; Y – коэффициент корреляции Пирсона по шкале Челдока – связь между величиной плотности и коэффициентом структурности почвы (±0,3-0,1 – слабая связь; ±0,5-0,7 – заметная; ±0,7-0,9 – высокая; ±0,9-1,0 – очень высокая) /

Note: K – coefficient of structure is determined by the ratio of the sum of aggregates from 0.25 to 10 mm to the sum of aggregates >10 and <0.25 mm; P – soil density, g/cm<sup>3</sup>; Y – Pearson correlation coefficient on the Cheldock scale – the relationship between the value of the density of addition and the coefficient of soil structure (±0.3-0.1 – weak connection; ±0.5-0.7 – noticeable; ±0.7-0.9 – high; ±0.9-1.0 – very high).

Доля агрегатов свыше 10 мм составила 13,0-18,7 % (глыбистая фракция), менее 0,25 мм (пылеватая фракция) – 9,4-12,6 %. В исходной почве под зернопаропропашной севооборот агрегаты размером 0,25-10 мм составили 72,2-74,4 %, из них сумма агрегатов размером 1...5 мм (наиболее ценных с агрономической точки зрения) – 47,9-53,2 %, коэффициент структурности – 2,60-2,91; в исходной почве под зернопаропропашной сидеральный севооборот – 70,1-73,2 % (0,25-10 мм), 48,1-51,7 % (1-5мм), К=2,35-2,73 соответственно.

По существующим критериям агрегатное состояние исходной почвы под севооборотами по коэффициенту структурности оценивалось как отличное (К >1,5), по количеству агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) как хорошее (80-60 % по шкале С. И. Долгова, П. У. Бахтина).

В наших [13] и других исследованиях [14, 15] выявлено, что длительное применение минимальных способов обработки почвы приводит к увеличению плотности сложения пахотного слоя почвы и изменению структурно-агрегатного состава. В рассматриваемом опыте при использовании комбинированного агрегата КОС-3 (минимальный-1) плотность почвы по сравнению с ее исходным состоянием увеличилась на 0,03-0,06 г/см<sup>3</sup>, а при применении агрегата БДМ-4-3,2 (минимальный-2) на 0,05-0,08 г/см<sup>3</sup> (табл. 2, 3). Более значительное уплотнение пахотного слоя до 1,31 (+0,16 г/см<sup>3</sup>) произошло в почве зернопаропропашного севооборота без осенней обработки (минимальный-3). Выявлена обратная корреляционная связь между величиной плотности сложения и коэффициентом структурности почвы.

*Таблица 2 – Структурно-агрегатный состав и плотность пахотного слоя почвы в зернопаропропашном севообороте и их изменение за две его ротации, % /*

*Table 2 – Structural and aggregate composition and density of the top soil in the grain-fallow-row crop rotation and their changes during its two rotations, %*

Размер агрегата, мм / Size of aggregate, mm	Способ обработки почвы / Method of tillage				Изменения агрегатного состава (± к исходной почве) / Changes in aggregate composition (± to the original soil)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
>10	8,5	14,1	17,7	21,8	-4,5	-1,0	+1,6	+5,1
7-10	7,3	10,3	9,2	9,9	-4,7	+0,1	+1,4	+0,5
5-7	5,1	7,9	7,7	8,8	-0,9	+2,2	+1,1	+2,0
3-5	7,4	6,3	9,5	7,7	-1,9	-0,6	+2,6	0
2-3	12,9	10,3	11,6	10,7	+2,0	+1,5	+2,7	+0,3
1	31,2	30,1	23,8	22,2	+4,2	+1,8	-2,8	-0,8
∑ 1-5	56,6	54,6	52,6	49,4	+3,4	+4,9	+3,6	+1,5
0,5-1,0	8,2	6,8	7,0	6,5	+1,0	0	-0,2	-1,0
0,25-0,5	7,1	5,3	6,4	5,6	-0,1	-1,5	-0,8	-1,9
<0,25	16,7	8,9	8,1	6,8	+4,1	-3,0	-3,6	-3,4
∑ 0,25-10	74,8	77,0	74,2	71,4	+0,4	+3,0	+2,0	-1,7
К	2,97	3,35	2,88	2,50	+0,06	+0,61	+0,28	-0,21
ρ, г/см <sup>3</sup>	1,16	1,22	1,24	1,31	+0,01	+0,06	+0,08	+0,16
γ	-0,78	-0,82	-0,71	-0,77	-0,80	-0,89	-0,77	-0,87

Примечания: 1 – ПОН-3+1, 24-26 см (вспашка, контроль); 2 – КОС-3,0, 14-16 см (минимальный-1); 3 – БДМ-3,2х4, 14-16 см (минимальный-2); 4 – без осенней обработки (минимальный-3) /

Note: 1 – MRP (mounted reversible plow)-3+1, 24-26cm (plowing, control); 2 – КОС-3,0, 14-16 cm (minimal-1); 3 – BDM-3,2x4, 14-16 cm (minimal-2); 4 – without autumn tillage (minimal-3)

*Таблица 3 – Структурно-агрегатный состав и плотность пахотного слоя почвы в зернопаропашном сидеральном севообороте и их изменение за две его ротации, % /*

*Table 3 – Structural and aggregate composition and density of the top soil layer in the grain-fallow-row green manure crop rotation and their changes during its two rotations, %*

Размер агрегата, мм / Size of aggregate, mm	Способ обработки почвы / Method of tillage				Изменения агрегатного состава ( $\pm$ к исходной почве) / Changes in aggregate composition ( $\pm$ to the original soil)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
>10	8,1	12,1	17,5	20,2	-6,4	-4,6	+1,2	+2,4
7-10	7,7	11,2	9,2	9,0	-3,1	+2,4	-3,1	0
5-7	6,9	8,3	7,7	9,7	0	+2,0	+0,5	+2,2
3-5	6,2	7,5	9,5	8,7	-0,9	-3,8	+1,8	-1,7
2-3	11,3	10,9	11,6	10,2	+2,0	+1,7	+1,7	+0,4
1	28,0	27,9	23,2	23,2	+1,2	+3,0	+1,9	+1,0
$\Sigma$ 1-5	52,4	54,6	52,0	51,8	+2,3	+2,9	+2,9	+1,9
0,5-1,0	8,8	6,0	7,0	5,6	+1,8	+1,2	+0,4	-1,5
0,25-0,5	6,6	5,8	6,4	7,3	-1,0	-0,9	+1,2	+0,5
<0,25	16,4	10,3	7,9	6,1	+4,1	-2,3	-3,2	-6,3
$\Sigma$ 0,25-10	75,5	77,6	74,6	73,7	+2,3	+6,9	+4,5	+0,9
K	3,08	3,46	2,94	2,80	+0,35	+1,05	+0,60	+0,12
P, г/см <sup>3</sup>	1,10	1,16	1,21	1,23	-0,02	+0,03	+0,05	+0,08
Y	-0,78	-0,82	-0,71	-0,77	-0,77	-0,83	-0,79	-0,87

Примечания: 1 – ПОН-3+1, 24-26 см (вспашка, контроль); 2 – KOS-3,0, 14-16 см (минимальный-1); 3 – БДМ-3,2x4, 14-16 см (минимальный-2); 4 – без осенней обработки (минимальный-3) /

Note: 1 – MRP (mounted reversible plow)-3+1, 24-26cm (plowing, control); 2 – KOS-3,0, 14-16 cm (minimal-1); 3 – BDM-3,2x4, 14-16 cm (minimal-2); 4 – without autumn tillage (minimal-3)

При длительном использовании способов обработок «минимальный-2 и -3» в структуре почвы возросла доля глыбистой фракции (>10 мм) на 1,6-5,1 % в зернопропашном и 1,2-2,4 % зернопропашном сидеральном севооборотах, а количество пылеватых фракций (менее 0,25 мм), наоборот, уменьшилось во всех вариантах с минимальными обработками на 2,3-6,3 %. Применение способа обработки почвы «минимальный-1» способствовало наибольшему увеличению доли агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) и коэффициента структурности почвы, максимально в сидеральном севообороте – на 6,9 % и 1,05 соответственно. Менее выраженное влияние на структурное состояние почвы оказал способ обработки «минимальный-2»: увеличение содержания суммы фракций 0,25-10 мм составило 2,0-4,5 %, коэффициента структурности почвы – 0,28-0,60, с максимальными значениями в сидеральном севообороте. Использование только весенней обработки почвы (мини-

мальный-3) привело в зернопропашном севообороте к снижению коэффициента структурности почвы на 0,22.

В среднем по опыту структурное состояние почвы улучшалось под воздействием сидерального севооборота (K = 3,07, НСР<sub>05</sub> = 0,13) по сравнению с зернопропашным без сидератов (K = 2,93). Более существенные различия по коэффициенту структурности почвы получены по изучаемым обработкам (в среднем по севооборотам): 3,03 (контроль), 3,41 (минимальный-1), 2,91 (минимальный-2), 2,65 (минимальный-3) при НСР<sub>05</sub> = 0,17.

Влияние способов обработки почвы (фактор В) на урожайность сельскохозяйственных культур представлено в таблице 4. В среднем по севооборотам урожайность зерновых при классическом и «минимальный-1» способах обработки почвы (3,65-3,66 т/га) существенно превысила урожайность в остальных вариантах с минимальными (2 и 3)

обработками – на 0,15...0,16-0,42...0,43 т/га (НСР<sub>05</sub> по фактору В = 0,10). Урожайность картофеля во всех вариантах с минимальными обработками почвы была существенно ниже

(на 5,1, 6,6 и 8,3 т/га, НСР<sub>05</sub> = 1,44), чем при использовании вспашки – 27,8 т/га. Значимого влияния севооборотов (фактор А) на урожайность культур не выявлено.

*Таблица 4 – Урожайность сельскохозяйственных культур (среднее) за две ротации севооборотов, т/га / Table 4 – Crop yield (average) for two crop rotations, t/ha*

Способ обработки (В) / Tillage method (B)	Яровая пшеница / Spring wheat	Озимая пшеница / Winter wheat	Картофель / Potato	Ячмень / Barley	Вика / Vetch	Среднее (В) / Average (B)		
						по зерновым / for grain	по картофелю / for potatoes	
Зернопаропропашной (А) / Grain-fallow-row (A)								
1. Классический / Classic	4,21	4,48	27,3	3,14	2,58	3,65	27,8	
2. Минимальный-1 / Minimal-1	4,40	4,46	22,2	3,32	2,42	3,66	22,7	
3. Минимальный-2 / Minimal-2	4,19	4,25	20,4	3,18	2,33	3,50	21,2	
4. Минимальный-3 / Minimal-3	3,95	4,14	19,5	2,61	2,09	3,23	19,5	
Среднее (А) / Average (A): по зерновым / for grain по картофелю / for potatoes						3,48 22,3	- -	- -
Зернопаропропашной сидеральный (А) / Grain-fallow-row green manure (A)								
1. Классический / Classic	4,26	4,57	28,4	3,26	2,69	-	-	
2. Минимальный-1 / Minimal-1	4,29	4,50	23,3	3,43	2,46	-	-	
3. Минимальный-2 / Minimal-2	4,03	4,41	21,9	3,24	2,41	-	-	
4. Минимальный-3 / Minimal-3	3,94	4,23	19,5	2,71	2,18	-	-	
Среднее (А) / Average (A): по зерновым / for grain по картофелю / for potatoes						3,50 23,3	- -	- -

Примечания: для зерновых: НСР<sub>05</sub> по фактору А – 0,14 т/га, НСР<sub>05</sub> по фактору В – 0,10 т/га НСР<sub>05</sub> для факторов АВ – 0,31; для картофеля: НСР<sub>05</sub> по фактору А – 1,85 т/га, НСР<sub>05</sub> по фактору В – 1,44 т/га, НСР<sub>05</sub> для факторов АВ – 2,26 /

Note: for grain: LSD<sub>05</sub> factor A – 0.14 t/ha, LSD<sub>05</sub> factor B – 0.10 t/ha. LSD<sub>05</sub> for factors AB – 0.31 t/ha; for potatoes: LSD<sub>05</sub> factor A – 1.85 t/ha, LSD<sub>05</sub> factor B – 1.44 t/ha, LSD<sub>05</sub> for factors AB – 2.26 t/ha

Использование комбинированного почвообрабатывающего агрегата КОС-3 (минимальный-1) и дисковой бороны БДМ-3,2х4 (минимальный-2) для осенней обработки почвы в течение двух ротаций обеспечивали урожайность яровой и озимой пшениц и ячменя 3,18-4,50 т/га, яровой вики – 2,33-2,46 т/га при уровне рентабельности соответственно 44-59 и 54-64 % (табл. 5). При возделывании картофеля лучшие условия формирования урожая создавались в классическом варианте обработки почвы в севооборотах, где его урожайность составила 27,3-28,4 т/га, рентабельность производства 67 и 82 %.

Возделывание культур без осенней обработки почвы (минимальный-3) привело

к недобору урожая как зерновых культур, так и картофеля.

Лучшие результаты экономической эффективности в технологии возделывания зерновых культур и яровой вики получены за две ротации севооборотов при замене классического способа обработки почвы на «минимальный-1». Замена обеспечила получение дополнительного чистого дохода с 1 га посевов в севооборотах от 2,2 до 2,8 тыс. руб. и повышение уровня рентабельности производства соответственно на 10-17 % (табл. 5).

Эффективность второго варианта минимальной обработки почвы при возделывании яровой и озимой пшениц получена на уровне классического способа, а при возделывании

ячменя и яровой вики превосходила его на 5-10 %. Третий минимальный способ обработки значительно ухудшил основные экономи-

ческие показатели, при его применении рентабельность возделывания этих культур снизилась на 10-15 %.

**Таблица 5 – Рентабельность возделывания сельскохозяйственных культур (среднее) за две ротации севооборотов по способам обработки, % /**

**Table 5 – Profitability of agricultural crops cultivation (averaged) for two crop rotations according to the tillage methods, %**

Способ обработки / Tillage method	Яровая пшеница / Spring wheat	Озимая пшеница / Winter wheat	Картофель / Potatoes	Ячмень / Barley	Вика / Vetch
Зернопаропропашной / Grain-fallow-row					
1. Классический / Classic	42	44	67	39	48
2. Минимальный-1 / Minimal-1	56	55	51	54	62
3. Минимальный-2 / Minimal-2	44	48	47	46	54
4. Минимальный-3 / Minimal-3	31	34	34	26	34
Зернопропашной сидеральный / Grain-row green manure					
1. Классический / Classic	45	45	82	42	49
2. Минимальный-1 / Minimal-1	55	56	76	59	64
3. Минимальный-2 / Minimal-2	45	48	50	47	59
4. Минимальный-3 / Minimal-3	30	35	36	30	38

**Выводы.** В условиях Чувашской Республики на серых лесных почвах в зернотравяно-пропашных севооборотах возможна замена традиционного способа обработки почвы, основанного на отвальной вспашке, на ресурсосберегающие способы с использованием комбинированных почвообрабатывающих агрегатов KOS-3 и БДМ-3,2х4. При их применении в течение двух ротаций, по сравнению со вспашкой, большинство параметров структурно-агрегатного состояния почвы не ухудшилось. При минимальной обработке почвы агрегатом KOS-3 наблюдали наибольшее увеличение доли агрономически ценных агрегатов (0,25-10 мм) до 77,0-77,6 % и коэффициента структурности почвы до 3,35-3,46.

Ресурсосберегающие способы обработки серой лесной почвы с использованием KOS-3 и БДМ-3,2х4 при возделывании яровой и озимой пшениц, ячменя и яровой вики обеспечили их продуктивность 2,42-4,50 и 2,33-4,41 т/га соответственно при уровне рентабельности 51-64 и 44-59 %.

При возделывании картофеля лучшие условия формирования урожая создавались в варианте с классической обработкой почвы в севооборотах, где его урожайность составила 27,3-28,4 т/га при рентабельности производства в зернопропашном севообороте 67 %, зернопропашном сидеральном – 82 %. Урожайность картофеля во всех вариантах с минимальными обработками почвы была существенно ниже, чем при использовании зяблевой вспашки.

#### Список литературы

1. Кирюшин В. И. Задачи научно-инновационного обеспечения земледелия России. Земледелие. 2018;(3):3-8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/zadachi-nauchnoinnovatsionnogo-obespecheniya-zemledeliya-rossii/viewer>
2. Пыхтин И. Г. Обработка почвы: действительность и мифы. Земледелие. 2017;(1):33-36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrabotka-pochvy-deystvitelnost-i-mify>
3. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(1):5-8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podhod-k-sistematizatsii-obrabotok-pochvy-v-agrotekhnologiyah-novogo-pokoleniya>

4. Ивенин В. В., Ивенин А. В., Шубина К. В., Минеева Н. А. Сравнительная эффективность технологий возделывания зерновых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона. Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(3(6)):27-32. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36759589>
5. Кирюшин В. И. Проблема минимизации обработки почвы: перспективы развития и задачи исследований. Земледелие. 2013;(7):3-6. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-minimizatsii-obrabotki-pochvy-perspektivy-razvitiya-i-zadachi-issledovaniy>
6. Мазиров М. А., Матюк Н. С., Полин В. Д., Малахов Н. В. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы. Земледелие. 2018;(2):33-36. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-raznyh-sistem-obrabotki-i-udobreniy-na-plodorodie-dernovo-podzolistoy-pochvy>
7. Мансуров Р. М. Ресурсосберегающие технологии: работа над ошибками. Аграрный эксперт. 2007;(3):4-7.
8. Козлова Л. М., Макарова Т. С., Попов Ф. А., Денисова А. В. Севооборот как биологический прием сохранения почвенного плодородия и повышения продуктивности пашни. Достижения науки и техники АПК. 2011;(1):16-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16333605>
9. Дзюин А. Г. Влияние соломы в севообороте на численность микроорганизмов и биологическую активность почвы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018; (1(62)):58-64. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.58-64>
10. Сорокина М. В. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы в зависимости от интенсивности обработки. Вестник сельского развития и социальной политики. 2018;(1 (17)):20-22. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32560946>
11. Байбеков Р. Ф. Природоподобные технологии – основа стабильного развития земледелия. Земледелие. 2018;(2):5-8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodopodobnye-tehnologii-osnova-stabilnogo-razvitiya-zemledeliya>
12. Беленков А. И., Сабо У., Кунафин Р. И. Теория и практика основной обработки почвы в современных системах земледелия. Владимирский земледелец. 2017;(1 (79)):8-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28984050>
13. Антонов В. Г., Ермолаев А. П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018; (4(65)):87-92. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>
14. Солодовников А. П., Летучий А. В., Степанов Д. С., Шагиев Б. З., Линьков А. С. Динамика плотности почвы чернозема южного при минимизации основной обработки. Земледелие. 2015;(1):5-7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-plotnosti-pochvy-chernozema-yuzhnogo-pri-minimalizatsii-osnovnoy-obrabotki>
15. Перфильев Н. В., Вьюшина О. А. Параметры темно-серой почвы при длительном применении различных систем обработки. Земледелие. 2016;(2):23-25. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-temno-seroy-lesnoy-pochvy-pri-dlitelnom-primeneniirazlichnyh-sistem-osnovnoy-obrabotki>

#### References

1. Kiryushin V. I. *Zadachi nauchno-innovatsionnogo obespecheniya zemledeliya Rossii*. [Tasks of scientific and innovative support of agriculture in Russia]. *Zemledelie*. 2018;(3):3-8. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/zadachi-nauchnoinnovatsionnogo-obespecheniya-zemledeliya-rossii/viewer>
2. Pykhtin I. G. *Obrabotka pochvy: deystvitel'nost' i mify*. [Tillage: reality and myths]. *Zemledelie*. 2017;(1):33-36. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrabotka-pochvy-deystvitelnost-i-mify>
3. Cherkasov G. N., Pykhtin I. G., Gostev A. V. *Sovremennyy podkhod k sistematizatsii obrabotok pochvy v agrotekhnologiyakh novogo pokoleniya*. [Modern approach to tillage systematization in agricultural technologies of new generation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(1):5-8. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podkhod-k-sistematizatsii-obrabotok-pochvy-v-agrotekhnologiyah-novogo-pokoleniya>
4. Ivenin V. V., Ivenin A. V., Chubina K. V., Mineeva N. A. *Sravnitel'naya effektivnost' tekhnologiy vozde-lyvaniya zernovykh kul'tur v zvene sevooborota na svetlo-serykh lesnykh pochvakh Volgo-Vyatskogo regiona*. [Comparative efficiency of technologies of cultivation of grain crops in the crop rotation link on light grey forest soils of the Volga-Vyatka region]. *Vestnik Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2018;(3(6)):27-32. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36759589>
5. Kiryushin V. I. *Problema minimizatsii obrabotki pochvy: perspektivy razvitiya i zadachi issledovaniy*. [The problem of minimization of soil cultivation: prospects and challenges in research]. *Zemledelie*. 2013;(7):3-6. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-minimizatsii-obrabotki-pochvy-perspektivy-razvitiya-i-zadachi-issledovaniy>

6. Mazirov M. A., Matyuk N. S., Polin V. D., Malakhov N. V. *Vliyaniye raznykh sistem obrabotki i udobreniy na plodorodie dernovo-podzolistoy pochvy*. [Systems and fertilizers on fertility of sod-podzolic soil]. *Zemledelie*. 2018;(2):33-36. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-raznyh-sistem-obrabotki-i-udobreniy-na-plodorodie-dernovo-podzolistoy-pochvy>

7. Mansurov R. M. *Resursosberegayushchie tekhnologii: rabota nad oshibkami*. [Resource-saving technologies: correction work]. *Agrarnyy ekspert*. 2007;(3):4-7. (In Russ.).

8. Kozlova L. M., Makarova T. S., Popov F. A., Denisova A. V. *Sevooborot kak biologicheskiy priem sokhraneniya pochvennogo plodorodiya i povysheniya produktivnosti pashni*. [Crop rotation as biological method of preservation of soil fertility and of increasing of efficiency of arable land]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2011;(1):16-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16333605>

9. Dzyuin A. G. *Vliyaniye solomy v sevooborote na chislennost' mikroorganizmov i biologicheskuyu aktivnost' pochvy*. [Effect of straw on the number of microorganisms and biological activity of soil in crop rotation]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; (1(62):58-64. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.58-64>

10. Sorokina M. V. *Strukturno-agregatnyy sostav i vodoprochnost' pochvy v zavisimosti ot intensivnosti obrabotki*. [Structural- aggregate composition and water resistance of the soil depending on the intensity of treatment]. *Vestnik sel'skogo razvitiya i sotsial'noy politiki*. 2018;(1 (17)):20-22. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32560946>

11. Baibekov R. F. *Prirodopodobnye tekhnologii – osnova stabil'nogo razvitiya zemledeliya*. [Nature-like technologies is the basis for sustainable development of agriculture]. *Zemledelie*. 2018;(2):5-8. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/prirodopodobnye-tehnologii-osnova-stabilnogo-razvitiya-zemledeliya>

12. Belenkov A. I., Umar Sabo, Kunafin R. I. *Teoriya i praktika osnovnoy obrabotki pochvy v sovremennykh sistemakh zemledeliya*. [Theory and practice of principle soil treatment in modern agricultural systems]. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agricolist*. 2017;(1 (79)):8-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28984050>

13. Antonov V. G., Ermolaev A. P. *Effektivnost' dlitel'nogo primeneniya minimal'nykh sposobov obrabotki pochvy v sevooborotakh*. [The efficiency of continuous application of minimum soil tillage methods in crop rotations]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; (4(65):87-92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>

14. Solodovnikov A. P., Letuchiy A. V., Stepanov D. S., Shagiev B. Z., Linkov A. S. *Dinamika plotnosti pochvy chernozema yuzhnogo pri minimalizatsii osnovnoy obrabotki*. [The dynamics of the southern chernozem density while minimizing the primary tillage]. *Zemledelie*. 2015;(1):5-7. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/dinamika-plotnosti-pochvy-chernozema-yuzhnogo-pri-minimalizatsii-osnovnoy-obrabotki>

15. Perfiliev N. V., Vyushina O. A. *Parametry temno-seroy pochvy pri dlitel'nom primeneni razlichnykh sistem obrabotki*. [Parameters of dark grey forest soil at prolonged application of different tillage systems]. *Zemledelie*. 2016;(2):23-25. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/parametry-temno-seroy-lesnoy-pochvy-pri-dlitel'nom-primeneni-razlichnyh-sistem-osnovnoy-obrabotki>

#### **Сведения об авторе**

✉ **Антонов Виталий Григорьевич**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», п. Опытный, ул. Центральная д. 2, Цивильский район, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6783-8228>, e-mail: [antonOff.vital@yandex.ru](mailto:antonOff.vital@yandex.ru)

#### **Information about the author**

✉ **Vitaly G. Antonov**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Chuvash Research Institute of Agriculture – Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Opytny, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6783-8228>, e-mail: [antonOff.vital@yandex.ru](mailto:antonOff.vital@yandex.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751>



УДК 633.11: 631.5: 631.84: 631.559.2: 631.8.022.3

## Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании мягкой озимой пшеницы Краса Дона в южной зоне Ростовской области

© 2020. А. А. Сухарев , Г. В. Овсянникова

ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация

*Исследования (2017-2019 гг.) проводили в южной зоне Ростовской области. Почва – чернозем обыкновенный карбонатный. Изучали эффективность сроков внесения (осенью при прекращении вегетации, весной по таломерзлой почве и в фазу куцения культуры) аммиачной селитры ( $N_{30}$ ,  $N_{30+30}$ ) на урожайность и качество зерна озимой пшеницы сорта Краса Дона при различных нормах высева семян (500, 600, 700 шт/м<sup>2</sup>). Мягкая озимая пшеница сорта Краса Дона, возделываемая по предшественнику «подсолнечник», положительно реагировала на двукратную азотную подкормку осенью и весной ( $N_{30}$  осенью при прекращении осенней вегетации +  $N_{30}$  весной по таломерзлой почве). В этом варианте была сформирована наибольшая урожайность – 6,09-6,18 т/га. Превышение над контрольным вариантом (без азотных подкормок) составило 2,38-2,63 т/га в зависимости от нормы высева, что значительно превосходит уровень НСР<sub>05</sub> в опыте (НСР<sub>05</sub> = 0,24 т/га). В варианте при норме высева семян 500 шт/м<sup>2</sup> был получен максимальный экономический эффект – рентабельность составила 121,3 %, а условный чистый доход 34268 руб/га. Внесение азотных подкормок способствовало повышению массы 1000 зёрен до 42,6-43,0 г (в контроле 39,8-40,2 г) и содержания клейковины в зерне до 20,5-21,8 % (в контроле – 18,6-18,8 %).*

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum*, норма высева, азотные подкормки, срок внесения подкормки, урожайность, экономическая эффективность

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № 0706-2019-0004).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Сухарев А. А., Овсянникова Г. В. Сроки внесения аммиачной селитры при возделывании мягкой озимой пшеницы Краса Дона в южной зоне Ростовской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):743-751. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751>

Поступила: 01.09.2020

Принята к публикации: 05.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Periods of ammonium nitrate application during the cultivation of soft winter wheat variety Krasa Dona in the southern part of the Rostov region

© 2020. Aleksander A. Sukharev , Galina V. Ovsyannikova

Agricultural Research Center «Donskoy», Zernograd, Russian Federation

*The studies were carried out in the southern part of the Rostov region in 2017-2019 on typical carbonate chernozem. Studied was the efficiency of periods of ammonium nitrate application ( $N_{30}$ ,  $N_{30+30}$ ) in autumn when the vegetation season is finished, in spring in the thawed soil, and during the tillering phase on the yield and quality of winter wheat grain of Krasa Dona variety by different seed sowing rates (500, 600, 700 pcs/m<sup>2</sup>). Soft winter wheat variety Krasa Donacultivated after sunflower has shown a good reaction to double nitrogen top-dressing in autumn and in spring ( $N_{30}$  in autumn when the autumn growing season is finished +  $N_{30}$  in spring on thawed soil). In this variant there has been formed the largest yield of 6.09-6.18 t/ha. The productivity excess over the control variant (without nitrogen top-dressings) was 2.38-2.63 t/ha, depending on the seeding rate, which significantly exceeded the level of LSD<sub>05</sub> in the experiment (LSD<sub>05</sub> = 0.24 t/ha). In addition, in this variant with the seeding rate of 500 pcs/m<sup>2</sup> the maximum economic efficiency was obtained. The profitability was 121.3 %, and the contingent net income was 34,268 rub/ha. The application of nitrogen fertilizing provided an increase in the mass of 1000 grains to 42.6-43.0 g (39.8-40.2 g in the control) and increased the gluten content in the grain to 20.5-21.8 % (18.6-18.8 % in the control).*

**Keywords:** *Triticum aestivum*, seeding rates, nitrogen top-dressing, time of top-dressing application, productivity, economic efficiency

**Acknowledgment:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Agricultural Research Center «Donskoy» (theme No. 0706-2019-0004).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Sukharev A. A., Ovsyannikova G. V. Periods of ammonium nitrate application during the cultivation of soft winter wheat variety Krasa Dona in the southern part of the Rostov region. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):743-751. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.743-751>

Received: 01.09.2020

Accepted for publication: 05.11.2020

Published online: 10.12.2020

Главную роль в получении стабильных урожаев зерна мягкой озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) играет выбор предшественника [1]. Не менее важным элементом технологии, влияющим на урожайность, является применение минеральных удобрений [2]. Немаловажное значение в повышении урожайности этой культуры и улучшении качества зерна отводится азотным подкормкам [3, 4]. Азотное питание создает благоприятные условия для кущения осенью и весной, что позволяет нарастить число продуктивных стеблей, а, следовательно, увеличить урожайность и повысить экономическую эффективность производства [5]. Рано весной озимая пшеница, как правило, испытывает недостаток азота, поэтому весеннее внесение азотных удобрений способствует значительному повышению урожайности озимых зерновых культур [6]. Однако Ростовская область подвергается изменению погодноклиматических условий (часто наблюдается поздняя весна с быстрым нарастанием температуры), что снижает эффективность весенних азотных подкормок и требует вносить коррективы в сроки их внесения, тем самым компенсируя негативные абиотические факторы [7].

В качестве предшественника для озимой пшеницы всё чаще используется подсолнечник, который благодаря своей высокой экономической эффективности может занимать в севообороте значительное место<sup>1</sup>. Однако, по предшественнику «подсолнечник» создаются жесткие условия для роста и развития озимой пшеницы [8]. Для компенсации негативных для растений условий по данному предшественнику рекомендуется увеличивать норму высева семян, что, в свою очередь, позволяет увеличить количество продуктивных стеблей [9]. Регулируя норму высева, можно добиться как повышения урожайности, так и качества зерна озимой пшеницы [10, 11]. Так как азотные подкормки способствуют дополнительно кущению растений, важно выяснить оптимальную норму высева мягкой озимой пшеницы при различных дозах и сроках внесения азотной подкормки.

**Цель исследований** – выявить влияние сроков внесения аммиачной селитры на уро-

жай и качество зерна мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона при различных нормах высева по предшественнику «подсолнечник».

**Материал и методы.** Исследования проводили на опытном поле лаборатории технологии возделывания зерновых культур ФГБНУ «АНЦ «Донской» в 2017-2019 гг. В качестве объекта исследований был взят сорт мягкой озимой пшеницы Краса Дона, который высевали по предшественнику «подсолнечник» с нормами высева семян 500 шт/м<sup>2</sup>, 600 шт/м<sup>2</sup> и 700 шт/м<sup>2</sup>.

Почва опытного участка – чернозем обыкновенный карбонатный тяжелосуглинистый, мощный. Содержание гумуса в пахотном слое составляет 3,6 %, подвижного фосфора в пределах 20-22 мг/кг и обменного калия 315-320 мг/кг почвы.

Обработка почвы – рекомендованная для зоны, сроки посева в пределах оптимальных для зоны (20-30 сентября). Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см, посевная площадь делянки – 55 м<sup>2</sup>, повторность – четырёхкратная. После уборки предшественника под основную обработку вносили 120 кг/га аммофоса (NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>) в физическом весе, механизировано разбросным способом. Для подкормки использовали аммиачную селитру (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>). Подкормки осуществляли разбросным способом вручную. Осеннюю подкормку проводили в середине ноября, весенние подкормки – в марте-апреле.

Варианты опыта:

1. Контроль (без подкормок).
2. Ранневесенняя подкормка по таломерзлой почве в дозе N<sub>30</sub>.
3. Ранневесенняя подкормка по таломерзлой почве N<sub>30</sub> + подкормка в фазе весеннего кущения N<sub>30</sub>.
4. Осенняя подкормка N<sub>30</sub> + подкормка в фазе весеннего кущения N<sub>30</sub>.

Уборку урожая проводили комбайном Sampo 2010 прямым способом, учёт урожайности осуществляли весовым методом, для математической обработки данных использовали метод дисперсионного анализа<sup>2</sup>. Экономическую эффективность производства рассчитывали по методике Н. Н. Баранова с соавторами.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Зональные системы земледелия Ростовской области на 2013-2020 годы. Ростов-на-Дону: Донской издательский дом, 2013. Ч. I. 248 с.

<sup>2</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М., Агропромиздат. 1985. 351 с.

<sup>3</sup>Баранов Н. Н., Кореньков Д. А., Михайлова И. И., Васильева В. А., Синдрякова И. Ф., Поташева И. А. Экономика использования удобрений. М.: Колос, 1974. 320 с.

Таблица 1 – Влияние норм высева и доз азотных подкормок на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона по предшественнику «подсолнечник», т/га (2017-2019 гг.) / Table 1 – The effect of seeding rates and doses of nitrogen top-dressings on the yield of soft winter wheat variety Krasa Dona sown after «sunflower», t/ha (2017-2019)

Норма высева семян (фактор В) / Seeding rate (factor B)	Варианты внесения азотной подкормки (фактор А) / Variants of nitrogen top-dressings (factor A)				Среднее по фактору А (НСР <sub>05</sub> = 0,18) / Average for factor A (LSD <sub>05</sub> = 0,18)
	контроль (без подкормок) / control (no top dressings)	N <sub>30</sub> весной по таломерзлой почве / N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil	N <sub>30</sub> весной по таломерзлой почве + N <sub>30</sub> весеннее кущение / N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil + N <sub>30</sub> spring tillering	N <sub>30</sub> осеню + N <sub>30</sub> весной по таломерзлой почве / N <sub>30</sub> in the autumn + N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil	
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	3,46	4,58	5,42	6,09	4,89
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	3,64	4,88	5,57	6,11	5,05
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	3,81	5,06	5,66	6,18	5,18
Среднее по фактору В (НСР <sub>05</sub> = 0,21) / Average for factor B (LSD <sub>05</sub> = 0,21)	3,64	4,84	5,55	6,13	

НСР<sub>05</sub> (для сравнения частных средних) – 0,24 / Average LSD<sub>05</sub> is 0.24

Весна 2017 года была благоприятна для развития озимой пшеницы. За осенне-зимний период выпало 263,4 мм осадков, что составило 95 % от среднемноголетних за этот период, а возобновление весенней вегетации отмечено 1 марта 2017 г. Невысокие температуры весны способствовали продолжительному кущению озимых культур.

Весна 2018 года была менее благоприятна для роста и развития озимой пшеницы, чем весна 2017 года. Несмотря на то, что растения находились в хороших условиях влагообеспеченности (за осенне-зимний период выпало 307,4 мм осадков, что на 30,2 мм превысило сумму осадков по сравнению со среднемноголетним показателем), возобновление весенней вегетации наступило позже – 5 апреля 2018 г. Температура апреля на 1,8 °С превышала норму, поэтому растения получили меньше времени для дополнительного весеннего кущения, что связано с ускоренным прохождением фенологических фаз [12].

В 2019 году возобновление весенней вегетации отмечено 20 марта, превышение среднемноголетней температуры наблюдали во все весенние месяцы и в целом за весенний период оно составило 2,1 °С. Достаточно позднее возобновление вегетации и повышенный температурный режим уменьшили возможности для весеннего кущения озимой пшеницы.

Погодные условия за годы исследований отличались разнообразием, что позволило широко охарактеризовать эффективность различных сроков внесения азотных подкормок.

**Результаты и их обсуждение.** В среднем за 2017-2019 гг. по предшественнику «подсолнечник» урожайность составила 3,46-6,18 т/га, в зависимости от варианта опыта. Наибольшее влияние на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона оказали азотные подкормки. Доля влияния подкормок составила 93,8 %. В контрольном варианте (без внесения подкормок) урожайность озимой пшеницы составила 3,46-3,81 т/га, а при однократной подкормке в дозе N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве – 4,58-5,06 т/га, что на 1,11-1,25 т/га, или на 32,0-32,8 % больше (табл. 1).

Двукратная азотная подкормка (N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве + N<sub>30</sub> весеннее кущение) увеличивала урожайность в сравнении с контрольным вариантом на 1,85-1,96 т/га, или на 51,4-53,4 %. Дополнительная подкормка в дозе N<sub>30</sub> в фазу весеннего кущения способствовала получению прибавки урожая

0,60-0,84 т/га в сравнении с однократной подкормкой по таломёрзлой почве. Максимальная урожайность была получена в варианте с осенней подкормкой ( $N_{30}$  осенью +  $N_{30}$  весной по таломерзлой почве) – 6,09-6,18 т/га, что выше контрольного на 2,38-2,63 т/га, или 68,7-69,0 %. Анализируя данные, можно говорить о том, что по предшественнику «подсолнечник» осенняя подкормка формировала прибавку урожайности на уровне 1,13-1,51 т/га. Таким образом, осенняя подкормка превышала по эффективности внесение аммиачной селитры в фазу весеннего кушения почти в два раза.

По предшественнику «подсолнечник» в среднем за годы исследований фактор «норма высева» мало повлиял на урожайность мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона (доля влияния данного фактора составила 1,2 %). В контрольном варианте (без внесения азотной подкормки) при повышении нормы высева семян с 500 до 600 шт/м<sup>2</sup> урожайность увеличилась на 0,18 т/га, а при норме 700 шт/м<sup>2</sup> – до 0,35 т/га ( $НСР_{05} = 0,24$  т/га). Внесение одной азотной подкормки в дозе  $N_{30}$  весной по таломёрзлой почве усиливало влияние фактора «норма высева». В данном варианте рост урожайности при увеличении нормы высева семян до 600 шт/м<sup>2</sup> составил 0,30 т/га, при норме высева семян до 700 шт/м<sup>2</sup> – 0,48 т/га. Внесение двух азотных подкормок ( $N_{30}$  весной по таломерзлой почве +  $N_{30}$  весеннее кушение) снижало влияние фактора «норма высева», так как прибавки урожайности, полученные при увеличении нормы высева семян до 600-700 шт/м<sup>2</sup>, не превышали уровня  $НСР$  и составили 0,15-0,24 т/га. Внесение двух азотных подкормок в варианте с осенним внесением первой подкормки ( $N_{30}$  осенью +  $N_{30}$  весной по таломерзлой почве) практически полностью нивелировало эффект от увеличения нормы высева. Снижение эффекта от повышения нормы высева семян с 500 до 700 шт/м<sup>2</sup> связано с увеличением продуктивного кушения при внесении двух азотных подкормок.

Урожай сельскохозяйственных культур формируется из составляющих его элементов структуры. В среднем за три года исследований (2017-2019 гг.) определяющими в формировании урожайности сортов озимой пшеницы были количество продуктивных стеблей на единице площади, озерненность колоса и масса зерна с колоса. Применение азотных подкормок способствовало увеличению числа продуктивных стеблей, причём данный эффект наблюдался и при увеличении нормы высева

семян. В контрольном варианте без внесения азотных подкормок при норме высева 500 шт/м<sup>2</sup> число продуктивных стеблей составило 336 шт/м<sup>2</sup>, в вариантах с нормой высева 600 и 700 шт/м<sup>2</sup> их число возрастало до 367-384 шт/м<sup>2</sup> (табл. 2).

Число зёрен в колосе в контроле составило 25,9 шт. во всех вариантах нормы высева, однако, наблюдалась тенденция к снижению массы зерна с колоса при увеличении нормы высева (с 1,08 до 1,04 г).

Однократное применение азотных удобрений ( $N_{30}$  по таломёрзлой почве) в варианте с нормой высева семян 500 шт/м<sup>2</sup> способствовало увеличению числа продуктивных стеблей до 409 шт/м<sup>2</sup>, или на 21,7 %. В варианте с нормой высева семян 600 шт/м<sup>2</sup> число продуктивных стеблей составило 437 шт/м<sup>2</sup>, что на 29,4 % выше, чем в контрольном варианте, с нормой высева до 700 шт/м<sup>2</sup> соответственно составило 435 шт/м<sup>2</sup>, или на 13,3 %. Под воздействием однократной азотной подкормки также наблюдалось увеличение продуктивности колоса. В варианте с однократной азотной подкормкой весной по таломёрзлой почве в дозе  $N_{30}$  число зёрен в колосе составило 26,9-27,0 г, а масса зерна с одного колоса – 1,15-1,16 г, что соответственно на 3,7-4,3 % и 7,7-10,6 % выше контрольного варианта.

В варианте с двукратной азотной подкормкой весной ( $N_{30}$  весной по таломерзлой почве +  $N_{30}$  весеннее кушение) также наблюдался рост числа продуктивных стеблей в сравнении с однократным внесением аммиачной селитры. Число продуктивных стеблей в зависимости от нормы высева в данном варианте составило 455-489 шт/м<sup>2</sup>, то есть наблюдается увеличение показателя на 5,5-12,4 % под воздействием азотной подкормки в фазе весеннего кушения. Дополнительная азотная подкормка в фазе весеннего кушения положительно повлияла на продуктивность колоса – число зёрен в колосе составило 27,6-28,0 шт. (выше на 2,9-4,2 %), а масса зерна с одного колоса достигала 1,21-1,23 г (выше на 4,9-5,7 %).

Максимальное количество продуктивного стеблестоя в среднем за годы исследований отмечено при двукратной азотной подкормке  $N_{30}$  осенью +  $N_{30}$  весной по таломерзлой почве. В данном варианте число продуктивных стеблей достигало 496-510 шт/м<sup>2</sup> в зависимости от нормы высева семян. Число продуктивных стеблей возросло на 64-86 шт/м<sup>2</sup>, или 14,6-21,2 % в сравнении с однократным внесением подкормки весной по таломёрзлой почве.

*Таблица 2 – Структура урожая мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в зависимости от норм высева и доз азотных подкормок по предшественнику «подсолнечник» (среднее за 2017-2019 гг.) / Table 2 – Yield structure of soft winter wheat variety Krasa Dona, sown after «sunflower» in dependence of seeding rates and doses of nitrogen top-dressings (average for 2017-2019)*

Норма высева семян / Seeding rate	Высота растений, см / Plant height, cm	Длина колоса, см / Length of a head, cm	Количество / Number of		Масса зерна с колоса, г / Grain weight per head, g
			продуктивных стеблей, шт/м <sup>2</sup> / productive stems, pcs/m <sup>2</sup>	зерен в колосе, шт. / grains per head, pcs.	
Контроль (без подкормок) / Control (no top-dressings)					
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	58,2	5,5	336	25,9	1,08
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	58,7	4,8	367	25,9	1,05
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	60,6	4,3	384	25,9	1,04
N <sub>30</sub> весной по таломёрзлой почве / N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil					
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	68,3	5,4	409	27,0	1,16
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	68,8	5,4	437	26,9	1,16
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	68,9	4,9	435	26,9	1,15
N <sub>30</sub> весной по таломёрзлой почве + N <sub>30</sub> весеннее кушение / N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil + N <sub>30</sub> spring tillering					
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	72,7	5,5	455	28,0	1,23
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	73,8	4,7	475	28,0	1,22
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	77,7	4,6	489	27,6	1,21
N <sub>30</sub> осенью + N <sub>30</sub> весной по таломёрзлой почве / N <sub>30</sub> in the autumn + N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil					
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	72,6	5,4	496	28,5	1,28
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	74,9	5,3	501	28,5	1,28
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	75,3	4,7	510	28,5	1,27

Продуктивность одного колоса в данном варианте также достигала максимума – число зёрен составило 28,5 шт. во всех вариантах норм высева, а масса зерна с колоса – 1,27-1,28 г. По сравнению с однократной азотной подкормкой по таломёрзлой почве число зёрен в колосе возрастало на 5,7-6,1 %, а масса зерна в колосе на 9,7-10,7 % в среднем за годы исследований. Таким образом, внесение первой азотной подкормки осенью способствовало дополнительному продуктивному кушению более эффективно, чем вторая азотная подкормка в фазе весеннего кушения.

Высота растений озимой пшеницы увеличивалась при внесении азотных подкормок с 58,2-60,6 см в контрольном варианте до 72,6-77,7 см при двукратном внесении аммиачной селитры. В меньшей степени (на уровне тенденции) повышение нормы высева семян способствовало увеличению высоты растений и уменьшению длины колоса из-за конкуренции в рядке.

Как уже говорилось выше, недостаточная обеспеченность растений азотом в период

налива и созревания зерна приводит к формированию низкокачественной продукции. По качественным показателям зерно изучаемых сортов по предшественнику «подсолнечник» относится к 4-му классу качества (табл. 3).

Содержание белка в зерне мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона в контроле составило 10,0-10,2 %, клейковины – 18,6-18,8 %. Масса 1000 зёрен составила 39,8-40,2 г в зависимости от срока посева. Однократное внесение азотной подкормки по таломёрзлой почве способствовало увеличению урожайности без потерь в качестве: содержание белка и клейковины в зерне составило 10,1-10,2 % и 18,5-18,9 % соответственно. В сравнении с контрольным вариантом выросла масса 1000 зёрен (41,4-41,9 г). Две азотные подкормки как в варианте «N<sub>30</sub> весной по таломёрзлой почве + N<sub>30</sub> весеннее кушение», так и в варианте «N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломёрзлой почве» также способствовали увеличению массы 1000 зёрен до 42,6-43,0 г и 42,6 г соответственно.

Таблица 3 – Влияние норм высева и доз азотных подкормок на качество зерна озимой пшеницы сорта Краса Дона по предшественнику «подсолнечник» (2017-2019 гг.) /

Table 3 – The effect of seeding rates and doses of nitrogen top-dressings on the grain quality of winter wheat variety Krasa Dona sown after «sunflower» (2017-2019)

Норма высева семян / Seedingrate	Содержание в зерне, % / Content in the grain%		Масса 1000 зерен, г / 1000 grainmass, g	Натура, г/л / Nature weight, g/l
	белок / protein	клейковина / gluten		
Контроль (без подкормок) / Control (no top-dressings)				
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	10,0	18,6	40,2	786
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	10,2	18,8	39,8	785
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	10,0	18,6	39,6	780
N <sub>30</sub> весной по таломерзлой почве / N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil				
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	10,2	18,9	41,9	789
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	10,1	18,5	41,8	787
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	10,2	18,7	41,4	785
N <sub>30</sub> весной по таломерзлой почве + N <sub>30</sub> весеннее кушение / N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil + N <sub>30</sub> spring tillering				
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	10,7	20,5	43,0	786
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	10,7	21,2	42,6	784
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	10,6	21,8	42,7	788
N <sub>30</sub> осенью + N <sub>30</sub> весной по таломерзлой почве / N <sub>30</sub> in the autumn + N <sub>30</sub> in the spring on thawed soil				
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	10,6	19,5	42,6	791
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	10,7	19,8	42,6	792
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	10,8	21,4	42,6	793

Кроме того, удвоенная азотная подкормка (2N<sub>30</sub>) способствовала повышению количества клейковины в зерне по сравнению с контрольным вариантом. В варианте «N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве» содержание клейковины в зерне составило 19,5-21,4 %, в варианте «N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве + N<sub>30</sub> весеннее кушение» содержание клейковины в зерне достигало максимума и составило 20,5-21,8 %, что объясняется более поздним сроком внесения второй подкормки, оказавшей меньшее влияние на урожайность, но повысившей качество зерна. Содержание белка в зерне в вариантах с удвоенной подкормкой имело тенденцию к увеличению в сравнении с контрольным и составило 10,6-10,8 %. Натура зерна была выше в варианте «N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве» – 791-793 г/л в зависимости от срока посева.

В среднем за три года изучения (2017-2019 гг.) изучаемые факторы оказали различное влияние на экономическую эффективность возделывания мягкой озимой пшеницы сорта Краса Дона (табл. 4).

Максимальный экономический эффект получили в варианте «N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве». В данном варианте рентабельность составила 111,8-121,3 % в зависимости от нормы высева, а минимальной она была в контрольном варианте без внесения азотных подкормок – 42,0-46,1 %.

Увеличение нормы высева семян с 500 до 700 шт/м<sup>2</sup> обладало положительным эффектом только в контрольном варианте (без внесения азотных подкормок) и в варианте с однократным внесением аммиачной селитры (N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве). В данных вариантах минимальная рентабельность получена при норме высева 500 шт/м<sup>2</sup> – 42,0 и 76,3 %, минимальным был и условный чистый доход – 10517 и 20339 руб/га соответственно. Увеличение нормы высева семян до 700 шт/м<sup>2</sup>, несмотря на возросшие затраты на семена, привело к росту урожайности озимой пшеницы, что позволило увеличить рентабельность производства до 46,1 и 83,1 % в контроле и в варианте «N<sub>30</sub>, весной по таломерзлой почве» соответственно, а условный чистый доход увеличился на 1812 и 3216 руб/га соответственно.

*Таблица 4 – Экономическая эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу при различных нормах высева по предшественнику «подсолнечник» (2017-2019 гг.) / Table 4 – Economic efficiency of the use of nitrogen top-dressing for winter wheat sown after «sunflower» with various seeding rates (2017-2019)*

<i>Норма высева семян / Seedingrate</i>	<i>Урожайность, т/га / Productivity, t/ha</i>	<i>Затраты, руб/га / Costs, rubles per ha</i>	<i>Валовый доход, руб/га / Grossincome, rubles per ha</i>	<i>Условный чистый доход, руб/га / Contingentnet income, rubles per ha</i>	<i>Себестоимость, руб/м / Netcost, rublesperton</i>	<i>Рентабельность, % / Profitability, %</i>
<b>Контроль (без подкормок) / Control (no top-dressings)</b>						
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	3,46	25038	35555	10517	7229	42,0
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	3,64	25894	37402	11508	7107	44,4
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	3,81	26750	39079	12329	7027	46,1
<b>N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве / N<sub>30</sub> in the spring on thawed soil</b>						
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	4,58	26645	46984	20339	5822	76,3
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	4,88	27501	50064	22563	5639	82,0
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	5,06	28357	51912	23555	5608	83,1
<b>N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве + N<sub>30</sub> весеннее кушение / N<sub>30</sub> in the spring on thawed soil + N<sub>30</sub> spring tillering</b>						
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	5,42	28252	55642	27390	5213	96,9
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	5,57	29108	57147	28039	5229	96,3
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	5,66	29964	58071	28107	5297	93,8
<b>N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве / N<sub>30</sub> in the autumn + N<sub>30</sub> in the spring on thawed soil</b>						
500 шт/м <sup>2</sup> / 500 pcs/m <sup>2</sup>	6,09	28252	62520	34268	4639	121,3
600 шт/м <sup>2</sup> / 600 pcs/m <sup>2</sup>	6,11	29108	62725	33617	4764	115,5
700 шт/м <sup>2</sup> / 700 pcs/m <sup>2</sup>	6,18	29964	63478	33514	4846	111,8

В вариантах с двукратным внесением азотных подкормок положительный экономический эффект от увеличения нормы высева снижался. В варианте «N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве + N<sub>30</sub> весеннее кушение» рентабельность при норме высева семян 500 шт/м<sup>2</sup> достигала максимума, и составила 96,9 %, снижаясь до 96,3 % при норме высева семян 600 шт/м<sup>2</sup> и до 93,8 % – 700 шт/м<sup>2</sup>. Тем не менее, показатель условного чистого дохода был на 650-718 руб/га выше по более высоким нормам высева – 600 и 700 шт/м<sup>2</sup>. В варианте с внесением двух подкормок (N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве) экономический эффект от увеличения нормы высева снижался ещё более значительно. Максимальная рентабельность получена при норме высева семян 500 шт/м<sup>2</sup> – 121,3 %, рентабельность снижалась до 115,5 % при норме высева семян

600 шт/м<sup>2</sup>, а при норме 700 шт/м<sup>2</sup> – до 111,8 %. Условный чистый доход в этом варианте внесения подкормок при норме высева семян 500 шт/м<sup>2</sup> также был максимальным и достигал 34268 руб/га. С увеличением нормы высева семян до 600 шт/м<sup>2</sup> условный чистый доход снижался до 33617 руб/га, а при норме высева 700 шт/м<sup>2</sup> – до 33514 руб/га.

**Выводы.** Мягкая озимая пшеница сорта Краса Дона положительно реагировала на двукратную азотную подкормку осенью и весной (N<sub>30</sub> осенью + N<sub>30</sub> весной по таломерзлой почве). В этом варианте была сформирована наибольшая урожайность зерна – 6,09-6,18 т/га. Превышение над контрольным вариантом (без азотных подкормок) составило 2,38-2,63 т/га в зависимости от нормы высева, что значительно превышает уровень НСР<sub>05</sub> в опыте (НСР<sub>05</sub> = 0,24 т/га). В этом варианте при норме

высева семян 500 шт/м<sup>2</sup> был получен максимальный экономический эффект – рентабельность составила 121,3 %, а условный чистый доход – 34268 руб/га. Повышение нормы высева семян до 600-700 шт/м<sup>2</sup> по предшественнику «подсолнечник» экономически оправдано при возделывании мягкой озимой пшеницы с однократным внесением азотных удобрений в подкормку, либо без

внесения их. В подобных условиях увеличение нормы высева способствовало росту урожайности на 0,18-0,48 т/га, рентабельности на 2,4-6,8 %, условного чистого дохода на 991-3216 руб/га. Внесение азотных подкормок способствовало повышению массы 1000 зёрен до 42,6-43,0 г (в контроле 39,8-40,2 г) и увеличивало содержание клейковины в зерне до 20,5-21,8 % (в контроле – 18,6-18,8 %).

#### Список литературы

1. Попов А. С. Влагообеспеченность посевов твердой озимой пшеницы при возделывании по различным предшественникам. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(11):10-13. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11102>
2. Дридигер В. К., Кашаев Е. А., Стукалов Р. С., Паньков Ю. И., Войцеховская С. С. Влияние технологии возделывания сельскохозяйственных культур на их урожайность и экономическую эффективность в севообороте. Земледелие. 2015;(7):20-23.
3. Есаулко А. Н., Гарибджанян Г. А., Голосной Е. В., Громова Н. В. Эффективность применения жидких и твердых азотных минеральных удобрений в ранневесеннюю подкормку посевов озимой пшеницы. Земледелие. 2020;(3):38-40. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310>
4. Austin R. B., Ford M. A., Edrich J. A., Blackwell R. D. The nitrogen economy of winter wheat. The Journal of Agricultural Science. 1977;88(1):159-167. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960003389X>
5. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat. Crop Science. 2017;57(2):951-963. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103>
6. Лапшин Ю. А., Бырканова С. В. Эффективность производства фуражного зерна в одновидовых и смешанных озимых агробиоценозах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014;(2(39)):4-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21254985>
7. Четвериков Ф. П., Денисов Е. П., Солодовников А. П., Панасов М. Н. Влияние абиотических факторов на урожайность озимой пшеницы в сухостепной зоне Заволжья. Зерновое хозяйство России. 2012;(6):27-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18753104>
8. Некрасов Е. И., Марченко Д. М., Рыбась И. А., Иванисов М. М., Гричаникова Т. А., Романюкина И. В. Изучение урожайности и элементов ее структуры у сортов озимой мягкой пшеницы по предшественнику подсолнечник. Зерновое хозяйство России. 2018;(6 (60)):46-49. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49>
9. Попов А. С. Нормы высева семян озимой пшеницы Лазурит в зависимости от предшественников и сроков посева в условиях Ростовской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(6):548-556. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.548-556>
10. Ma S. C., Wang T. C., Guan X. K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. Field Crops Research. 2018;221:166-174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028>
11. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. Chilean J. Agric. Res. 2014;74(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>
12. Baker C. K., Gallagher J. N., Monteith J. L. Daylength change and leaf appearance in winter wheat. Plant, Cell & Environment. 1980;3(4):285-287.

#### References

1. Popov A. S. *Vlagoobespechennost' posevov tverdoy ozimoy pshenitsy pri vozdelevanii po razlichnym predshestvennikam*. [Moisture availability of winter durum wheat crops during cultivation after various forecrops]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(11):10-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-11102>
2. Dridiger V. K., Kashchaev E. A., Stukalov R. S., Pan'kov Yu. I., Voytsekhovskaya S. S. *Vliyanie tekhnologii vozdelevaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur na ikh urozhaynost' i ekonomicheskuyu effektivnost' v sevooborote*. [Influence of crop cultivation technology on their productivity and economic efficiency in crop rotation]. *Zemledelie*. 2015;(7):20-23. (In Russ.).
3. Esaulko A. N., Garibdzhanyan G. A., Golosnoy E. V., Gromova N. V. *Effektivnost' primeneniya zhidkikh i tverdykh azotnykh mineral'nykh udobreniy v rannevesennyuyu podkormku posevov ozimoy pshenitsy*. [Efficiency of liquid and solid nitrogen mineral fertilizers under early spring top dressing of winter wheat]. *Zemledelie*. 2020;(3):38-40. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2020-10310>

4. Austin R. B., Ford M. A., Edrich J. A., Blackwell R. D. The nitrogen economy of winter wheat. The Journal of Agricultural Science. 1977;88(1):159-167. DOI: <https://doi.org/10.1017/S002185960003389X>
5. Bhatta M., Eskridge K. M., Rose D. J., Santra D. K., Baenziger P. S., Regassa T. Seeding Rate, Genotype, and Topdressed Nitrogen Effects on Yield and Agronomic Characteristics of Winter Wheat. Crop Science. 2017;57(2):951-963. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.02.0103>
6. Lapshin Yu. A., Byrkanova S. V. *Effektivnost' proizvodstva furazhnogo zerna v odnovidovykh i smeshannykh ozimnykh agrobiotsenozakh*. [The effectiveness of fodder grain production in one-species and mixed winter agrobiocenoses]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2014;(2(39)):4-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21254985>
7. Chetverikov F. P., Denisov E. P., Solodovnikov A. P., Panasov M. N. *Vliyaniye abioticheskikh faktorov na urozhaynost' ozimoy pshenitsy v sukhostepnoy zone Zavolzh'ya*. [Influence of abiotic factors upon winter wheat productivity in dry steppe zone of Zavolzhie]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2012;(6):27-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18753104>
8. Nekrasov E. I., Marchenko D. M., Rybas' I. A., Ivanisov M. M., Grichanikova T. A., Romanyukina I. V. *Izuchenie urozhaynosti i elementov ee struktury u sortov ozimoy myagkoy pshenitsy po predshhestvenniku podsolnechnik*. [The study of productivity and elements of its structure of the winter soft wheat varieties sown after sunflower]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2018;(6 (60)):46-49. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2018-60-6-46-49>
9. Popov A. S. *Normy vyseva semyan ozimoy pshenitsy Lazurit v zavisimosti ot predshhestvennikov i srokov poseva v usloviyakh Rostovskoy oblasti*. [Lazurit winter wheat seeding rates in dependence to the predecessors and time of sowing in the Rostov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2019;20(6):548-556. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.548-556>
10. Ma S. C., Wang T. C., Guan X. K., Zhang X. Effect of sowing time and seeding rate on yield components and water use efficiency of winter wheat by regulating the growth redundancy and physiological traits of root and shoot. *Field Crops Research*. 2018;221:166-174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.02.028>
11. Zecevic V., Boskovic J., Knezevic D., Micanovic D. Effect of seeding rate on grain quality of winter wheat. *Chilean J. Agric. Res.* 2014;74(1). DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392014000100004>
12. Baker C. K., Gallagher J. N., Monteith J. L. Daylength change and leaf appearance in winter wheat. *Plant, Cell & Environment*. 1980;3(4):285-287.

#### *Сведения об авторах*

✉ **Сухарев Александр Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4172-0878>, e-mail: [mns862@rambler.ru](mailto:mns862@rambler.ru)

**Овсянникова Галина Владимировна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», Научный городок, д. 3, Зерноградский район, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4172-0878>

#### *Information about authors*

✉ **Aleksander A. Sukharev**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», NauchnyGorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4172-0878>, e-mail: [mns862@rambler.ru](mailto:mns862@rambler.ru)

**Galina V. Ovsyannikova**, PhD in Agricultural science, leading researcher, Agricultural Research Center «Donskoy», NauchnyGorodok, 3, Zernograd, Zernograd district, Rostov region, Russian Federation, 347740, e-mail: [vniizk30@mail.ru](mailto:vniizk30@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4172-0878>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.752-763>  
УДК 631.452:631.84:633.2



## Преимущества травянозерновых севооборотов от продления срока использования клеверо-люцерно-тимофеечной смеси

© 2020. А. К. Свечников ✉

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*Известно, что благодаря введению многолетних бобово-злаковых трав в севообороты происходит существенная экономия внесения азотных удобрений. С 2013 по 2018 год в условиях Республики Марий Эл на дерново-подзолистых почвах с очень высоким уровнем содержания фосфора и калия сравнивали шестипольные травяно-зерновые кормовые севообороты. В третьей ротации оценены их продуктивность и биоэнергетическая эффективность, изменение важнейших показателей плодородия почвы, содержание сырого протеина в получаемых кормах. Главное различие севооборотов заключалось в продолжительности использования клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси (КЛТ): от одного года до трёх лет. В данном опыте также изучали влияние минерального азота (варианты  $N_0$ ,  $N_{60}$ ) на фоне  $P_{60}K_{60}$  на продуктивность севооборотов. За шесть лет в вариантах не произошло существенного подкисления почвы. Каждый дополнительный год выращивания КЛТ увеличивал коэффициент энергетической эффективности севооборотов на 24-47 % (с 1,13-1,24 при однолетнем использовании до 2,08-2,25 при трехлетнем). Трёхлетнее использование КЛТ по сравнению с одно- и двухлетним дало севообороту существенные преимущества по энергетической эффективности (до двух раз) и продуктивности (на 40-80 %) возделываемых культур. После отказа от внесения азотных удобрений в таком севообороте лучше сохранялись средняя продуктивность культур, а также содержание гумуса и азота в почве. Средняя доля сырого протеина в сухом веществе полученных кормов увеличивалась с 12,7 до 14,6 % при продлении срока использования КЛТ до двух лет. В среднем за ротацию энергетическая ценность урожая фиксировалась невысокой (8,4-8,7 МДж/кг сухого вещества) и не зависела от изучаемых факторов.*

**Ключевые слова:** многолетние травы, общий азот, гумус, коэффициент энергетической эффективности, сырой протеин

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0091).

Автор выражает благодарность за научное руководство при выполнении Государственного задания в 2013-2017 гг. В. М. Измestyеву, кандидату с.-х. наук, заслуженному деятелю науки Республики Марий Эл.

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Свечников А. К. Преимущества травянозерновых севооборотов от продления срока использования клеверо-люцерно-тимофеечной смеси. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):752-763. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.752-763>

Поступила: 28.05.2020 Принята к публикации: 26.11.2020 Опубликовано онлайн: 10.12.2020

## Advantages of grass-grain crop rotations due to prolonged use of clover-alfalfa-timothy mixture

© 2020. Alexander K. Svechnikov ✉

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

*It is known that significant saving of nitrogen fertilizers are due to perennial legume-cereal grasses use in crop rotations. From 2013 to 2018 in the Mari El Republic six-field grass-grain fodder crop rotations were compared on sod-podzolic soils with a very high level of phosphorus and potassium. In the third rotation their productivity and bioenergetic efficiency, changes in several important soil fertility indicators, and crude protein content in the produced fodder were evaluated. The main difference between the crop rotations was based on the duration of the clover-alfalfa-timothy grass mixture (CAG) use: from one year to three years. In given experiment there was also studied the effect of mineral nitrogen (variants  $N_0$ ,  $N_{60}$ ) against  $P_{60}K_{60}$  background on the yield of crop rotations. During six years, there was no significant soil acidification in the variants. Each additional year of clover-alfalfa-timothy grass mixture use raised the energy efficiency ratio of crop rotations by 24-47 % (from 1.13-1.24 by one-year use to 2.08-2.25 by three years of use). Three-year CAG use as compared with one- and two-years has given to the crop rotation significant advantages in energy efficiency (up to two times) and productivity (approximately 40-80 %) of cultivated crops. After refusing to apply nitrogen fertilizations in such crop rotation, average crop productivity, soil humus and nitrogen content in the soil were better preserved. The average crude protein content in dry matter of the obtained fodder increased from 12.7 % to 14.6 % when prolonging the use up to two years. The average energy value of the yield per rotation was recorded low (8.4-8.7 MJ/kg) and did not depend on the studied factors.*

**Keywords:** perennial grasses, total nitrogen, humus, energy efficiency ratio, crude protein

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0091).

The author thanks V. M. Izmetiev, PhD in Agricultural Science, Honored Scientist of the Republic of Mari El for the academic advising of the research in 2013-2017.

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the author stated that there was no conflict of interest.

**For citation:** Svechnikov A. K. Advantages of grass-grain crop rotations due to prolonged use of clover-alfalfa-timothy mixture. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):752-763. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.752-763>

Received: 28.05.2020

Accepted for publication: 26.11.2020

Published online: 10.12.2020

В Волго-Вятском регионе относительно всей Российской Федерации высокий уровень развития животноводства, особенно молочного скотоводства [1], поэтому особое внимание требуется уделять увеличению производства и повышению качества объёмистых кормов, влияющих на продуктивность животных и качество получаемой продукции [2]. В 1 кг сухого вещества (СВ) полноценного объёмистого корма содержание обменной энергии (ОЭ) должно быть не менее 10 МДж [3], сырого протеина (СП) – 14-17 % [4]. В других источниках указывается, что содержание СП должно составлять не менее 15 %. Для концентрированных кормов требования выше: ОЭ – 12,0 МДж/кг, а СП – 18 % [5].

На урожайность кормовых культур значительно влияют агрохимические показатели почвы [6], богатство и смена видового состава трав в агрофитоценозе [7], технологии возделывания, вид и сорт культуры, окружающие условия [8] и многие другие факторы, давно известные при регулировании продуктивности растений [7, 9].

Обзор иностранных источников в работе О. В. Чухиной [10] показал, что научно обоснованной системе внесения удобрений, по данным американских ученых, принадлежит самый большой вклад (41 %) в повышение продуктивности растений, по другим работам (немецким, французским) этот вклад составляет 50-70 %. Исследования российских ученых доказали, что увеличение урожайности на 50-60 % обусловлено минеральными удобрениями [6]. Также установлено, что без внесения удобрений достижение бездефицитного баланса гумуса возможно в кормовых севооборотах, включающих в свою структуру многолетние и однолетние бобовые травы [11]. Так, при внесении различных доз удобрений на дерново-подзолистых почвах положительный баланс гумуса создавался при 50 %

насыщении севооборотов многолетними бобовыми травами [12].

Увеличение продуктивности агроэкосистем после введения бобовых культур в севообороты наблюдается повсеместно [13]. Данные культуры рекомендуют включать в качестве предшественников или в смешанные посевы, главным образом, благодаря их азотфиксирующей способности. В результате в севообороте увеличивается накопление биологического азота, что позволяет существенно сэкономить на внесении самых дорогостоящих азотных удобрений [14]. В ходе биологизации земледелия доля бобовых культур в структуре севооборотов увеличилась до 33-50 % [15].

Важно, что использование многолетних травосмесей из бобовых и злаковых видов, вместо однолетних, продуцирует значительно большее количество СВ и питательных веществ, особенно азота [16]. Наиболее частые компоненты кормовых бобово-злаковых травосмесей – это клевер, люцерна и различные виды трав, адаптированные к региональным условиям [17].

**Цель исследований** – сравнить кормовые шестипольные травянозерновые севообороты с различной длительностью выращивания клеверо-люцерно-тимофеечной травосмеси (КЛТ) по продуктивности и биоэнергетической эффективности, важнейшим показателям качества получаемых кормов и плодородия почвы.

**Материал и методы.** Для достижения цели исследований были использованы данные стационарного опыта (2001-2018 гг.), проведённого в Марийском НИИСХ – филиале ФБГНУ ФАНЦ Северо-Востока по схеме (табл. 1). Опыт двухфакторный, четыре повторности, делянки площадью 36 м<sup>2</sup> расположены в систематической последовательности. Севообороты развёрнуты во времени. За контроль взят севооборот I, без внесения азота (N<sub>0</sub>).

Таблица 1 – Схема опыта /  
Table 1 – Experimental design

Севооборот (фактор А) / Crop rotation (factor A)		
(I) Севооборот №1 / 1 <sup>st</sup> crop rotation	(II) Севооборот №2 / 2 <sup>nd</sup> crop rotation	(III) Севооборот №3 / 3 <sup>rd</sup> crop rotation
1. Вика + овёс с подсевом КЛТ / Vetch + oat & clover-alfalfa-timothy grasses (CAG) under sowing	Вика + овёс с подсевом КЛТ / Vetch + oat & CAG under sowing	Вика + овёс с подсевом КЛТ / Vetch + oat & CAG under sowing
2. КЛТ 1 года пользования / CAG used 1 <sup>st</sup> year	КЛТ 1 года пользования / CAG used 1 <sup>st</sup> year	КЛТ 1 года пользования / CAG used 1 <sup>st</sup> year
3. Озимая рожь и поукосно горчица / Winter rye & cover mustard	КЛТ 2 года пользования / CAG used 2 <sup>nd</sup> year	КЛТ 2 года пользования / CAG used 2 <sup>nd</sup> year
4. Ячмень / Barley	Озимая рожь и поукосно горчица / Winter rye & cover mustard	КЛТ 3 года пользования / CAG used 3 <sup>rd</sup> year
5. Вика + овёс и поукосно горчица / Vetch + oat & cover mustard	Ячмень / Barley	Озимая рожь и поукосно горчица / Winter rye & cover mustard
6. Вика + овёс + подсолнечник / Vetch + oat + sunflower	Вика + овёс и поукосно горчица / Vetch + oat & cover mustard	Ячмень / Barley
Минеральные удобрения (фактор В) / Mineral fertilizers (factor B)		
1	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	
2	N <sub>0</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	

Минеральные удобрения в первом варианте вносили в рекомендуемых для Республики Марий Эл дозах (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) на протяжении трёх ротаций севооборотов. Во втором варианте в первые две ротации (2001-2012 гг.) применяли повышенные к рекомендуемым дозы (N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub>), а в третью ротацию (2013-2018 гг.) их снизили до N<sub>0</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. В годы пользования многолетних трав минеральный азот (аммиачную селитру) не вносили. В качестве фосфорно-калийных удобрений применяли двойной суперфосфат и хлористый калий.

Ячмень яровой (сорт Владимир) выращивали на зернофураж, другие культуры (яровая посевная вика сорта Вера, яровой овёс Буланый, озимая рожь Татьяна, клевер луговой Мартум, люцерна изменчивая Лада, тимофеевка луговая Вик 85, горчица белая Белянка и подсолнечник Скороспелый 87) – на зелёный корм.

Почвы опытного участка дерново-подзолистые среднесуглинистые с пахотным слоем 0-30 см, слабокислые (5,25 ед. рН) на момент закладки опыта. Содержание гумуса по Тюрину очень низкое (1,82 %). Доля общего азота типичная для среднего суглинка (0,15 %, или 1,5 г/кг). Поскольку для бобовых требуется относительно большое количество фосфора и калия [18], опыт был проведён на участке

с очень высокой обеспеченностью этими элементами. Содержание подвижного фосфора (840 мг/кг) и обменного калия (200 мг/кг) по Кирсанову оставалось очень высоким в последние две ротации севооборотов, а фосфора – весь период наблюдений. В севообороте III при внесении N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> содержание фосфора в 2012 г. достигало 1000 мг/кг. В третью ротацию первых двух севооборотов при N<sub>60</sub> уровень обеспеченности обменным калием в почве снизился до высокого уровня (по Кирсанову).

Уборку КЛТ проводили в два укоса. Для выполнения сельскохозяйственных работ использовали трактора МТЗ-82, Т-25, сцепку борон ЗБЗСС-1, культиватор КПП-4, сеялку СН-16, плуг ПН-3-35. Учёты и наблюдения – согласно методическим рекомендациям по проведению полевых опытов с кормовыми культурами<sup>1</sup>. Химический анализ почвенного и растительного материала – по общепринятым ГОСТам: ГОСТ 26483-85, ГОСТ 26213-84, ГОСТ 13496, ГОСТ 26207-84, ГОСТ 26207-84, ГОСТ 26226-84, ГОСТ 31675-2012, ГОСТ 13496.15-85. Почвенные образцы для агрохимических анализов отбирали в конце второй (2012 г.) и третьей (2018 г.) ротаций севооборотов. Для энергетической оценки возделывания культур использовали учебное пособие<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Под. ред. Ю. К. Новосёлова. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.

<sup>2</sup>Марьин Г. С., Акишин А. Я., Марьин С. Г. Биоэнергетическая оценка агроэкосистем и технологий при производстве продукции растениеводства. Йошкар-Ола, 1993. 45 с.

Статистическую обработку данных методом двухфакторного дисперсионного анализа проводили по Б. А. Доспехову<sup>3</sup> и с помощью программы Microsoft Office Excel 2013.

Погодные условия вегетационных периодов испытываемых культур из года в год сильно различались (от удовлетворительных до благоприятных) [19]. Наиболее неблагоприятными они были для КЛТ в начале вегетации (2013 – весна 2014 гг., третья ротация) после подпокровного посева и поукосного посева горчицы в 2016 и 2017 гг. В результате к третьему году использования КЛТ клевер почти полностью выпал, его сместили люцерна с тимофеевкой, разнотравье. Горчица в 2016 г. была запахана в виде сидерата, поскольку её травостой был слишком низкий для механизированной уборки.

**Результаты и их обсуждение.** Систематическое внесение минеральных удобрений в течение предыдущих двух ротаций (2001-2012 гг.) улучшило большинство изучаемых

агрохимических показателей слоя почвы 0-20 см под шестипольными травянозерновыми кормовыми севооборотами. Содержание гумуса во всех вариантах фактора А при N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> повысилось за эти годы в среднем на 25 %, при N<sub>90</sub>P<sub>90</sub>K<sub>90</sub> – на 30 %. Общего азота стало больше – в 1,6 и 2,1 раза соответственно. За две ротации почвенная реакция среды в большинстве вариантов понизилась (на 0,2 ед.) до среднекислой. Слабокислой (рН около 5,1-5,2 ед.) она осталась в севообороте I при N<sub>0</sub> и III при N<sub>60</sub> [20].

По представленным агрохимическим показателям на начало третьей ротации севооборотов, дерново-подзолистую почву (слой 0-20 см) можно назвать вполне плодородной (табл. 2). За третью ротацию шестипольных травянозерновых севооборотов с КЛТ произошли некоторые изменения в плодородии почвы. Среди изученных показателей только рН солевой вытяжки оставался неизменным.

*Таблица 2 – Изменение агрохимических показателей почвы за третью ротацию севооборотов (слой 0-20 см) / Table 2 – Change in soil agrochemical characteristics of the third crop rotation cycle (0-20 cm layer)*

Показатель / Indicator	Год / Year	I			II			III			$\bar{x}$	
		N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	$\bar{x}$	N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	$\bar{x}$	N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>	$\bar{x}$	N <sub>60</sub>	N <sub>0</sub>
Гумус, % / Humus, %	2012	2,29	2,38	2,34	2,23	2,34	2,29	2,28	2,36	2,32	2,27	2,36
	2018	2,43	2,08	2,26	2,46	2,23	2,35	2,41	2,21	2,31	2,43	2,17
НСР <sub>05</sub> / LCD <sub>05</sub>	2012	0,11, A: 0,07 (H <sub>0</sub> : d = 0), B: 0,06										
	2018	0,15, A: 0,10 (H <sub>0</sub> : d = 0), B: 0,08										
Общий N, г/кг / Total N, g/kg	2012	2,4	3,2	2,8	2,3	2,9	2,6	2,5	3,1	2,8	2,4	3,1
	2018	2,5	2,3	2,4	2,6	2,1	2,4	2,8	2,8	2,8	2,6	2,4
НСР <sub>05</sub> / LCD <sub>05</sub>	2012	0,1, A: 0,1, B: 0,1										
	2018	0,2, A: 0,1, B: 0,1										
рН <sub>сол</sub> / рН <sub>Ca</sub>	2012	5,0	5,1	5,1	5,0	5,0	5,0	5,2	5,0	5,1	5,1	5,0
	2018	4,9	5,0	5,0	4,9	5,1	5,0	5,2	5,1	5,2	5,0	5,1
НСР <sub>05</sub> / LCD <sub>05</sub>	2012	0,1, A: 0,0, B: 0,0										
	2018	0,2, A: 0,1, B: 0,1 (H <sub>0</sub> : d = 0)										

Примечания: I, II, III – травянозерновые севообороты с одно-, двух-, трехлетним использованием травосмеси (фактор А); N<sub>60</sub>, N<sub>0</sub> – дозы азота на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фактор В) / Notes: I, II, III – grass-grain crop rotations with one-, two-, three-, year use of grass mixture (factor A); N<sub>60</sub>, N<sub>0</sub> – nitrogen doses against the background of P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (factor B)

При стабильной системе внесения удобрений (N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>) в третьей ротации продолжалась тенденция повышения содержания гумуса (на 6,0-10,5 %) и общего азота (на 4-13 %). В полях севооборота II было замечено максимальное увеличение средних

значений гумуса до 2,46 %. В результате в среднем по севооборотам при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> в течение 18 лет содержание гумуса в слое почвы 0-20 см увеличилось с 1,82 до 2,43 % (в 1,34 раза). К тому же, можно утверждать, что в 2018 г. наблюдалось существенное

<sup>3</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 352 с.

увеличение содержания гумуса в вариантах с внесением азота (по сравнению с  $N_0$ ) как в каждом из севооборотов ( $НСР_{05} = 0,15 \%$ ), так и в среднем по севооборотам ( $НСР_{05} = 0,08 \%$ ). По результатам опытов, проведённых другими исследователями на дерново-подзолистой почве, рост данного показателя был гораздо ниже [21, 22, 23].

За третью ротацию содержание общего азота в почве повысилось при внесении  $N_{60}P_{60}K_{60}$  в севооборотах при двух- и трёхлетнем использовании КЛТ на 0,3 г/кг, или на 12-13 %. При однолетнем использовании (севооборот I) содержание элемента находилось на уровне 2012 г. (около 2,4 г/кг). Можно заметить, что в вариантах опыта без внесения минерального азота рассмотренные показатели плодородия почвы сохранялись или улучшались с каждым годом продления вегетаций КЛТ в травянозерновых шестипольных севооборотах. Это можно объяснить тем, что в структуре севооборотов увеличивается доля многолетних бобовых компонентов. Они, с учётом нескольких полей с викой, в опыте были способны восполнять почву азотом в результате биофиксации на уровне варианта с внесением его минеральной формы в дозе  $N_{60}$ . К тому же, многолетним травам свойственно ежегодно оставлять в почве большое (относительно других культур) количество органических остатков (источник гумуса).

Полный отказ от внесения аммиачной селитры с сокращением доз минеральных удобрений до  $P_{60}K_{60}$  за третью ротацию снизили содержание гумуса во всех изученных севооборотах на 5-14 % в слое почвы 0-20 см, общего азота – на 11-39 %, с минимальным снижением по третьему севообороту.

Главное преимущество севообороту III дало самое длительное выращивание КЛТ и высокопродуктивная азотофиксация. Однолетнее использование КЛТ и безазотная система внесения удобрений в течение ротации привели к наибольшим потерям гумуса (на 0,30 абс. %). Продление срока использования КЛТ до двух-трех лет (II, III севообороты) способствовало снижению потерь гумуса соответственно в 2,7-2,0 раза. Выявленные тенденции наблюдались и в исследованиях П. И. Никончика [24]. В итоге, по содержанию гумуса почва в вариантах без внесения минерального азота уступала варианту  $N_{60}$  на 0,35-0,23-0,20 абс. % (в севооборотах I, II, III соответственно).

Таким образом, было выяснено, что шестипольный травянозерновой севооборот с однолетним использованием КЛТ (I) в третью

ротацию в меньшей степени сохранял или улучшал изученные показатели плодородия дерново-подзолистой почвы. Это возможно было лишь в условиях внесения азотных удобрений ( $N_{60}$ ). Под воздействием азотных удобрений наиболее заметный прирост содержания гумуса и общего азота отмечен в почве севооборота II с двухлетним использованием КЛТ. В севообороте (III) при трёхлетнем использовании КЛТ сохранение плодородия почвы находилось в меньшей зависимости от азотных удобрений. При увеличении количества полей с многолетними бобово-злаковыми травами подобные тенденции изменения плодородия почвы согласуются с утверждениями других учёных [25].

Суммарная продуктивность и качество убранных урожаев возделываемых культур третьей ротации севооборотов зависели от продолжительности использования КЛТ (табл. 3).

Установлено явное превосходство шестипольного севооборота III, где КЛТ на зелёную массу скашивали в течение трёх лет, над остальными (в порядке убывания) по сбору сырого протеина, сухого вещества и обменной энергии. Он превышал севооборот I с однолетним использованием многолетних трав по данным показателям в среднем на 85 %, 61 и 55 % соответственно, а с двухлетним (II) – на 40-44 %. Продление срока использования КЛТ в севооборотах II и III в большей степени отразилось на сборе сырого протеина относительно контрольного севооборота. Общую тенденцию повышения средневзвешенной по различным характеристикам продуктивности изученных севооборотов в зависимости от длительности использования КЛТ можно проследить по графику рисунка 1.

Продуктивность возделываемых культур по сбору СВ, СП, ОЭ в севооборотах была достоверно выше соответственно на 12 %, 22 и 14 % при внесении аммиачной селитры ( $N_{60}$ ). Стоит добавить, что под влиянием минерального азота в севооборотах II (на 26 %) и III (на 19 %) существенно ( $НСР_{05}$  123 кг/га) возрос сбор СП.

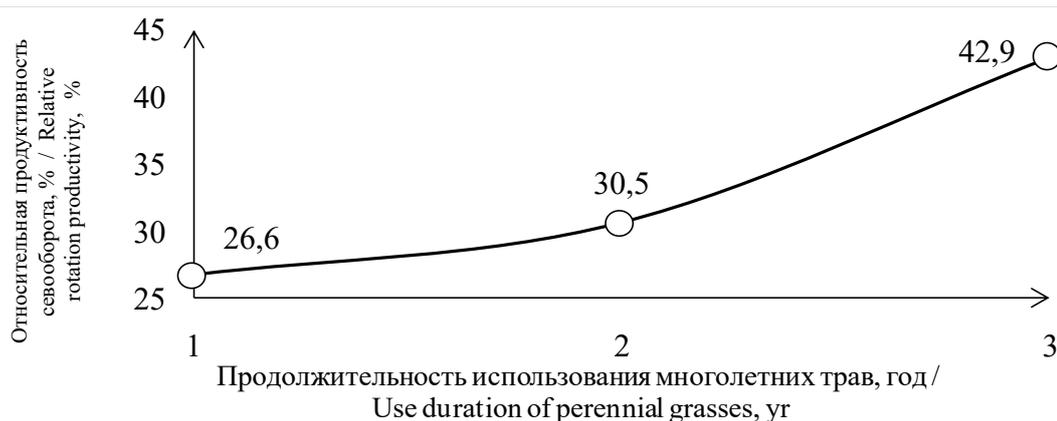
При сравнении всех вариантов было выявлено, что севооборот III с максимальной в опыте длительностью использования КЛТ при внесении минерального азота за третью ротацию сформировал наибольшие показатели СВ, СП и ОЭ, ежегодно составившие на 1 га пашни соответственно 6,1 т, 906 кг и 50,2 ГДж. Данный вариант опыта превосходит контрольный (севооборот с однолетним использованием КЛТ при исключении азотных удобрений) по сбору ОЭ и СВ в 1,8, а СП в 2,2 раза.

*Таблица 3 – Среднегодовая продуктивность кормовых севооборотов и качество получаемых кормов (2013-2018 гг.) /*

*Table 3 – Average annual productivity of forage crop rotations and quality of the forage obtained (2013-2018)*

Показатель / Indicator	Вариант / Variant	I	II	III	Среднее по B / Average B
Сбор СВ, т/га / Dry matter (DM) yield, t/ha	N <sub>60</sub>	3,8	4,3	6,1	4,7
	N <sub>0</sub>	3,3	3,9	5,4	4,2
	Среднее по A / Average A	3,6	4,1	5,8	-
HCP <sub>05</sub> (LSD <sub>05</sub> ) = 0,7; HCP <sub>05</sub> (A) = 0,5; HCP <sub>05</sub> (B) = 0,4; HCP <sub>05</sub> (AB) = 0,4 (H <sub>0</sub> : d = 0)					
Сбор СП, кг/га / Crud protein (CP) yield, kg/ha	N <sub>60</sub>	494	665	906	688
	N <sub>0</sub>	407	529	762	566
	Среднее по A / Average A	450	597	834	-
HCP <sub>05</sub> (LSD <sub>05</sub> ) = 123; HCP <sub>05</sub> (A) = 96; HCP <sub>05</sub> (B) = 73; HCP <sub>05</sub> (AB) = 73 (H <sub>0</sub> : d = 0)					
Доля СП в СВ, % / CP fraction in DM, %	N <sub>60</sub>	12,9	15,4	15,0	14,4
	N <sub>0</sub>	12,5	13,7	14,2	13,5
	Среднее по A / Average A	12,7	14,6	14,6	-
HCP <sub>05</sub> (LSD <sub>05</sub> ) = 0,4; HCP <sub>05</sub> (A) = 0,3; HCP <sub>05</sub> (B) = 0,2; HCP <sub>05</sub> (AB) = 0,2					
Сбор ОЭ, ГДж/га / Exchange energy (EE) yield, GJ/ha	N <sub>60</sub>	33,1	36,6	50,2	40,0
	N <sub>0</sub>	28,6	31,6	45,5	35,2
	Среднее по A / Average A	30,9	34,1	47,9	-
HCP <sub>05</sub> (LSD <sub>05</sub> ) = 7,2; HCP <sub>05</sub> (A) = 5,7; HCP <sub>05</sub> (B) = 4,3; HCP <sub>05</sub> (AB) = 4,3 (H <sub>0</sub> : d = 0)					
Содержание ОЭ в СВ, МДж/кг / EE content in DM, MJ/kg	N <sub>60</sub>	8,7	8,5	8,3	8,5
	N <sub>0</sub>	8,7	8,2	8,5	8,5
	Среднее по A / Average A	8,7	8,4	8,4	-
HCP <sub>05</sub> (LSD <sub>05</sub> ) = 0,2; HCP <sub>05</sub> (A) = 0,2; HCP <sub>05</sub> (B) = 0,1; HCP <sub>05</sub> (AB) = 0,1 (H <sub>0</sub> : d = 0)					

Примечания: I, II, III – травянозерновые севообороты с одно-, двух-, трехлетним использованием травосмеси (фактор А); N<sub>60</sub>, N<sub>0</sub> – дозы азота на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фактор В) / Notes: I, II, III – grass-grain crop rotations with one-, two-, three-, year use of grass mixture (factor A); N<sub>60</sub>, N<sub>0</sub> – nitrogen doses against the background of P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (factor B)



*Рис. 1. Динамика средней относительной продуктивности (усреднение доли каждого показателя (сбор СВ, СП, ОЭ и кормовых единиц) по каждому севообороту от их общей суммы) шестипольных зернотравяных кормовых севооборотов в зависимости от продолжительности использования многолетних трав (2013-2018 гг.) /*

*Fig. 1. Dynamics of average relative productivity (averaging of each indicator proportion (dry matter, crud protein, exchange energy and feed units) for each crop rotation from their total amount) of six-field grass-grain crop rotations depending on the use duration of perennial grasses (2013-2018)*

Следует отметить наличие сильной прямолинейной зависимости между содержанием азота в слое почвы 0-20 см в конце опыта и изучаемыми показателями продуктивности севооборотов. С увеличением доли азота возрастали сборы СВ и СП ( $R^2 = 0,67$ ) и ОЭ ( $R^2 = 0,75$ ).

Различия в закономерностях между среднегодовым аккумулярованием СП и ОЭ в СВ надземной биомассы и зернофуража за последнюю ротацию изученных севооборотов были наибольшими, прежде всего, по фактору А.

Повышение доли СП в СВ получаемых кормов при продлении использования КЛТ в изученных севооборотах и применении азотных удобрений имело схожие тенденции с их продуктивностью. Продление сроков использования многолетних трав с одного до двух-трех лет позволило увеличить показатель с 12,7 до 14,6 %. Внесение в почву аммиачной селитры ( $N_{60}$ ), при сравнении с вариантом без ее использования ( $N_0$ ) на фоне  $P_{60}K_{60}$ , дало меньшее преимущество севооборотам по доле СП в СВ. Существенное возрастание содержания СП в СВ при увеличении использования КЛТ сохранялось и в условиях отказа от применения минерального азота.

В результате двух- и трёхлетнее использование КЛТ в шестипольных травянозерновых севооборотах (II, III) в условиях внесения азотных удобрений ( $N_{60}$ ) в третью ротацию обеспечило самое высокое качество кормов по содержанию СП в СВ (в среднем 15,2 %). Это позволило превзойти контрольный севооборот без внесения минерального азота ( $N_0$ ) на 22 % (табл. 3).

Увеличение продуктивности возделываемых культур в изучаемых севооборотах, наблюдаемое при продлении выращивания КЛТ и применении азотного удобрения, не обеспечивало рост энергетической ценности получаемых кормов. Напротив, прослеживались тенденции её снижения. Кроме того, среднегодовое содержание ОЭ не достигало оптимальных значений. Так, самое большое содержание ОЭ в СВ, составившее 8,7 МДж/кг, было зафиксировано в контроле. На показатель не повлияла даже доза внесения аммиачной селитры. Двух- или трёхлетнее использование КЛТ в севооборотах (II, III) привело к снижению (на 3,4 %) концентрации энергии в полученных кормах. Применение минерального азота отразилось на данной качественной характеристике лишь в севообороте II. Содержание ОЭ в СВ превысило вари-

ант без использования азота ( $N_0$ ) на 3,7 %. Таким образом, следует учесть, что севооборот III по содержанию ОЭ в СВ уступал контрольному севообороту на 0,3 МДж/кг (НСР<sub>05</sub> 0,2 МДж/кг).

В итоге, сравнение изученных шестипольных травянозерновых севооборотов по представленным в таблице 3 кормовым характеристикам позволило выделить вариант с трехлетним использованием КЛТ (III) в качестве самого оптимального. В данном севообороте внесение минерального азота в дозе 60 кг/га на фоне  $P_{60}K_{60}$  под однолетние культуры и подкормка озимых в течение третьей ротации дало преимущество по сбору СВ, СП и его концентрации в СВ. Согласно данным опыта, севооборот III был способен ежегодно обеспечивать получение в среднем 5,8 т сухой массы кормов из зелёной массы и зернофуража на 1 га пашни с аккумулярованными в ней 834 кг СП с концентрацией 14,6 % и 47,9 ГДж ОЭ и 8,4 МДж на 1 кг СВ.

Внесению аммиачной селитры при возделывании кормовых культур в течение третьей ротации принадлежала значительная часть энергетических затрат (рис. 2), в этих вариантах затраты в среднем были выше на 24 %.

Сокращение длительности использования КЛТ в течение ротации увеличило число обработок почвы и других мероприятий. Тем самым, они также способствовали повышению совокупных производственных энергозатрат. Так, со снижением срока использования КЛТ с трёх лет (III) до двух (II) подобные издержки возросли примерно на 5 %, а с двух (II) до одного (I) – на 11 %. В целом было замечено, что увеличение общих энергозатрат при сокращении полей с КЛТ в вариантах без внесения азотных удобрений ( $N_0$ ) было менее выраженным. В этом случае различия показателей между севооборотами с двумя (II) и тремя (III) годами пользования многолетних трав находились в пределах ошибки опыта (НСР<sub>05</sub> = 4 ГДж/га, или 3 %). В условиях внесения минерального азота выбор в пользу второго севооборота прибавил совокупные энергозатраты с 145 ГДж/га на 7 % (на 10 ГДж/га), а в пользу третьего – на 21 % (на 31 ГДж/га).

Таким образом, снижение затрат примерно на одном уровне можно достигнуть как увеличением длительности использования многолетней травосмеси с одного до трех лет (-18 ГДж/га), так и отказом от применения азотных удобрений (-24 ГДж/га) в севообороте при трехлетнем пользовании КЛТ.

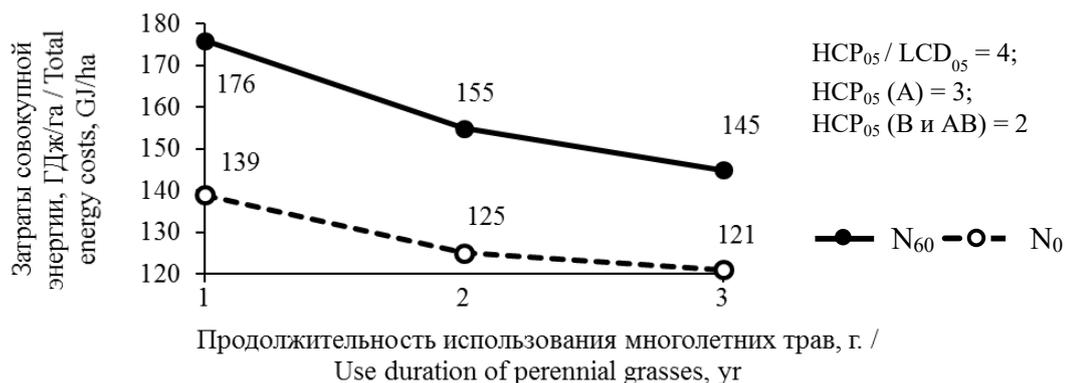


Рис. 2. Энергетические затраты возделывания сельскохозяйственных культур в шестипольных травянозерновых кормовых севооборотах в зависимости от длительности использования КЛТ и внесения аммиачной селитры (2013-2018 гг.) /

Fig. 2. Energy costs crop cultivation in six-field grass-grain fodder crop rotations depending on the duration of GAG use and the ammonium nitrate fertilization (2013-2018)

В нашем опыте расходы на севооборот без азотных удобрений (N<sub>0</sub>) и с использованием КЛТ более двух лет были наименьшими (121-125 ГДж/га). Полученные результаты согласуются с данными других исследователей [19, 26].

Дополнительные затраты на возделывание культур в изучаемых севооборотах от применения азотных удобрений были компенсированы равнозначным снижением энер-

гоёмкости сбора СП (рис. 3). Сильное влияние на издержки по производству белка ( $R^2 = 0,91$ ) оказала продолжительность вегетации КЛТ. Её увеличение с двух лет (I) до четырёх (III), независимо от доз внесения аммиачной селитры, уменьшило окупаемость энергозатрат с 57,1-59,6 МДж/кг СП в 2,2 раза. Каждый добавленный год использования многолетних трав сокращал энергоёмкость СП примерно на 15 МДж/кг ( $HCP_{05} (A) = 3,7$  МДж/кг).

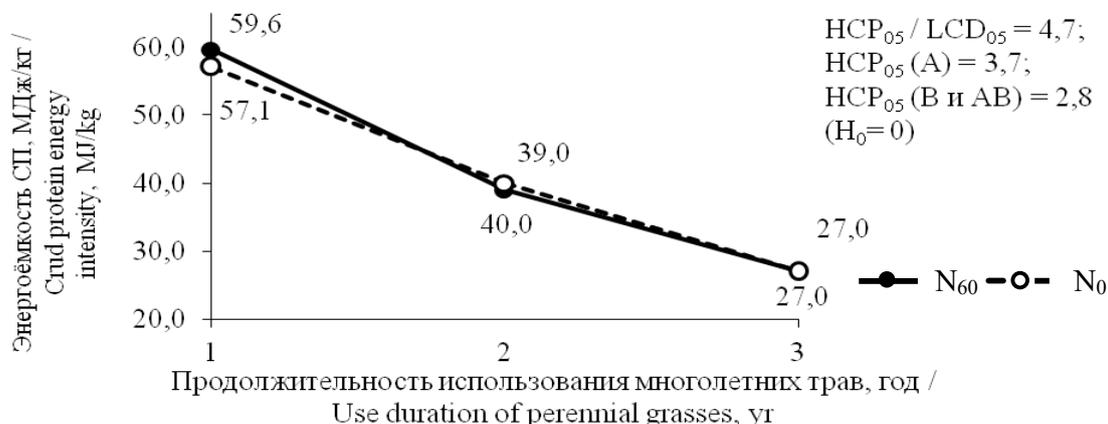


Рис. 3. Энергоёмкость сырого протеина при возделывания сельскохозяйственных культур в шестипольных травянозерновых кормовых севооборотах в зависимости от длительности использования КЛТ и внесения аммиачной селитры (2013-2018 гг.) /

Fig. 3. Crude protein energy intensity of crop cultivation in six-field grass-grain fodder crop rotations depending on the duration of GAG use and the ammonium nitrate fertilization (2013-2018)

В результате оценки изучаемых кормовых севооборотов была подтверждена эффективность возделывания в них культур через коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ), превысивший единицу на 13-225% (рис. 4). Показатель существенно ( $R^2 = 0,83$ ;  $HCP_{05} (A) = 0,16$ ) повышался в зависимости от продления срока использования КЛТ в

данных севооборотах. Каждый дополнительный год их выращивания увеличивал КЭЭ севооборотов с 1,13-1,24 ед. на 24-47%. Согласно исследователям ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока [27], КЭЭ возделывания КЛТ за каждый такой год продления может повышаться на 2-3 единицы. Подобного роста в рассматриваемом опыте не произошло

из-за невысокой продуктивности КЛТ, вызванной ее изреженностью. Наибольший КЭЭ 2,08-2,25 ед. был зафиксирован в севообороте III. Он превосходил вариант с однолетним использованием КЛТ (I) в 1,8 раза, а с двух-

летним – в 1,5 раза. Также необходимо отметить, что благодаря увеличению сбора обменной энергии от внесения азотных удобрений существенного снижения КЭЭ не отмечалось.

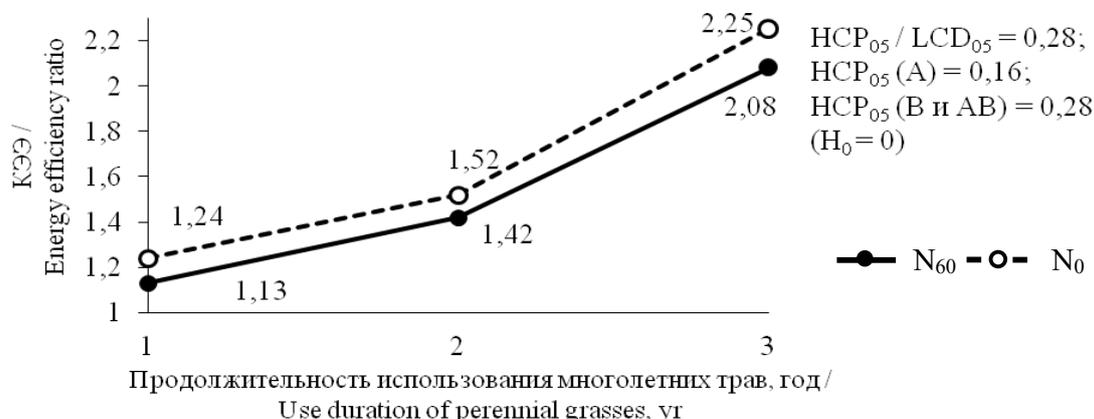


Рис. 4. Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) возделывания сельскохозяйственных культур в шестипольных травянозерновых кормовых севооборотах в зависимости от длительности использования КЛТ и внесения аммиачной селитры (2013-2018 гг.) /

Fig. 4. Energy efficiency ratio of crop cultivation in six-field grass-grain fodder crop rotations depending on the duration of GAG use and the ammonium nitrate fertilization (2013-2018)

В ходе сравнительной оценки шестипольных травянозерновых севооборотов по всем показателям энергетической эффективности возделываемых в них культур вариант с трёхлетним использованием КЛТ (III) выделен в качестве лучшего. Хотя энергоёмкость возделываемых растений с применением аммиачной селитры (N<sub>60</sub>) существенно не снижалась, отказ от её внесения (N<sub>0</sub>) упрощал технологию производства, значительно уменьшив общие затраты. Повышение эффективности севооборотов с увеличением полей с многолетними бобовыми травами при снижении доз минеральных удобрений можно увидеть и в другом исследовании [28]. Таким образом, в третью ротацию самого эффективного севооборота (III, при N<sub>0</sub>) с КЭЭ более двух единиц и энергоёмкостью сбора одного кг СП в 27 МДж затрачено 121 ГДж/га.

**Заключение.** В условиях Республики Марий Эл на дерново-подзолистой почве с очень высоким содержанием фосфора и калия шестипольный травянозерновой кормовой севооборот с трёхлетним использованием КЛТ (III) в третью ротацию имел существенное преимущество перед севооборотами с одно- (I) и двухлетним (II) использованием травосмеси – по энергетической эффективности (в два раза) и продуктивности (на 40-80 %) возделываемых культур. Стоит отметить, что средняя доля СП в СВ полученных кормов увеличивалась с 12,7 до 14,6 % (на 15 %) также и при продлении срока выращивания КЛТ до трёх лет (II севооборот). Содержание ОЭ в СВ в вариантах фиксировалось всего лишь на уровне 8,5 МДж/кг с маловыраженным влиянием изучаемых факторов в опыте.

#### Список литературы

1. Золотарев В. Н., Косолапов В. М., Переправо Н. И. Состояние травосеяния и перспективы развития семеноводства многолетних трав в России и Волго-Вятском регионе. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017;(1(56)):28-34. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/97/97>
2. Bélanger G., Tremblay G. F., Papadopoulos Y. A., Duynisveld J., Lajeunesse J., Lafrenière C., Fillmore S. A. E. Yield and nutritive value of binary legume-grass mixtures under grazing or frequent cut-ting. *Canadian journal of plant science*. 2018;98(2):395-407. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0183>
3. Грипась М. Н., Арзамасова Е. Г., Попова Е. В. Комплексная оценка перспективных сортов клевера лугового. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;(5(66)):51-58. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.51-58>
4. Корелина В. А., Батакова О. Б. Выявление источников высокой продуктивности и качества у клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в условиях северного региона РФ. *Адаптивное кормопроизводство*. 2018;(3):45-52. Режим доступа: <http://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1809.pdf>

5. Тихомиров И. А., Скоркин В. К., Аксенова В. П., Андриухина О. Л. Повышение эффективности производства продукции молочного и мясного скотоводства на основе совершенствования технологии кормления. Вестник ВНИИМЖ. 2017;(1(25)):70-71. DOI: <https://doi.org/10.24411/2226-4302-2017-00044>
6. Бортник Т. Ю., Башков А. С. Эффективность систем удобрений и перспективы научных исследований в длительном полевом опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 гг.: мат-лы Всеросс. координационного совещ. научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. Под ред. акад. РАН В. Г. Сычева. М.: ВНИИ агрохимии имени Д. Н. Прянишникова, 2018. С. 26-31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35672845>
7. Isbell F., Adler P. R., Eisenhauer N., Fornara D., Kimmel K., Kremen C., Letourneau D. K., Liebman M., Polley H. W., Quijas S., Scherer-Lorenzen M. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. Journal of Ecology. 2017;105(4):871-879. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789>
8. Akdeniz H., Hosaflioglu I., Koç A., Hossain A., Islam M. S., Iqbal M. A., Imtiaz H., Gharib H., El-Sabagh A. Evaluation of herbage yield and nutritive value of eight forage crop species. Applied ecology and environmental research. 2019;17(3):5571-5581. DOI: [https://doi.org/10.15666/aeer/1703\\_55715581](https://doi.org/10.15666/aeer/1703_55715581)
9. Tilman D., Reich P. B., Isbell F. Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2012;109(26):10394-10397. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1208240109>
10. Чухина О. В. Изменение агрохимических показателей дерново-подзолистой почвы при применении удобрений. Агрохимический вестник. 2013;(3):11-14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21014403>
11. Козлова Л. М., Рубцова Н. Е., Соболева Н. Н. Трансформация органического вещества агродерново-подзолистых почв Евро-Северо-Востока. Agrarная наука Евро-Северо-Востока. 2015;(6(49)):47-53. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24484209>
12. Козлова Л. М., Пожалова Е. Ф., Макарова Т. С., Попов Ф. А. Значение органического вещества почвы в современном земледелии. Современные проблемы устойчивого конструирования агроландшафтов и ресурсосберегающие технологии в сельском хозяйстве Северо-Восточного региона европейской части России: мат-лы научн.-практ. конф., посвящ. 95-летию ГУ Пермский НИИСХ. Пермь: ОТиДО, 2009. С. 77-81.
13. Niu Y., Bainard L. D., Bandara M., Hamel C., Gan Y. Soil residual water and nutrients explain about 30 % of the rotational effect in 4-yr pulse-intensified rotation systems. Canadian Journal of Plant Science. 2017;97(5):852-864. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0282>
14. Ross S. M., King J. R., Williams C. M., Strydhorst S. M., Olson M. A., Hoy C. F., Lopetinsky K. J. The effects of three pulse crops on a second subsequent crop. Can. J. Plant Sci. 2015;95(4):779-786. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-224>
15. Козлова Л. М. Продуктивность и баланс основных питательных элементов в севооборотах при различных уровнях интенсификации. Достижения науки и техники АПК. 2019;33(1):6-9. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10102>
16. Tamm I., Tamm Ü, Ingver A., Koppel R., Tupits I., Bender A., Tamm S., Narits L., Koppel M. Different leguminous pre-crops increased yield of succeeding cereals in two consecutive years. Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science. 2016;66(7):593-601. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1205125>
17. McElroy M., Papadopoulos Y. A., Glover K. E., Dong Z., Fillmore S. A. E., Johnston M. O. Interactions between cultivars of legumes species (*Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* L.) and grasses (*Phleum pratense* L., *Lolium perenne* L.) under different nitrogen levels. Can. J. Plant Science. 2016;97(2):214-225. DOI: <https://doi.org/10.1139/CJPS-2016-0130>
18. Ergon A., Seddaiu G., Korhonen P., Virkajärvi P., Bellocchi G., Jørgensen M., Østrem L., Reheul D., Voltaire F. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? European journal of agronomy, Elsevier. 2018;92:97-106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>
19. Свечников А. К. Накопление пожнивно-корневых остатков и питательных элементов в кормовых севооборотах. Agrarная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(6):613-622. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.613-622>
20. Измestьев В. М., Свечников А. К., Соколова Е. А. Влияние минеральных удобрений на плодородие дерново-подзолистых почв в кормовых севооборотах. Agrarная наука Евро-Северо-Востока. 2016;(6(55)):37-41. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.55.6.37-41>
21. Чеботарев Н. Т., Юдин А. А. Динамика плодородия и продуктивности дерново-подзолистой почвы под действием длительного применения удобрений в условиях Республики Коми. Достижения науки и техники АПК. 2015;29(2):11-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23167327>
22. Лагуткин Н. В. Разумное земледелие. Пенза, 2013. 116 с. Режим доступа: <http://moyaokruga.ru/GetFile.aspx?id=323>
23. Павликова Е. В., Ткачук О. А. Оценка влияния полевых севооборотов на плодородие почвы и их продуктивность в лесостепной зоне Среднего Поволжья. Современные проблемы науки и образования. 2014;3:710. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22528541>
24. Никончик П. И. Севооборот и воспроизводство плодородия почвы. Результаты 30-летнего стационарного опыта. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2012;(3):88-98. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18093098>
25. Иванов И. С., Шатский И. М., Острикова М. Г., Чекмарёва А. В. Особенности возделывания эспарцета на семена на Воронежской опытной станции по многолетним травам. Адаптивное кормопроизводство. 2018;(1):58-71. Режим доступа: <http://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1803.pdf>

26. Volaire F., Kallida R., Norton M., Malinowski D., Barre P. Fodder grass selection in the Mediterranean: the role of summer dormancy. The Mediterranean region under climate change: a scientific update. Marseille: IRD Editions, 2016. pp. 495-501. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01832290>

27. Фигурин В. А., Сунцова Н. П., Кислицына А. П. Последствие режимов использования травосмеси лядвенца рогатого с тимopheевкой луговой на дерново-подзолистой сильнокислой почве. Пермский аграрный вестник. 2018;(2(22)):100-106. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35146122>

28. Семешкина П. С., Мазуров В. Н., Бурлуцкий В. А., Стягунина Н. М. Продуктивность севооборотов в зависимости от системы внесения минеральных удобрений. Вестник ОрелГАУ. 2017;(4(67)):57-61. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29866388>

#### References

1. Zolotarev V. N., Kosolapov V. M., Perepravo N. I. *Sostoyanie travoseyaniya i perspektivy razvitiya semenovodstva mnogoletnikh trav v Rossii i Volgo-Vyatskom regione*. [The state of grass cultivation and prospects of development of seed production of perennial grasses in Russia and in the Volga-Vyatka region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(1(56)):28-34. (In Russ.). URL: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/97/97>

2. Bélanger G., Tremblay G. F., Papadopoulos Y. A., Duynisveld J., Lajeunesse J., Lafrenière C., Fillmore S. A. E. Yield and nutritive value of binary legume-grass mixtures under grazing or frequent cutting. *Canadian journal of plant science*. 2018;98(2):395-407. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2017-0183>

3. Gripas' M. N., Arzamasova E. G., Popova E. V. *Kompleksnaya otsenka perspektivnykh sortov klevera lugovogo*. [Complex estimation of red clover perspective varieties]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(5(66)):51-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.51-58>

4. Korelina V. A., Batakova O. B. *Vyyavlenie istochnikov vysokoy produktivnosti i kachestva u klevera lugovogo (Trifolium pratense L.) v usloviyakh severnogo regiona RF*. [Identification of the sources of high productivity and quality of red clover (*Trifolium pratense* L.) in the conditions northern region of Russian Federation]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive fodder production*. 2018;(3):45-52. (In Russ.). URL: <http://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1809.pdf>

5. Tikhomirov I. A., Skorkin V. K., Aksenova V. P., Andryukhina O. L. *Povyshenie effektivnosti proizvodstva produktsii molochnogo i myasnogo skotovodstva na osnove sovershenstvovaniya tekhnologii kormleniya*. [The dairy and beef cattle production efficiency improving on the feeding technology development base]. *Vestnik VNIIMZH = Journal of VNIIMZH*. 2017;(1(25)):70-71. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2226-4302-2017-00044>

6. Bortnik T. Yu., Bashkov A. S. *Effektivnost' sistem udobreniy i perspektivy nauchnykh issledovaniy v dlitel'nom polevom opyte na derново-podzolistoy sredne-suglinistoy pochve*. [The effectiveness of fertilizer systems and the prospects of scientific research in a long field experiment on sod-podzolic medium loamy soil]. *Itogi vypolneniya programmy fundamental'nykh nauchnykh issledovaniy gosudarstvennykh akademiy na 2013-2020 gg.: mat-ly Vseross. koordinatsionnogo soveshch. nauchnykh uchrezhdeniy-uchastnikov Geograficheskoy seti opytov s udobreniyami*. [Results of the implementation of the program of fundamental scientific research of state academies for 2013-2020: Proceedings of the all-Russian coordination Council. scientific institutions participating in the Geographical network of experiments with fertilizers]. *Pod red. akad. RAN V. G. Sycheva*. Moscow: *VNII agrokhimii imeni D. N. Pryanishnikova*, 2018. pp. 26-31. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35672845>

7. Isbell F., Adler P. R., Eisenhauer N., Fornara D., Kimmel K., Kremen C., Letourneau D. K., Liebman M., Polley H. W., Quijas S., Scherer-Lorenzen M. Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. *Journal of Ecology*. 2017;105(4):871-879. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12789>

8. Akdeniz H., Hosaflioglu I., Koç A., Hossain A., Islam M. S., Iqbal M. A., Imtiaz H., Gharib H., El-Sabagh A. Evaluation of herbage yield and nutritive value of eight forage crop species. *Applied ecology and environmental research*. 2019;17(3):5571-5581. DOI: [https://doi.org/10.15666/aer/1703\\_55715581](https://doi.org/10.15666/aer/1703_55715581)

9. Tilman D., Reich P. B., Isbell F. Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2012;109(26):10394-10397. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1208240109>

10. Chukhina O. V. *Izmenenie agrokhimicheskikh pokazateley derново-podzolistoy pochvy pri primenenii udobreniy*. [Change of agrochemical indicators of sod-podzolic soils during application of fertilizers]. *Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald*. 2013;(3):11-14. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21014403>

11. Kozlova L. M., Rubtsova N. E., Soboleva N. N. *Transformatsiya organicheskogo veshchestva agrodernovo-podzolistykh pochv Evro-Severo-Vostoka*. [Transformation of organic matter of sod-podzolic soils in Euro-North-East]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2015;(6(49)):47-53. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24484209>

12. Kozlova L. M., Pozhalova E. F., Makarova T. S., Popov F. A. *Znachenie organicheskogo veshchestva pochvy v sovremennom zemledelii*. [The value of soil organic matter in modern agriculture]. *Sovremennye problemy ustoychivogo konstruirovaniya agrolandshaftov i resursosberegayushchie tekhnologii v sel'skom khozyaystve Severo-Vostochnogo regiona evropeyskoy chasti Rossii: mat-ly nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 95-letiyu GU Permskiy NIISKh*. [Current problems of sustainable agrolandscapes design and resource-saving technologies in agriculture of the North-East region of the European part of Russia: Proceedings of scientific and practical Conference dedicated to the 95th anniversary of Perm State Research Institute of Agriculture]. Perm: *OT i DO*, 2009. pp. 77-81.

13. Niu Y., Bainard L. D., Bandara M., Hamel C., Gan Y. Soil residual water and nutrients explain about 30 % of the rotational effect in 4-yr pulse-intensified rotation systems. *Canadian Journal of Plant Science*. 2017;97(5):852-864. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0282>

14. Ross S. M., King J. R., Williams C. M., Strydhorst S. M., Olson M. A., Hoy C. F., Lopetinsky K. J. The effects of three pulse crops on a second subsequent crop. *Can. J. Plant Sci.* 2015;95(4):779-786. DOI: <https://doi.org/10.4141/cjps-2014-224>
15. Kozlova L. M. *Produktivnost' i balans osnovnykh pitatel'nykh elementov v sevooborotakh pri razlichnykh hurovnyakh intensivifikatsii*. [Productivity and balance of main nutrients in crop rotations at different levels of intensification]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2019;33(1):6-9. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10102>
16. Tamm I., Tamm Ü, Ingver A., Koppel R., Tupits I., Bender A., Tamm S., Narits L., Koppel M. Different leguminous pre-crops increased yield of succeeding cereals in two consecutive years. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 2016;66(7):593-601. DOI: <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1205125>
17. McElroy M., Papadopoulos Y. A., Glover K. E., Dong Z., Fillmore S. A. E., Johnston M. O. Interactions between cultivars of legumes species (*Trifolium pratense* L., *Medicago sativa* L.) and grasses (*Phleum pratense* L., *Lolium perenne* L.) under different nitrogen levels. *Can. J. Plant Science*. 2016;97(2):214-225. DOI: <https://doi.org/10.1139/CJPS-2016-0130>
18. Ergon Å., Seddaiu G., Korhonen P., Virkajärvi P., Bellocchi G., Jørgensen M., Østrem L., Reheul D., Volaire F. How can forage production in Nordic and Mediterranean Europe adapt to the challenges and opportunities arising from climate change? *European journal of agronomy*, Elsevier. 2018;92:97-106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.09.016>
19. Svechnikov A. K. *Nakoplenie pozhnivno-kornevykh ostatkov i pitatel'nykh elementov v kormovykh sevooborotakh*. [Accumulation of root-stubble residues and nutrients in feed crop rotations]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(6):613-622. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.6.613-622>
20. Izmestev V. M., Svechnikov A. K., Sokolova E. A. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy na plodorodieder novo-podzolistykh pochv v kormovykh sevooborotakh*. [Influence of mineral fertilizers on fertility of sod-podzolic soils in fodder crop rotations]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2016;(6(55)):37-41. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2016.55.6.37-41>
21. Chebotarev N. T., Yudin A. A. *Dinamika plodorodiya i produktivnosti dernovo-podzolistoy pochvy pod deystviem dlitel'nogo primeneniya udobreniy v usloviyakh Respubliki Komi*. [Dynamics of fertility and productivity of sod-podzolic soil under the influence of long use of fertilizers under conditions of Komi Republic]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2015;29(2):11-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23167327>
22. Lagutkin N. V. *Razumnozemledelie*. [Rational farming]. Penza, 2013. 116 p. URL: <http://moyaokrug.ru/GetFile.aspx?id=323>
23. Pavlikova E. V., Tkachuk O. A. *Otsenka vliyaniya apolevykh sevooborotov na plodorodie pochvy i ikh produktivnost' v lesostepnoy zone Srednego Povolzh'ya*. [Assessment of influence of field crop rotations on fertility of the soil and their efficiency in the forest-steppe zone of Central Volga area]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2014;3:710. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22528541>
24. Nikonchik P. I. *Sevooborot i vosproizvodstvo plodorodiya pochvy. Rezul'taty 30-letnego statsionarnogo opyta*. [Crop rotation and soil fertility improvement. Results of 30-year long-term experiment]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2012;(3):88-98. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18093098>
25. Ivanov I. S., Shatskiy I. M., Ostrikova M. G., Chekmareva A. V. *Osobennosti vzdelyvaniya espartseta na semenana Voronezhskoy opytной stantsii po mnogoletnim travam*. [Features of cultivation of sainfoin seeds in the Voronezh experimental station for perennial grasses]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo = Adaptive fodder production*. 2018;(1):58-71. (In Russ.). URL: <http://www.adaptagro.ru/images/journals/afp1803.pdf>
26. Volaire F., Kallida R., Norton M., Malinowski D., Barre P. Fodder grass selection in the Mediterranean: the role of summer dormancy. The Mediterranean region under climate change: a scientific update. Marseille: IRD Editions, 2016. pp. 495-501. URL: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01832290>
27. Figurin V. A., Sunstova N. P., Kislitsyna A. P. *Posledeystvie rezhimov ispol'zovaniya travosmesi lyadventsa rogatogo s timofeevkoym lugovoy na dernovo-podzolistoy sil'nokisloy pochve*. [The effects of different cutting regimes of bird's-foot trefoil mixed with timothy grass on sod-podzolic strongly acid soil]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2018;(2(22)):100-106. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35146122>
28. Semeshkina P. S., Mazurov V. N., Burlutski V. A., Styatugina N. M. *Produktivnost' sevooborotov v zavisimosti ot sistemy vneseniya mineral'nykh udobreniy*. [Crop rotation productivity depending on the system of mineral fertilizers]. *Vestnik Orel GAU = Vestnik Orel GAU*. 2017;(4(67)):57-61. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29866388>

#### Сведения об авторе

✉ Свечников Александр Константинович, научный сотрудник, Марийский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Победы, д. 10, п. Руэм, Медведевский район, Республика Марий Эл, Российская Федерация, 425231, e-mail: [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0070-5348>, e-mail: [koalder@yandex.ru](mailto:koalder@yandex.ru)

#### Information about the author

✉ Alexander K. Svechnikov, researcher, Mari Agricultural Research Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Pobedy St., 10, Medvedevsky district, Ruem, Mari El Republic, Russian Federation, 425231, e-mail: [via@mari-el.ru](mailto:via@mari-el.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0070-5348>, e-mail: [koalder@yandex.ru](mailto:koalder@yandex.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author



## Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых среднеокультуренных почвах в условиях Псковской области

© 2020. А. Д. Степин<sup>✉</sup>, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева, С. В. Уткина, Н. В. Романова

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

В статье представлены результаты научных исследований за 2014-2019 годы по выявлению реакции ранне-спелых сортов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) псковской селекции Пересвет, Квартет, Восход и Добрыня на условия выращивания: сроки сева, нормы высева (16, 18, 20, 22, 24 млн шт. всхожих семян на 1 га), дозы азотных удобрений (0, 15, 30, 45 кг д. в./га). Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации варьировал от 0,98 до 1,94. Оптимальной нормой высева для льна-долгунца сорта Пересвет является 22 млн шт/га, для сорта Квартет – 20 млн шт/га, при которых урожайность льноволокна с 1 га составила соответственно 21,9-20,6 ц, что достоверно превышало урожайность волокна при минимальной норме высева соответственно на 1,0-1,7 ц/га при  $НСР_{05} = 0,7-0,9$  ц/га. Максимальная урожайность семян у обоих сортов получена при минимальной норме высева. Оптимальным сроком сева для сорта Пересвет определен третий (8-17 мая 2014-2016 гг.), для сорта Квартет – второй срок (11-20 мая 2017-2019 гг.). Урожайность льноволокна по ним достоверно превысила первый срок посева соответственно на 0,7-2,3 ц/га ( $НСР_{05} = 0,6-0,8$  ц/га) и составила 23,0-21,1 ц/га, а семян 9,8-9,1 ц/га. Оптимальными дозами азота по фону  $P_{40}K_{60}$  для сортов Восход и Квартет являются 15 кг д. в./га, для сортов Добрыня и Пересвет – 30 кг д. в./га. Урожайность льноволокна при применении этих доз превысила контроль соответственно на 1,5-1,3 ц/га ( $НСР_{05} = 0,6-0,8$  ц/га) и на 2,7-2,5 ц/га ( $НСР_{05} = 1,0-0,9$  ц/га). Окупаемость 1 кг азота прибавкой льноволокна у всех сортов была наивысшей при внесении минимальной дозы  $N_{15}$ . В разрезе сортов она колебалась в пределах 8,0-12,7 кг/кг. Определены величины удельного выноса элементов питания на 1 тонну льносоломки и льноволокна, которые рекомендуется использовать при определении доз минеральных удобрений под планируемую урожайность льноволокна.

**Ключевые слова:** *Linum usitatissimum* L., сорта, сроки сева, нормы высева, дозы азота, урожайность, окупаемость удобрений, вынос элементов питания

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № 0477-2019-0009).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Уткина С. В., Романова Н. В. Реакция сортов льна-долгунца на нормы высева, сроки сева и оптимизацию минерального питания на дерново-подзолистых средне окультуренных почвах в условиях Псковской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020;21(6):764-776. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776>

Поступила: 10.09.2020

Принята к публикации: 06.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Reaction of fiber flax varieties to seeding rates, sowing time and optimization of mineral nutrition on sod-podzolic medium-cultivated soils in the Pskov region

© 2020. Aleksander D. Stepin<sup>✉</sup>, Michail N. Rysev, Tamara A. Ryseva, Svetlana V. Utkina, Nadezhda V. Romanova

Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

The article presents the results of scientific research for 2014-2019 on the reaction of early-maturing fiber flax varieties (*Linum usitatissimum* L.) of the Pskov selection Peresvet, Kvartet, Voskhod and Dobrynya to growing conditions: sowing time, seeding rates (16, 18, 20, 22, 24 million pieces of germinating seeds per 1 ha), doses of nitrogen fertilizers (0, 15, 30, 45 kg of active ingredient (a. i.) per hectare). The hydrothermal coefficient (GTC) for the growing season varied from 0.98 to 1.94. The optimal seeding rate for fiber flax of the Peresvet variety is 22 million pcs /ha, and for the Kvartet variety – 20 million pcs /ha. With these seeding rates the yield of flax fiber was 21.9-20.6 hundred kilograms (centners) per hectare, respectively, that significantly exceeded the yield of fiber with the minimum seeding rate of 1.0-1.7 hkg/ha, respectively, with  $LSD_{05} = 0.7-0.9$  hkg/ha. The maximum yield of seeds in both varieties was obtained at the minimum seeding rate. The optimal sowing period for the Peresvet variety was the third period (May 8-17th, 2014-2016) and the second period for the Kvartet variety (May 11-20th, 2017-2019). The yield of flax fiber for these varieties significantly exceeded the 1<sup>st</sup> sowing period by 0.7-2.3 hkg/ha, respectively ( $LSD_{05} = 0.6-0.8$  hkg/ha) and amounted to 23.0-21.1 hkg/ha, that of seeds – 9.8-9.1 hkg/ha.

*The optimal nitrogen doses for R<sub>40</sub>K<sub>60</sub> background are for Voskhod and Kvartet varieties 15 kg a. i./ha, and for the Dobrynya and Peresvet varieties – 30 kg a. i./ha. The yield of flax fiber for them exceeded the control by 1.5-1.3 hkg/ha, respectively (LSD<sub>05</sub> = 0.6-0.8 hkg/ha) and 2.7-2.5 hkg/ha (LSD<sub>05</sub> = 1,0-0.9 hkg/ha). The payback of 1 kg of nitrogen by flax fiber increase in all varieties was the highest with the minimum dose of N<sub>15</sub>. Among the varieties, it ranged from 8 to 12.7 kg/kg. The specific removal of food elements per 1 ton of flax straw and flax fiber recommended for use in determining the doses of mineral fertilizers for the planned yield of flax fiber, has been determined.*

**Key words:** *Linum usitatissimum* L., varieties, sowing periods, seeding rates, nitrogen doses, yield, payback of fertilizers, removal of food elements

**Acknowledgements:** *the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No.0477-2019-0009).*

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors declare no conflict of interest.

**For citation:** Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Utkina S. V., Romanova N. V. Reaction of fiber flax varieties to seeding rates, sowing time and optimization of mineral nutrition on sod-podzolic medium-cultivated soils in the Pskov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East.* 2020;21(6):764-776. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.764-776>

Received: 10.09.2020

Accepted for publication: 06.11.2020

Published online: 10.12.2010

Лен-долгунец (*Linum usitatissimum* L.) является важнейшей технической прядильной культурой комплексного использования, продукция которого (волокно, семена, костра) в качестве сырья широко используется в различных отраслях народного хозяйства. В последние годы его роль значительно возросла в связи с тем, что он стал единственным источником растительного сырья для текстильной промышленности, производимого в больших объемах в России. Ежегодная потребность в льноволокне составляет свыше 130 тыс. тонн, тогда как фактически производится в 2,5 раза меньше. Оставляет желать лучшего и качество производимого волокнистого сырья. Это сдерживает расширение сфер его использования [1, 2].

Важная роль в решении сырьевой проблемы принадлежит внедрению в производство новых высокоэффективных сортов льна-долгунца, обладающих хорошим качеством льноволокна. Их использование без дополнительных затрат позволяет на 25-30 % увеличить урожайность льнопродукции и повысить эффективность льноводства [3].

Созданные селекционерами за последние годы сорта льна-долгунца обладают потенциальной урожайностью 20-25 и более центнеров льноволокна с гектара. Однако в производственных условиях потенциал сорта реализуется не более чем на 30-35 %, что связано с неблагоприятными факторами среды, в том числе и несовершенством применяемой агротехнологии [4]. Последняя

не учитывает биологические особенности используемых сортов, которые довольно разнообразны. Сорта льна-долгунца, обладая определенными биологическими свойствами, отличаются неодинаковой отзывчивостью на уровень плодородия почвы<sup>1</sup>, условия минерального питания, густоту стеблестоя, сроки сева и т. д. [5, 6, 7, 8]. Они характеризуются различной устойчивостью к неблагоприятным факторам внешней среды, к фитопатогенам, отличаются по химическому составу растений [4, 9]. Все это вызывает необходимость разработки приемов сортовой агротехники для получения максимально возможной урожайности для каждого сорта льна-долгунца.

**Цель исследований** – выявить реакции раннеспелых сортов льна-долгунца на нормы высева и сроки сева (Пересвет и Квартет), условия минерального питания (Пересвет, Квартет, Восход, Добрыня) и установить оптимальные сроки сева, нормы высева и дозы азотных удобрений для этих сортов в условиях Псковской области.

**Материал и методы.** Исследования проводили в 2014-2019 годах на опытном поле Псковского института сельского хозяйства – филиала ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» в севообороте лаборатории селекционных технологий. Почва участка – дерново-слабоподзолистая легкосуглинистая, среднеокультуренная со следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) 2,0-2,6 %, рН<sub>KCl</sub> – 4,9-5,6, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 218-426 мг/кг, K<sub>2</sub>O – 128-210 мг/кг почвы.

<sup>1</sup>Кукреш С. П., Ходянкова С. Ф. Влияние условий питания и сортовых особенностей на урожайность и качество льна-долгунца. Роль адаптивной интенсификации земледелия в повышении эффективности аграрного производства. Жодино, 1998. Т. 1. С. 127-130.

Метеорологические условия вегетационных периодов за годы проведения исследований существенно различались. Количество осадков варьировало от 202 до 403 мм, сумма температур – от 1759 до 2251 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) – от 0,98 до 1,94: 2004, 2018 годы (ГТК = 1,04; 0,98) были недостаточно увлажненными; 2015 год (ГТК = 1,16) – достаточно увлажненный; 2016, 2017, 2019 гг. (ГТК = 1,94; 1,72; 1,54) – избыточно увлажненными. Различия по влаго- и теплообеспеченности оказывали определенное влияние на рост и развитие льна-долгунца, урожайность льнопродукции.

Объектами исследования являлись раннезрелые сорта льна-долгунца селекции института Восход, Добрыня, Пересвет и Квартет.

В опытах изучали 5 норм высева (16, 18, 20, 22, 24 млн шт. всхожих семян на 1 га) и 4 срока сева. Первый, ранний срок, устанавливали по готовности почвы к обработке и посеву при ее прогреве на глубину пахотного слоя до 8-12 °С. Все остальные сроки – с интервалом в 5 дней. Первый срок посева сорта Пересвет в разрезе годов (2014-2016 гг.) состоялся 28 апреля, 16 мая и 7 мая, сорта Квартет (2017-2019 гг.) – 6 мая, 8 мая и 15 мая.

В опыте по оптимизации минерального питания изучали 4 дозы азота (0, 15, 30, 45 кг/га) по фону фосфорно-калийных удобрений в дозе P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>. В качестве азотных удобрений использовали аммиачную селитру, которую вносили совместно с фосфорно-калийными удобрениями под предпосевную культивацию.

Площадь делянки в опытах по срокам сева и нормам высева составляла 7 м<sup>2</sup>, с дозами удобрений – 40 м<sup>2</sup>, повторность 4-кратная. В первом случае предшественником являлись многолетние травы, во втором – зерновые культуры.

Обработка почвы состояла из лущения стерни после зерновых культур, дискования пласта многолетних трав, зяблевой вспашки, проводимой в первой половине сентября, ранневесеннего боронования и предпосевной культивации в 2-3 следа. В день посева проводили прикатывание почвы гладкими катками. В опытах со сроками сева и нормами высева семян общим фоном вносили минеральные удобрения в дозе N<sub>24</sub>P<sub>24</sub>K<sub>24</sub>, в опыте с дозами азотных удобрений и сроками сева норма высева семян составляла 21 млн шт. всхожих

семян на гектар. Удобрения вносили под предпосевную культивацию в соответствии со схемой опыта.

Уход за посевами состоял из химической прополки баковой смесью, включающей: Магnum – 5 г/га, Хантер – 2 л/га, Корректор – 0,2 л/га, Гербитокс Л – 0,7 л/га.

Урожай соломы и семян учитывали поделочно с последующим взвешиванием и пересчетом на стандартную влажность и 100 %-ную чистоту. Содержание волокна определяли путем тепловой мочки, устойчивость к болезням – в соответствии с методическими указаниями<sup>2</sup>.

Статистическую обработку результатов исследований проводили методом дисперсионного анализа с использованием пакета программы Microsoft Office Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Зависимость урожайности льна-долгунца от норм высева семян. Наблюдения за ростом и развитием растений показали, что при изменении нормы высева и соответственно густоты стеблестоя сорта Пересвет и Квартет практически одинаково реагировали на условия выращивания. Длина вегетационного периода у обоих сортов и высота растений не зависели от норм высева семян. В среднем за три года исследований, которые проходили в разные годы, длина вегетационного периода у сорта Пересвет составила 76 дней, сорта Квартет – 81 день, а общая высота растений находилась в пределах 83-85 и 80-82 см соответственно (табл. 1). Имеющаяся между ними разница была в пределах ошибки опыта.

Слабо зависела от норм высева и устойчивость к ржавчине, фузариозу, антракнозу, пасмо, бактериозу. У сорта Пересвет устойчивость к болезням была довольно высокой (92-96 %), сорта Квартет – несколько ниже (59,0-68,5 %) с минимальным значением при норме высева 24 млн шт/га.

Устойчивость растений к полеганию была наиболее высокой при нормах высева 16-18 млн шт/га. По средним данным, у сорта Пересвет она составила 5,0 баллов, сорта Квартет – 4,0-4,2 балла. С увеличением нормы высева устойчивость к полеганию снижалась, достигая минимума при норме высева 24 млн шт. всхожих семян на гектар: у сорта Пересвет до 3,8 балла, сорта Квартет – до 3,0 баллов.

<sup>2</sup>Лошакова Н. И., Крылова Т. В., Кудрявцева Л. П. Методические указания по фитопатологической оценке устойчивости льна-долгунца к болезням. М., 2000. 52 с.

*Таблица 1 – Влияние сроков сева и норм высева семян на биологические и хозяйственные признаки новых сортов льна-долгунца /*

*Table 1 – Influence of sowing periods and seeding rates on the biological and economic characteristics of new varieties of fiber flax*

Вариант опыта / Variant of the experiment	Вегетационный период, сут / Growing season, days	Высота растений, см / Plant height, cm	Урожайность, ц/га / Yield, hkg/ha			Содержание волокна, % / Fiber content, %	Устойчивость, % / Resistance, %	
			солома / straw	семена / seeds	волокно / fibers		к болезням / to disease	к полеганию / to lodging
Срок сева / Time of sowing			Пересвет / Peresvet (2014-2016)					
1	73	78	61,2	10,0	22,3	36,3	96,0	4,3
2	73	78	60,1	10,1	21,7	36,0	96,0	4,3
3	72	81	61,8	9,8	23,0	37,0	96,0	4,3
4	76	83	64,2	9,1	23,2	36,1	82,0	3,7
НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	1,5	0,4	0,6	-	-	-
			Квартет / Kwartet (2017-2019)					
1	78	78	48,2	8,6	18,8	39,1	69,3	4,7
2	79	82	53,5	9,1	21,1	39,5	63,3	4,3
3	80	82	54,0	8,9	20,8	38,7	55,0	3,6
4	82	84	50,4	7,2	19,4	38,6	48,7	3,3
НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	5,2	1,1	0,8	-	-	-
Норма высева, млн шт. / Seeding rates, million pcs.			Пересвет / Peresvet (2014-2016)					
16	76	84	51,7	9,6	19,5	37,8	94,0	5,0
18	76	85	55,2	9,9	20,9	37,8	96,0	5,0
20	76	83	56,3	9,8	21,5	38,2	96,0	4,8
22	76	83	57,7	9,4	21,9	38,0	94,0	4,6
24	76	84	60,3	9,2	22,7	37,7	92,0	3,8
НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	1,4	0,2	0,7	-	-	-
			Квартет / Kwartet (2017-2019)					
16	81	82	50,3	9,9	18,9	37,6	68,5	4,2
18	81	81	51,5	8,9	19,6	38,1	60,0	4,0
20	81	80	53,8	8,2	20,6	38,6	62,0	3,6
22	81	81	54,5	7,8	20,8	38,4	65,0	3,0
24	81	80	54,3	8,0	20,7	38,4	59,0	3,0
НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha		-	1,5	0,8	0,9	-	-	-

Урожайность льносоломы у сорта Пересвет возрастала с увеличением нормы высева, максимальная урожайность 60,3 ц/га была получена при густоте стеблестоя 1890 штук растений/м<sup>2</sup>, что соответствует норме высева 24 млн шт/га. У сорта Квартет урожайность возрастала с увеличением нормы высева до 22 млн шт/га, к тому же между нормами высева 20 и 22 млн шт/га прибавки льносоломы были недостоверны. Реакция сортов по влиянию норм высева на урожайность льносемян несколько различалась. У сорта Пересвет наи-

большей (9,9-9,8 ц/га) она была при норме высева семян 18-20 млн шт/га. При увеличении нормы высева до 24 млн шт/га урожайность семян снизилась на 0,6 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 0,2 ц/га). У сорта Квартет наибольшая урожайность семян – 9,9 ц/га получена при минимальной норме высева семян – 16 млн шт/га, с увеличением нормы до 22-24 млн шт/га она снизилась до 7,8-8,0 ц/га.

Анализ урожайных данных за годы исследований показал, что подобная закономерность изменения урожайности льносоломы

и семян от нормы высева характерна для каждого года. У сорта Пересвет урожайность льносоломой колебалась от 34,7 до 60,3 ц/га. Наибольшей она была в 2015 году (51,7-60,3 ц/га) при достаточном увлажнении в течение периода вегетации (ГТК = 1,2). У сорта Квартет максимальная урожайность соломы (58,7-69,3 ц/га) отмечена в 2019 году при ГТК = 1,44. Наибольшую семенную продуктивность наблюдали в эти же годы.

Увеличение густоты стеблестоя у сорта Пересвет с 1312 до 1890 шт/га, сорта Квартет с 1264 до 1800 шт/га в процессе изучаемых норм высева оказало несущественное влияние на содержание волокна в соломе. По среднесуточным данным, наибольшее содержание волокна у сорта Пересвет (38,2 %) и сорта Квартет (38,6 %) получили при норме высева 20 млн шт/га.

Урожайность льноволокна является производной величиной между урожаем льносоломой и процентом содержания волокна. У сорта Пересвет урожайность волокна возрастала с увеличением нормы высева до 24 млн шт/га (22,7 ц/га), но при этой норме заметно снижалась устойчивость к полеганию, что повышало риск полегания во влажные годы. У сорта Квартет при увеличении нормы высева с 16 до 20 млн шт/га урожайность льноволокна достоверно возрастала с 18,9 до 20,6 ц/га, при дальнейшем повышении нормы она, практически, не изменялась. Таким образом, результаты исследований позволили установить оптимальные нормы высева семян: для сорта Квартет – 20 млн шт/га, сорта Пересвет – 22 млн шт/га.

*Зависимость урожайности льна-долгунца от сроков посева.* Метеорологические условия за вегетационный период при разных сроках посева льна имеют некоторые различия, которые оказывают определенное влияние на продолжительность фаз развития растений льна, укорачивая или удлиняя их. В целом, длина вегетационного периода у сорта Квартет несколько возрастала от первого раннего срока сева к более поздним на 1-2 дня. По трехлетним данным, при раннем сроке сева он составил 78 дней, а при позднем – 82 дня. Самый продолжительный вегетационный период у этого сорта (86-90 дней) был в холодном, избыточно увлажненном 2017 году, в котором среднесуточная температура за период вегетации была на 1,8 °С ниже среднесуточной при ГТК = 1,79. У сорта Пересвет вегетационный период при первых трех сроках посева

мало изменялся (оставался стабильным) и составил 72-73 дня. При самом позднем сроке посева он возрос до 76 дней, что связано с тем, что в период формирования и созревания стояла прохладная с осадками погода.

Высота растений – один из важных хозяйственных признаков льна. Она во многом зависит от того, как складываются температурные условия и запасы почвенной влаги, особенно в период быстрого роста растений. В среднем за годы исследований высота растений возрастала у обоих изучаемых сортов от первого срока к последующему, и наибольшей была при позднем сроке сева – 83-84 см. При этом был получен и более высокий урожай соломы по сравнению с ранним сроком сева. У сорта Пересвет урожайность льносоломой при первых трех сроках посева была на одном уровне – 60,1-61,8 ц/га, при позднем сроке (четвертом) получили наибольшую – 64,2 ц/га, превысив все ранние сроки на 2,4-4,1 ц/га при НСР<sub>05</sub> = 1,5 ц/га, что связано с лучшими условиями увлажнения в период быстрого роста льна при данном сроке сева.

У сорта Квартет урожайность льносоломой от первого до третьего срока посева увеличивалась с 48,2 до 54,0 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 5,2 ц/га). При позднем сроке сева она снизилась до 50,4 ц/га, что было связано с более сильным полеганием стеблестоя при данном сроке сева.

Урожайность льносемян при раннем сроке сева у сорта Пересвет в среднем по трехлетним данным составила 10,0 ц/га, у сорта Квартет – 8,6 ц/га, при втором и третьем сроках сева у обоих сортов она мало изменялась. Имеющаяся между ними разница находится в пределах ошибки опыта. И только при последнем сроке сева она существенно снижалась: у сорта Пересвет в сравнении с ранним сроком сева на 0,9 ц/га, у сорта Квартет – на 1,4 ц/га. Наиболее высокая урожайность семенной продукции у сорта Пересвет получена в 2015 году (11,4-10,5 ц/га), у сорта Квартет в 2019 году (12,0-10,8 ц/га), когда в период формирования и созревания семян стояла теплая и сухая погода, а ГТК за период вегетации составил 1,17-1,44.

Содержание волокна в соломе у сорта Пересвет было в пределах 36,0-36,9 %, наибольшим оно было при третьем сроке сева. У сорта Квартет высокое содержание волокна в соломе отмечено при первых двух сроках сева (39,1-39,5 %), при последующих сроках

несколько снижалось (38,6-38,7 %). Все это сказалось на урожайности льноволокна. Самый высокий урожай льноволокна 23,0-23,2 ц/га у сорта Пересвет получен при третьем и четвертом сроках сева, которые в отдельные годы происходили в период с 8 по 22 мая. У сорта Квартет лучшими сроками сева, обеспечившими получение максимального урожая льноволокна 21,1-20,8 ц/га, были второй и третий сроки (11-20 мая). При более позднем сроке сева урожайность льноволокна достоверно снижалась на 1,6 ц/га при  $НСР_{05} = 0,8$  ц/га.

Сроки сева оказывали заметное влияние на устойчивость льна-долгунца к полеганию и болезням. Сорт Пересвет отличался повышенной устойчивостью к болезням. При первых трех сроках сева он поражался болезнями очень слабо, устойчивость составляла 96 %, при позднем сроке сева она снижалась до 82 %. У сорта Квартет устойчивость к болезням была значительно ниже, от срока к сроку она снижалась с 69,3 до 48,7 %. Высокую устойчивость отмечали при раннем сроке сева. Аналогичным образом у данного сорта снижалась и устойчивость к полеганию. При раннем сроке сева она составила 4,7 балла, при последующих сроках постепенно снизилась до 3,3 балла. У сорта Пересвет устойчивость к полеганию в первые 3 срока сева была равной 4,3 балла, у последнего – 3,7 балла. Более высокая полегаемость при поздних сроках сева вызвана тем, что осадки, выпадавшие в конце июля - начале августа, нередко носили ливневый характер, а соломина льна в этот период еще недостаточно прочная.

Таким образом, на основании трехлетних исследований и комплексной оценки влияния сроков сева на урожайность льноволокна и льносемян, устойчивости льна к полеганию и болезням можно заключить, что оптимальным сроком сева для сорта Пересвет является третий срок сева (8-17 мая), сорта Квартет – второй срок (11-20 мая). Календарно эти сроки сева совпадают со второй декадой мая.

*Оптимизация минерального питания льна-долгунца.* Лен-долгунец предъявляет высокие требования к почвенному плодородию, к наличию в почве питательных веществ

в легкодоступной форме, так как корневая система его слабо развита, а подавляющая часть элементов питания поглощается им в довольно короткий период: от фазы «елочка» до цветения. При этих условиях применение удобрений является важнейшим средством получения высоких и устойчивых урожаев льна-долгунца на дерново-подзолистых почвах, отличающихся низким естественным плодородием<sup>3</sup> [10]. Наиболее высокие прибавки урожая льна и лучшее его качество получаются при сочетании всех основных видов минеральных удобрений: азотных, фосфорных и калийных [11]. В то же время долевое участие азота в формировании прибавки урожая достигает 60 % и более от полного удобрения [8]. Следует также отметить, что в современных экономических условиях общая ситуация с окупаемостью удобрений на льне-долгунце достаточно сложная. Хорошо окупаются только азотные удобрения<sup>4</sup>. В этой связи выявление оптимальных доз азотных удобрений для конкретных сортов льна-долгунца имеет большое значение для повышения урожайности и качества льнопродукции [12, 13].

Результаты исследований по изучению доз азотных удобрений под лен-долгунец показали, что у всех наблюдаемых сортов в вариантах с внесением азота созревание льна-долгунца задерживалось на 2-3 дня, при дозах 30 и, особенно, 45 кг/га снижалась устойчивость к полеганию (на 0,3-0,8 балла), усиливалась пораженность болезнями. При дозе азота 45 кг/га к уборке наблюдалось некоторое увеличение гибели растений (на 3-7 %). С возрастанием доз вносимого азота увеличивались высота растений, диаметр стеблей, количество семенных коробочек на растениях.

Продолжительность вегетационного периода у стандартного сорта Восход, в среднем за годы исследований, составила 76-78 дней, сорта Добрыня – 79-82 дня, сорта Пересвет – 74-76 дней, сорта Квартет – 79-82 дня.

Применение возрастающих доз азотных удобрений в диапазоне  $N_{15}...N_{45}$  оказывало неодинаковое влияние на урожайность льно-соломы изучаемых сортов льна-долгунца (табл. 2).

<sup>3</sup>Петрова Л. И. Роль основных питательных элементов в формировании урожая и качества льна-долгунца. Труды ВНИИЛ, Торжок, 1982. Вып. 19. С. 66-75.

<sup>4</sup>Небольсин А. Н., Небольсина З. П., Покровская Г. П., Шулегина М. В., Рысев М. Н. Оптимизация доз минеральных удобрений под лен на дерново-подзолистых почвах Северо-Запада России. *Агрохимия*. 1999;(4):67-74.

Таблица 2 – Влияние азотных удобрений на урожайность льнопродукции (в среднем за три года) / Table 2 – Influence of nitrogen fertilizers on the yield of flax products (on average for three years)

Сорт / Variete	Доза удобрений / Fertilizer dose	Урожайность, ц/га / Yield, hkg/ha			Содержание волокна, % / Fiber content, %
		солома / straw	семена / seeds	волокно / fiber	
Восход / Voskhod	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	55,2	9,8	16,7	30,3
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	59,8	10,4	18,2	30,5
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	60,3	11,0	17,8	29,6
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	61,4	10,2	17,7	28,9
	НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	3,7	0,7	0,6	-
Добрыня / Dobrynya	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	59,3	10,5	18,6	31,4
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	63,0	10,9	20,5	32,5
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	66,2	11,3	21,3	32,1
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	66,3	11,2	19,8	29,8
	НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	3,1	0,6	1,0	-
Пересвет / Peresvet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	56,3	9,7	20,7	36,7
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	58,8	10,4	21,9	37,2
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	61,9	10,1	23,2	37,4
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	60,2	10,2	22,2	36,9
	НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	3,8	0,5	0,9	-
Квартет / Kvartet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	52,8	8,9	20,1	38,1
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	55,9	9,5	21,4	38,3
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	58,7	10,2	21,7	37,0
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	59,6	9,8	21,7	36,5
	НСР <sub>05</sub> ц/га / LSD <sub>05</sub> hkg/ha	2,8	0,5	0,8	-

У раннеспелого стандартного сорта Восход минимальная доза азота N<sub>15</sub> обеспечила достоверную прибавку урожая 4,6 ц/га при НСР<sub>05</sub> = 3,7 ц/га. При дальнейшем увеличении дозы азота до 30-45 кг/га урожайность льносоломки увеличивалась незначительно – на 0,5-1,6 ц/га, т.е. находилась в пределах ошибки опыта. У сорта Пересвет достоверная прибавка урожая в сравнении с фоном P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> была получена при внесении азота в дозе 30 кг/га – 5,6 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 3,8 ц/га). С увеличением дозы азота до 45 кг д. в./га она несколько снижалась.

У сортов Добрыня и Квартет урожайность льносоломки существенно возрастала как при минимальной дозе азота (N<sub>15</sub>), так и при ее увеличении до 30 кг/га, при повышении дозы азота до 45 д. в. кг/га урожайность льносоломки практически не изменялась.

Наибольшая семенная продуктивность – 11,0 ц/га у сорта Восход получена при дозе азота 30 кг д. в./га, у сорта Пересвет (10,4 ц/га)

– при дозе N<sub>15</sub>. Прибавки от азота в этих дозах были достоверными в сравнении с фоном P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>. У сорта Добрыня достоверная прибавка была получена при внесении азота в дозе N<sub>30</sub>, тогда как у сорта Квартет достоверные прибавки семян были получены при возрастающей дозе азота N<sub>15</sub>...N<sub>30</sub>.

Влияние азотных удобрений на содержание волокна у отдельных сортов несколько различалось. У сорта Восход содержание волокна в соломе при дозе азота N<sub>15</sub> мало изменялось, тогда как дальнейшее ее увеличение до 30-45 кг/га приводило к его существенному снижению – на 0,7-1,6 % (абс.). У сорта Пересвет азотные удобрения не оказывали отрицательного влияния на содержание волокна, а при малых дозах (N<sub>15</sub>, N<sub>30</sub>) даже увеличивали его на 0,5-0,7 %. Аналогичным было влияние доз азота на содержание волокна и у сорта Добрыня. У сорта Квартет азотные удобрения оказывали отрицательное влияние на содержание волокна при дозах N<sub>30</sub>, N<sub>45</sub>.

В тесной взаимосвязи с урожайностью льносолумы и содержанием волокна находится урожайность льноволокна. У сорта Восход максимальная урожайность волокна (18,2 ц/га) получена при дозе N<sub>15</sub>, дальнейшее увеличение дозы азота до 30-45 кг д. в./га приводило к снижению ее на 0,4-0,5 ц/га. У сортов Добрыня и Пересвет урожайность льноволокна при увеличении доз азота в интервале N<sub>30</sub>...N<sub>45</sub> достоверно увеличивалась на 0,9-1,2 и 0,8-1,3 ц/га соответственно. У обоих сортов она была максимальной при дозе N<sub>30</sub> и составила 21,3-23,2 ц/га. У сорта Квартет достоверная прибавка урожая 1,3 ц/га была получена при дозе N<sub>15</sub>. При дальнейшем увеличении дозы азота до 30-45 кг/га урожайность льноволокна несколько возрастала (на 0,3 ц/га), но эта прибавка была несущественной. Поэтому для сорта Квартет оптимальной дозой азота следует считать N<sub>15</sub>, при которой урожайность льноволокна составила 21,4 ц/га, а окупае-

мость 1 кг азота прибавкой льноволокна снизилась с 8,7 до 5,3 кг/кг.

В таблице 3 представлены результаты химического анализа льносолумы и льносемян на содержание общего азота, фосфора и калия. Исследования показали, что на фоне P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> азотные удобрения, вносимые в интервале доз 15-45 кг/га д. в., у всех изучаемых сортов способствовали некоторому увеличению содержания азота в льносолуме. При этом несколько повышалось в соломе и содержание калия. В то же время азотные удобрения не влияли на содержание фосфора в соломе у сортов Восход и Квартет, у сортов Добрыня и Пересвет оно несколько снижалось с 0,24 до 0,16 % и 0,21 до 0,14 % соответственно. Содержание общего азота, фосфора и калия в семенах у всех сортов было более стабильным и азотные удобрения в дозах N<sub>15-30-45</sub> кг/га на эти показатели практически не влияли. Все это сказалось на выносе питательных веществ с урожаем.

*Таблица 3 – Содержание общего азота, фосфора и калия в соломе и семенах льна-долгунца, % с.в. (в среднем за три года) /*

*Table 3 – The content of total nitrogen, phosphorus and potassium in straw and seeds of fiber flax, % s. V. (on average for three years)*

Сорт / Varieties	Доза удобрений / Fertilizer doses	Льносолума / Flax straw			Семена / Seeds		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Восход / Voskhod	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	0,72	0,20	1,48	4,41	1,65	1,18
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	0,78	0,18	1,50	4,38	1,68	1,20
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	0,84	0,20	1,57	4,37	1,74	1,16
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	0,85	0,18	1,63	4,44	1,73	1,15
Среднее по сорту / Average by variety		0,80	0,18	1,54	4,40	1,70	1,17
Добрыня / Dobrynya	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	0,80	0,24	1,54	4,60	1,79	1,35
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	0,85	0,21	1,63	4,60	1,77	1,35
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	0,89	0,19	1,58	4,51	1,75	1,34
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	0,92	0,16	1,60	4,67	1,73	1,30
Среднее по сорту / Average by variety		0,88	0,20	1,59	4,60	1,76	1,34
Пересвет / Peresvet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	0,79	0,21	1,51	4,38	1,76	1,17
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	0,81	0,17	1,57	4,40	1,80	1,19
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	0,85	0,16	1,59	4,36	1,79	1,19
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	0,86	0,14	1,58	4,40	1,76	1,16
Среднее по сорту / Average by variety		0,86	0,17	1,56	4,42	1,78	1,18
Квартет / Kvartet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	0,83	0,23	1,52	4,78	1,80	1,39
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	0,85	0,23	1,56	4,76	1,82	1,38
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	0,89	0,22	1,68	4,73	1,85	1,34
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	0,93	0,24	1,61	4,79	1,83	1,40
Среднее по сорту / Average by variety		0,89	0,23	1,59	4,76	1,82	1,38

В таблице 4 представлены данные по общему и удельному выносу азота, фосфора и

калия с урожаем льносолумы и льносемян в среднем за три года исследований.

*Таблица 4 – Влияние удобрений на общий и удельный вынос азота, фосфора и калия с урожаем основной и побочной продукции новых сортов льна-долгунца (в среднем за три года) /*

*Table 4 – Influence of fertilizers on the total and specific removal of nitrogen, phosphorus and potassium with the yield of the main and byproducts of new fiber flax varieties (on average for three years)*

Сорт / Variety	Доза удобрений / Fertilizer dose	Общий вынос, кг/кг / Total takeout, kg/kg			Удельный вынос, кг / Specific removal, kg					
					на 1 т льноволокна / per 1 t of flax fiber			на 1 т льносолумы / per 1 t of flax straw		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Восход / Voskhod	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	71,4	23,5	78,8	40,6	13,4	44,8	12,3	4,04	13,5
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	79,3	24,4	86,3	43,6	13,4	47,4	13,3	4,08	14,4
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	84,8	26,9	90,7	47,6	15,1	51,0	14,1	4,46	15,0
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	83,7	24,8	94,4	46,5	13,8	52,4	13,4	3,97	15,1
Среднее по сорту / Average by variety		79,8	24,9	87,6	44,6	13,9	48,9	13,2	4,14	14,5
Добрыня / Dobrynya	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	82,3	28,5	89,2	43,5	15,1	47,2	13,6	4,73	14,8
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	89,1	28,4	99,3	42,8	13,7	47,7	13,9	4,44	15,5
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	94,3	28,0	101,3	44,9	13,3	48,2	14,4	4,28	15,5
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	97,2	26,2	101,9	49,1	13,2	51,5	14,7	3,95	15,4
Среднее по сорту / Average by variety		90,7	27,8	97,9	45,1	13,8	48,6	14,2	4,35	15,3
Пересвет / Peresvet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	74,8	24,9	81,4	36,1	12,0	39,3	13,3	4,42	14,5
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	80,3	24,9	88,4	36,7	11,4	40,4	13,7	4,23	15,0
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	85,7	24,2	93,2	36,9	10,4	40,2	13,8	3,90	15,1
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	83,1	22,9	90,3	37,4	10,3	40,0	13,8	3,80	15,0
Среднее по сорту / Average by variety		81,0	24,2	88,3	36,8	11,0	40,2	13,6	4,09	14,9
Квартет / Kvartet	P <sub>40</sub> K <sub>60</sub> – фон / background	74,6	24,5	79,6	36,4	11,9	38,8	13,9	4,55	14,8
	Фон + N <sub>15</sub> / Background + N <sub>15</sub>	79,7	26,0	84,7	37,2	12,1	39,6	14,3	4,65	15,2
	Фон + N <sub>30</sub> / Background + N <sub>30</sub>	86,4	27,4	99,8	40,2	12,7	44,1	14,7	4,67	16,1
	Фон + N <sub>45</sub> / Background + N <sub>45</sub>	87,9	27,8	92,7	41,9	13,2	44,1	15,3	4,83	16,1
Среднее по сорту / Average by variety		82,1	26,4	87,9	38,9	12,5	41,7	14,6	4,68	15,6

Полученные результаты свидетельствуют, что общий вынос основных питательных веществ зависит от уровня урожайности льносолумы и семян, вносимых доз азотного удобрения и биологических особенностей сортов. В целом можно отметить, как тенденцию, что с возрастанием доз азота в интервале N<sub>15</sub>...N<sub>45</sub> на фоне P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> отмечается увеличение выноса азота и калия, хотя оно происходит непропорционально. С выносом фосфора происходит несколько иная картина. У сортов Добрыня и Пересвет наблюдается постепенное снижение выноса фосфора под влиянием возрастающих доз азота по фону P<sub>40</sub>K<sub>60</sub>, у сортов Квартет и Восход происходит некоторое его увеличение. Аналогичная тенденция наблюда-

ется и с удельным выносом NPK на 1 тонну льносолумы с учетом побочной. Здесь можно отметить, что у сортов Восход и Пересвет вынос азота и калия на 1 тонну основной продукции был несколько ниже, чем у сортов Добрыня и Квартет. Так, в среднем по вариантам, у сортов Восход и Пересвет вынос азота составил 13,2-13,6 кг, фосфора 4,14-4,09 кг, калия 14,5-14,9 кг, у сортов Добрыня и Квартет соответственно 14,2-14,6 кг, 4,35-4,68 кг, 15,3-15,6 кг.

Эти результаты в целом укладываются в диапазон выноса азота, фосфора и калия на 1 тонну основной продукции (льносолумы) с учетом побочной, опубликованные Л. М. Державиным<sup>5</sup>.

<sup>5</sup>Державин Л. М., Попова Р. Н., Дегтярева Н. И. Нормативы выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами. М.: МСХА, 1991. 65 с.

В таблице 4 также представлены данные по удельному выносу азота, фосфора и калия на 1 тонну волокна, т. е. продукции, ради которой и возделывается лен-долгунец. Влияние доз азотных удобрений на удельный вынос элементов питания было таким же, что и на 1 тонну соломы. С повышением доз азота увеличивался вынос азота и калия, при этом не всегда пропорционально, а фосфора – только у сорта Квартет. А вот по сортам в этом отношении имеются определенные отличия. Удельный вынос NPK на 1 тонну волокна у сортов Восход и Добрыня, которые были взяты как стандарты, был выше, чем у новых сортов Пересвет и Квартет.

У сорта Восход удельный вынос элементов питания на 1 тонну волокна при дозе N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> составил: азота – 47,6 кг, фосфора – 15,1 кг и калия – 51 кг, что соответственно на 10,7 – 4,7 – 10,8 кг больше, чем у сорта Пересвет. У сорта Добрыня удельный вынос питательных веществ при той же дозе NPK составил: азота – 44,9 кг, фосфора – 13,3 кг, калия – 48,2 кг на тонну волокна, что на 4,7 – 0,6 – 4,1 кг/т больше, чем у сорта Квартет. На наш взгляд, это связано с тем, что новые сорта Пересвет и Квартет имеют более высокий выход льноволокна, чем сорта Добрыня и Восход. Так, содержание волокна

в соломе у сорта Пересвет при дозе N<sub>30</sub>P<sub>40</sub>K<sub>60</sub> составило 37,4 %, что на 7,8 % выше, чем у сорта Восход, у сорта Квартет оно было выше на 4,9 % в сравнении с сортом Добрыня.

Подобную закономерность у высоковолокнистых сортов льна-долгунца отмечали и другие авторы [11].

По этой причине при расчете доз минеральных удобрений под лен-долгунец обязательно должны учитываться биологические особенности сортов, которые отличаются по содержанию волокна и, как следствие, неодинаковым удельным выносом NPK на тонну льноволокна. Игнорирование этого факта приведет к серьезным расхождениям между планируемой и фактической урожайностью льноволокна.

Окупаемость 1 кг азота прибавкой льноволокна (кг) у всех сортов в среднем за годы исследований была наивысшей при внесении минимальной дозы – N<sub>15</sub> (табл. 5). В то же время реакция сортов на оплату азотного удобрения прибавкой урожайности различалась: у сортов Добрыня и Восход при увеличении дозы азота с 15 до 45 кг д. в./га окупаемость прибавкой урожая льноволокна снизилась с 10,0-12,7 кг до 2,2-2,7 кг, или в 4,6-4,7 раза. У новых более интенсивных сортов Пересвет и Квартет она уменьшилась всего в 2,4 раза, что связано с их более высокой волокнистостью.

*Таблица 5 – Окупаемость азота удобрений прибавкой урожая льноволокна, кг/кг / Table 5 – The payback of nitrogen fertilizers with increase in flax fiber yield, kg/kg*

Доза азота, кг д. в./га / Nitrogen dose, kg of active ingredient	Сорт			
	Восход / Voskhod	Добрыня / Dobrynya	Пересвет / Peresvet	Квартет / Kvartet
15	10	12,7	8,0	8,7
30	3,7	9	4,3	5,3
45	2,2	2,7	3,3	3,6
Кратность снижения окупаемости / Multiplicity payback	4,6	4,7	2,4	2,4

**Выводы.**

1. На основании проведенных научных исследований в 2014-2019 годах выявлена различная реакция сортов льна-долгунца на условия выращивания (сроки сева, нормы высева, дозы азота), проявляющаяся в их продуктивности, выходе волокна, длине вегетационного периода, устойчивости растений к полеганию и болезням, химическом составе растений и окупаемости азотных удобрений. Установлены оптимальные сроки сева и нормы высева семян для новых сортов льна-долгунца Пересвет и Квартет, оптимальные

дозы азотных удобрений для сортов Восход, Добрыня, Пересвет и Квартет.

2. Оптимальной нормой высева для льна-долгунца сорта Пересвет является 22 млн шт. всхожих семян на гектар, обеспечившая получение урожайности льносоломой 57,7 ц/га, семян – 9,4 ц/га и 21,9 ц/га льноволокна, при высоком содержании волокна – 38 %. Оптимальная норма высева для сорта Квартет – 20 млн шт. всхожих семян на гектар, которая обеспечила получение с 1 га урожая льносоломой 53,8 ц, семян – 8,2 ц и льноволокна – 20,6 ц, содержание волокна составило 38,6 %.

3. Оптимальный срок посева льна-долгунца сорта Пересвет – третий срок (8-17 мая), сорта Квартет – второй срок (11-20 мая). При этих сроках сева у сорта Пересвет урожайность льноволокна составила 23,0 ц/га, льносемян – 9,8 ц/га, устойчивость к полеганию – 4,3 балла, устойчивость к болезням – 96 %. У сорта Квартет урожайность льноволокна была 21,1 ц/га, льносемян – 9,1 ц/га, устойчивость к полеганию – 4,3 балла, устойчивость к болезням – 63,3 %.

4. В условиях Псковской области на дерново-слабоподзолистой среднекультуренной почве по зерновым предшественникам применение азота в интервале  $N_{15}...N_{30}$  по фону  $P_{40}K_{60}$  у всех сортов увеличивало прибавки урожайности льносолом, льносемян и льноволокна. Повышение дозы азота до 45 кг д. в./га не привело к дальнейшему росту урожайности льнопродукции. Оптимальными дозами азота по фону  $P_{40}K_{60}$  в этих условиях являются для сортов Восход и Квартет – 15 кг д. в./га, для сортов Добрыня и Пересвет – 30 кг/га.

5. Окупаемость 1 кг азота прибавкой льноволокна у всех сортов была наивысшей при минимальной дозе  $N_{15}$ . В разрезе сортов она колебалась в пределах 8,0-12,7 кг/кг. С увеличением дозы азота с 15 до 45 кг д. в./га

у сортов Восход и Добрыня она снижалась соответственно с 10,0-12,7 до 2,2-2,7 кг/кг, или в 4,6-4,7 раза, у сортов Квартет и Пересвет она снизилась всего в 2,4 раза.

6. Под влиянием возрастающих доз азота в интервале  $N_{15}...N_{45}$  кг/га у всех сортов отмечалось увеличение содержания азота и калия в льносоломе, которое носило непропорциональный характер. При этом содержание фосфора в соломе у сортов Добрыня и Пересвет несколько снижалось. Содержание азота, фосфора и калия в семенах у всех сортов было более стабильным и азотные удобрения на эти показатели практически не влияли.

7. Удельный вынос элементов питания на 1 тонну льноволокна при оптимальных дозах  $N_{15}P_{40}K_{60}$  у сорта Восход составил  $N - 43,6$ ,  $P - 13,4$ ,  $K - 47,4$  кг, у сорта Квартет  $N - 37,2$ ,  $P - 12,1$ ,  $K - 39,6$  кг. У сортов Добрыня и Пересвет при дозе  $N_{30}P_{40}K_{60}$  он составил соответственно  $N - 44,9$ ,  $P - 13,3$ ,  $K - 48,2$  кг и  $N - 36,9$ ,  $P - 10,4$ ,  $K - 40,2$  кг. Эти данные следует использовать при определении доз минеральных удобрений под планируемую урожайность льноволокна на дерново-подзолистых среднекультуренных почвах в условиях Псковской области.

#### Список литературы

1. Рожмина Т. А., Понажев В. П. Состояние и перспективы развития льняного сектора России. Вестник Российской академии естественных наук по секции межотраслевых системных исследований. 2015;(1):59-63.
2. Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Понажев В. П., Захарова Л. М. Льняная отрасль на пути к возрождению. Защита и карантин растений. 2018;(1): 3-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
3. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н., Кудрявцева Л. П. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Тверской ГУ, 2018. С. 23-24.
4. Рожмина Т. А., Сорокина О. Ю., Киселева Т. С., Смирнова М. И., Смирнова А. Г. Скрининг образцов коллекции льна по его устойчивости к стрессовым факторам среды. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Тверской ГУ, 2018. С. 28-30.
5. Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Управление производственным процессом с помощью агротехнических приемов с учетом биологических особенностей новых сортов льна-долгунца. Вестник АПК Верхневолжья. 2016;(1):32-36. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25766512>
6. Кузьменко Н. Н., Ильина В. И. Реакция сортов льна-долгунца разных групп спелости на нормы высева семян. Земледелие. 2016;(2):33-35. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/reaktsiya-sortov-lna-dolguntsa-raznyh-grupp-spelosti-na-normy-vyseva-semyan/viewer>
7. Голуб И. А., Полотенко В. Н. Повышение продуктивности льна-долгунца экологически безопасными методами. Земляробства і ахова расліп. 2009;(5):36.
8. Кукреш С. П., Шершнева А. В. Эффективность применения удобрений под лен-долгунец в зависимости от норм высева семян и сортовых особенностей. Льноводство: реалии и перспективы: сб. мат-лов Междунар. науч.-практ. конф. Могилев: РУП «Институт льна», 2008. С. 156-164.
9. Налиухин А. Н. Оптимизация азотного питания льна-долгунца при его возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Агрехимия. 2013;(3):36-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18962625>
10. Тихомирова В. Я. Урожайность и качество волокнистой льнопродукции при разной обеспеченности почвы фосфором и калием. Плодородие. 2010;(1):9-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13078453>

11. Кукреш С. П., Шершнева А. В. Комплексное применение средств химизации при возделывании льна-долгунца. *Агрохимический вестник*. 2008;(1):17-19. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12896821>
12. Прудников В. А., Голуб И. А., Кожановский В. А., Евсеев П. А. Влияние доз азотного удобрения на урожайность льноволокна сортов льна-долгунца различной скороспелости. *Актуальные проблемы агрономии и пути их решения: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. Горки, 2005. Вып.1. Ч. 1. С. 24-29.*
13. Евсеев П. А. Зависимость урожайности раннеспелого сорта льна Ярок от азотного удобрения на среднесуглинистой почве. *Льноводство: реалии и перспективы: сб. мат-лов Междунар. науч.-практ. конф. Могилев, РУП «Институт льна», 2008. С. 141-148.*

#### References

1. Rozhmina T. A., Ponazhev V. P. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya l'nyanogo sektora Rossii*. [State and prospects of development of the flax sector in Russia]. *Vestnik Rossiyskoy akademii estestvennykh nauk po sektsii mezhotraslevykh sistemnykh issledovaniy*. 2015;(1):59-63. (In Russ.).
2. Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Ponazhev V. P., Zakharova L. M. *L'nyanaya otrasl' na puti k vozrozhdeniyu*. [Linen industry on the way to revival]. *Zashchita i karantin rasteniy*. 2018;(1): 3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32368923>
3. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rumyantseva V. N., Kudryavtseva L. P. *Novye sorta l'na-dolguntsa – osnova povysheniya effektivnosti otrasli l'novodstva*. [New flax varieties as the basis for improving the efficiency of the flax industry]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: nauch. posobie*. [Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects: scientific manual]. Tver': *Tverskoy GU*, 2018. pp. 23-24.
4. Rozhmina T. A., Sorokina O. Yu., Kiseleva T. S., Smirnova M. I., Smirnova A. G. *Skrining obraztsov kolleksii l'na po ego ustoychivosti k stressovym faktoram sredi*. [Screening samples of flax collection for its resistance to environmental stress factors]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: nauch. posobie*. [Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects: scientific manual]. Tver': *Tverskoy GU*, 2018. pp. 28-30.
5. Kuz'menko N. N., Il'ina V. I. *Upravlenie produktivnyim protsessom s pomoshch'yu agrotekhnicheskikh priemov s ucheto biologicheskikh osobennostey novykh sortov l'na-dolguntsa*. [Production process management by means of agrotechnical methods taking into account biological features of new breeds of long-stalked flax]. *Vestnik APK Verkhnevolzh'ya = Bulletin of the AIC of the Upper Volga*. 2016;(1):32-36. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25766512>
6. Kuz'menko N. N., Il'ina V. I. *Reaksiya sortov l'na-dolguntsa raznykh grupp spelosti na normy vyseva semyan*. [Response of fiber flax varieties of different maturity groups on seeding rates]. *Zemledelie*. 2016;(2):33-35. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reaksiya-sortov-lna-dolguntsa-raznyh-grupp-spelosti-na-normy-vyseva-semyan/viewer>
7. Golub I. A., Polotenko V. N. *Povyshenie produktivnosti l'na-dolguntsa ekologicheski bezopasnymi metodami*. [Increasing the productivity of flax in an environmentally friendly manner]. *Zemlyarobstva i akhova raslip*. 2009;(5):36. (In Ukraine).
8. Kukresh S. P., Shershnev A. V. *Effektivnost' primeneniya udobreniy pod len-dolgunets v zavisimosti ot norm vyseva semyan i sortovykh osobennostey*. [Efficiency of application of fertilizers for fiber flax depending on seeding rates and varietal characteristics]. *L'novodstvo: realii i perspektivy: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Flax Growing: realities and prospects: collection of materials of the international scientific and practical conference]. Mogilev: *RUP «Institut l'na»*, 2008. pp. 156-164.
9. Naliukhin A. N. *Optimizatsiya azotnogo pitaniya l'na-dolguntsa pri ego vozdelevanii na dernovo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve*. [Optimization of the nitrogen nutrition of fiber flax grown on loamy soddy-podzolic soil]. *Agrokimiya*. 2013;(3):36-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18962625>
10. Tikhomirova V. Ya. *Urozhaynost' i kachestvo volknistoy l'noproduktii pri raznoy obespechennosti pochvy fosforom i kaliem*. [Yield and quality of flax fiber under different phosphorus and potassium supply]. *Plodorodie*. 2010;(1):9-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13078453>
11. Kukresh S. P., Shershnev A. V. *Kompleksnoe primeneniye sredstv khimizatsii pri vozdelevanii l'na-dolguntsa*. [Complex application of chemization means for long-fibred flax cultivation]. *Agrokhimicheskiy vestnik = Agrochemical Herald*. 2008;(1):17-19. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12896821>
12. Prudnikov V. A., Golub I. A., Kozhanovskiy V. A., Evseev P. A. *Vliyanie doz azotnogo udobreniya na urozhaynost' l'novolokna sortov l'na-dolguntsa razlichnoy skorospelosti*. [The effect of nitrogen fertilizer doses on the yield of flax fiber of fiber flax varieties of various precocity]. *Aktual'nye problemy agronomii i puti ikh resheniya: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Current problems of agronomy and ways of their solution: Proceedings of the International scientific and practical Conference]. Gorki, 2005. Iss.1. Part. 1. pp. 24-29.

13. Evseev P. A. *Zavisimost' urozhaynosti rannespelogo sorta l'na Yarok ot azotnogo udobreniya na srednesuglinistoy pochve*. [Dependence of yield of early-maturing flax Yarok on nitrogen fertilizer on medium-loamy soil]. *L'novodstvo: realii i perspektivy: sb. mat-lov Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Flax Growing: realities and prospects: collection of materials of the international scientific and practical conference]. Mogilev: RUP «Institut l'na», 2008. pp. 141-148.

**Сведения об авторах**

✉ **Степин Александр Дмитриевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: [otdellna@yandex.ru](mailto:otdellna@yandex.ru)

**Рысев Михаил Николаевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>, e-mail: [m.rysev.psk@fncl.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.ru)

**Рысева Тамара Андреевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>, e-mail: [t.ryseva.psk@fncl.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.ru)

**Уткина Светлана Владимировна**, старший научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>, e-mail: [s.utkina.psk@fncl.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.ru)

**Романова Надежда Владимировна**, научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4661-7810>, e-mail: [n.romanova.psk@fncl.ru](mailto:n.romanova.psk@fncl.ru)

**Information about the authors**

✉ **Alexander D. Stepin**, PhD in Agricultural science, leading researcher, head of the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: [otdellna@yandex.ru](mailto:otdellna@yandex.ru)

**Mikhail N. Rysev**, PhD in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>, e-mail: [m.rysev.psk@fncl.ru](mailto:m.rysev.psk@fncl.ru)

**Tamara A. Ryseva**, PhD in Agricultural science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>, e-mail: [t.ryseva.psk@fncl.ru](mailto:t.ryseva.psk@fncl.ru)

**Svetlana V. Utkina**, senior researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7006-6713>, e-mail: [s.utkina.psk@fncl.ru](mailto:s.utkina.psk@fncl.ru)

**Nadezhda V. Romanova**, researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: [info.psk@fncl.ru](mailto:info.psk@fncl.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4661-7810>, e-mail: [n.romanova.psk@fncl.ru](mailto:n.romanova.psk@fncl.ru)

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.777-785>  
УДК 633.791:631.51



## Влияние щелевания междурядий на урожайность хмеля и общие физические свойства почвы

© 2020. В. В. Леонтьева<sup>✉</sup>, Д. А. Дементьев, А. А. Фадеев  
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

*В условиях Чувашской Республики изучали влияние щелевания междурядий на урожайность хмеля и водно-физические свойства серой лесной почвы. Щелевание проводили в течение 2017-2019 гг. осенью после завершения уборочных работ (конец сентября-начало октября) на хмелеплантациях сорта Подвязный. Обработку щелевателем ШХ-1,6 (Чехия) осуществляли на глубину 50 и 65 см с различной периодичностью (ежегодно и через три года). Контроль – общепринятая обработка без использования щелевателя с осенним рыхлением междурядий на глубину 20 см. Исследования показали, что использование щелевателей на глубину 50 и 65 см улучшило аэрацию и водопроницаемость почвы (удельный вес слоя почвы 20-25 см снизился на 0,1-0,2 г/см<sup>3</sup>, объёмный вес – на 0,1-0,3 г/см<sup>3</sup>) и способствовало повышению урожайности хмеля на 1,4-3,1 ц/га (НСР<sub>05</sub> = 1,3 ц/га) по сравнению с общепринятой обработкой междурядий (20,9 ц/га). На содержание альфа-кислот в шишках хмеля щелевание междурядий хмельников не повлияло. Удельный вес слоя почвы 50-55 см существенно снизился во всех вариантах щелевания в сравнении с контролем. Наибольшая увлажнённость глубоких слоев почвы (30-55 см) достигалась при общепринятой обработке совместно с ежегодным осенним щелеванием до 50 см. Все исследуемые варианты в сравнении с контролем дали существенную прибавку урожая шишек хмеля. В производство можно рекомендовать вариант с наименьшими затратами на глубокую обработку почвы – ежегодная обработка верхнего слоя почвы совместно с осенним щелеванием раз в 3 года на глубину 50 см.*

**Ключевые слова:** щелевание почвы, обработка междурядий хмеля, плотность почвы, урожайность хмеля, альфа-кислоты в шишках хмеля, удельный вес почвы, влажность почвы

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0092).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Леонтьева В. В., Дементьев Д. А., Фадеев А. А. Влияние щелевания междурядий на урожайность хмеля и общие физические свойства почвы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):777-785. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.777-785>

Поступила: 26.02.2020

Принята к публикации: 20.11.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## The effect of slotting between rowson hop yield and on the general physical characteristics of the soil

© 2020. Valentina V. Leontieva<sup>✉</sup>, Dmitrii A. Dementiev, Andrey A. Fadeef  
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirou, Russian Federation

*In the conditions of the Chuvash Republic, the effect of slotting between rowson hop yield and on the water-physical properties of gray forest soil was studied. Soil slotting was used during 2017-2019 in autumn after the completion of harvesting operations (late September-early October) on hop plantations of the Podvyazny variety. Tillage with a SCHX-1.6 slotting device (Czech Republic) was carried out to the depth of 50 and 65 cm at different time intervals (annually and three years later). As the control, there was taken the conventional tillage without the use of a paraplow combined with autumn tillage of row spacing to a depth of 20 cm. Studies have shown that the use of a paraplow to a depth of 50 and 65 cm improved the aeration and water permeability of the soil (the specific weight of the 20-25 cm soil layer decreased by 0.1-0.2 g/cm<sup>3</sup>, the volume weight of the same layer by 0.1-0.3 g/cm<sup>3</sup>) and contributed to an increase in hop yield by 1.4-3.1 centners per hectare (LSD<sub>05</sub> = 1.3 centners/ha) compared to the conventional tillage of row spacing (20.9 centners/ha). The content of alpha-acids in hop cones was not affected by slotting between the rows of hops. The specific weight of the 50-55 cm soil layer significantly decreased in all variants in comparison with the control. The highest moisture content of the deep layers of the soil (30-55 cm) was achieved with conventional tillage combined with annual autumn slotting to 50 cm depth. All the studied variants in comparison with the control give a significant increase in the yield of hop cones. For the production, the variant with the lowest costs for deep tillage should be recommended. It is the annual processing of the top soil layer combined with the autumn slotting every 3 years to 50 cm depth.*

**Key words:** soil slotting, tillage of row spacing of hops, soil density, yield of hops, alpha acids in hops cones, specific weight of the soil, soil moisture

**Acknowledgement:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No.0767-2019-0092).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

*Conflict of interest:* the authors stated that there was no conflict of interest.

*For citation:* Leontieva V. V., Dementiev D. A., Fadeef A. A. The effect of slotting between rows on hop yield and on the general physical characteristics of the soil. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):777-785. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.777-785>

Received: 26.02.2020

Accepted for publication: 20.11.2020

Published online: 10.12.2020

Катастрофическое сокращение площадей со времён Советского Союза под такой востребованной мировым сообществом культурой, как хмель, приводит к необходимости усовершенствования методики возделывания для интенсификации получения продукции [1, 2]. Хмель очень требователен к почвам. Хорошие урожаи хмеля можно получить только на плодородных почвах. Для нормального роста и развития растений хмеля почва должна обладать хорошими физическими свойствами, а именно: достаточной влагоемкостью, благоприятным тепловым и воздушным режимом, невысокой плотностью и хорошей структурой. Такие свойства присущи рыхлым почвам. На уплотненных почвах растения испытывают недостаток воды и воздуха. Если уплотнение горизонтов почвы и подпочвы очень сильное (1,5-1,6 г/см<sup>3</sup>), то корневая система растения не в состоянии проникнуть в них и развиваться [3, 4, 5, 6].

Хмель (*Humulus lupulus* L.) имеет мощную и глубоко проникающую корневую систему, которая нуждается в большом притоке влаги, хорошей порозности и проницаемости воздуха к глубинным слоям для обеспечения нормальной жизнедеятельности всего растения. При использовании хмельников в течение 13-16 лет, а иногда и больше, почва междурядий, а особенно слои ниже 25 см от поверхности, из-за многократных обработок, передвижений всевозможной техники подвергаются сильному уплотнению. Значительно ухудшаются ее водно-физические свойства, аэрация. За период апрель-сентябрь междурядья подвергаются поверхностной обработке до 5-6 раз, внесению гербицидов, опрыскиванию против вредителей и болезней 5-6 раз. Хмель также многократно подвергается механическому воздействию во время навешивания поддержек и вывоза лозы хмеля с плантаций, обрезке главных корневищ, внесении минеральных удобрений, известковании и т. д. При выполнении различных видов работ в междурядья заезжают такие виды тяжеловесных машин, как МТЗ-82, МТЗ-921, ВХ-4, ВГХ-5,2 и т. д., у которых коэффициент давления шин на почву достигает 2 кг/см<sup>2</sup>, иногда выше. По агротехни-

ческим правилам он не должен превышать 1 кг/см<sup>2</sup> [7, 8, 9, 10].

По общепринятой технологии в настоящее время междурядья хмельников обрабатываются на глубину не более 25-28 см [10, 11]. Во времена Советского Союза через каждые 3 года на хмельники вносили органические удобрения в виде навоза, после чего междурядья подвергали отвальной обработке на указанную глубину. Это способствовало оструктурированию почвы и снижению ее плотности. На данный момент, в связи со значительными сокращениями поголовья скота, количество вносимого навоза сводится, практически, к нулю. Чтобы компенсировать существенные потери органического вещества, необходимо проводить периодическую сидерацию хмелевых плантаций. При других обработках глубина не превышает 22-25 см.

Хмельники Чувашского НИИСХ размещены на средне- и тяжелосуглинистых почвах, материнской породой которых служат элювий юрской глины, лёссовидные суглинки и глины с большой плотностью. Поэтому необходимо рыхление наиболее активного слоя глубиной 50-65 см, где расположена основная масса корней хмеля. Этот слой аккумулирует значительный запас продуктивной влаги, почти все элементы питания и большую часть анаэробной почвенной микрофлоры. Глубокое щелевание снимает плотность почвы, повышает аэрацию, водо- и воздухопроницаемость, усиливает микробиологическую деятельность и т. д., что, в конечном счете, должно повысить урожайность хмеля [12, 13, 14].

*Научная новизна* исследований заключается в том, что в России уже длительное время не проводятся исследования о воздействии различных обработок почвы под хмельниками, и на данный момент хмелеводческие хозяйства работают, придерживаясь рекомендаций, выпущенных более 30 лет назад, с учётом современной техники. Многократные проходы техники по междурядьям в течение сезона существенно уплотняют подпочвенный горизонт, что отрицательно сказывается на урожайности культуры хмеля. В связи с этим была поставлена задача разуплотнения корнеобитаемого слоя почвы под хмельниками.

**Цель исследования** – выявить влияние глубокого щелевания междурядий на урожайность хмеля и водно-воздушные свойства почвы.

**Материалы и методы.** Исследования проводили в 2017-2019 годах на хмелеплантации сорта Подвязный в Чувашском НИИСХ – филиале ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого». Почва опытного участка серая лесная тяжелосуглинистая ( $pH_{KCl} - 5,2$ , сумма поглощённых оснований  $11,8$  мг-экв/100 г почвы, содержание гумуса  $3,1$  %, подвижного фосфора  $390$  мг/кг, подвижного калия –  $166$  мг/кг). Повторность опыта трёхкратная. Схема посадки растений  $2,5 \times 1,0$  м, площадь делянок  $135$  м<sup>2</sup>. Размещение делянок рендомизированное.

Щелевание междурядий проводили чешским щелевателем ЩХ-1,6 с использованием трактора тягового класса 3,0 после завершения уборки урожая хмеля (в сентябре). Ширина захвата щелевателя  $1,5$  м, расстановка трех стоек через  $0,75$  м, крайние корпуса проходят на расстоянии  $50$  см от центра ряда с обеих сторон, средний – посередине междурядья.

В июне 2019 г. проводили определение влажности почвы послойно через каждые  $10$  см до глубины  $50$  см. По тем же слоям определяли объемный и удельные веса почвы весовым и пикнометрическим методами<sup>1</sup>.

Во время уборки проводили поделяночный учет урожая хмеля весовым методом, отобраны средние образцы шишек хмеля для лабораторного анализа. Содержание альфа-кислот определяли кондуктометрическим методом по ГОСТ<sup>2</sup>.

Математическую обработку данных по урожайности и качеству шишек хмеля проводили методом дисперсионного анализа данных однофакторного полевого опыта по Б. А. Доспехову<sup>3</sup>.

Схема опыта:

- Общепринятая обработка – контроль.
- Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на глубину  $50$  см.
- Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на глубину  $50$  см.
- Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на глубину  $65$  см.

Общепринятая обработка междурядий включала: весеннее закрытие влаги; трёхкратную культивацию с боронованием; двукратное окучивание рядков хмеля с локальным внесением удобрений; осеннее глубокое рыхление междурядий (до  $20$  см). При применении осеннего щелевания данная операция заменяет собой осеннее глубокое рыхление междурядий.

**Результаты и их обсуждение.** Ввиду аномально теплых зим за последние годы, условия перезимовки для растений хмеля были благоприятными. В 2017 году вегетация хмеля началась в третьей декаде мая и сопровождалась обильными осадками с градом и шквалистым ветром. Осадков в мае выпало  $126$  % от средней многолетней нормы. В целом за период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила  $15,7$  °С, сумма активных температур не превышала  $1777$  °С, сумма выпавших осадков –  $285,9$  мм.

Такие климатические условия оказали не самое благоприятное влияние на развитие растений хмеля. Неравномерный рост и развитие растений, отставание в формировании надземной части в мае-июне, несмотря на интенсивный рост и быстрое развитие в июле при более благоприятных условиях после прошедших дождей, не позволило испытываемым растениям в достаточной степени реализовать свой потенциал.

Холодные условия весны с небольшими ночными заморозками и низкой дневной температурой, не превышающей  $10,5$  °С, задержали всходы хмеля на две недели. Дата их полного появления с  $20$  по  $24$  мая. Наблюдения за ростом и развитием растений хмеля показали различия в прохождении фенологических фаз и продолжительности межфазных периодов в условиях 2017 года. Цветение наступило на неделю позднее обычного, формирование шишек шло согласно срокам, а вот техническая спелость шишек проходила в сжатые сроки. Оценка состояния испытываемых растений показала, что они развивались неравномерно. Благодаря достаточному обеспечению влагой все растения достигли верха шпалеры, но только лишь к III декаде июля.

<sup>1</sup>ГОСТ 5180-15 Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200126371>

<sup>2</sup>ГОСТ 32912-2014 Хмелепродукты. Общие технические условия (Переиздание). М.: Стандартинформ, 2019. 16 с. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200114739>

<sup>3</sup>Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Однако из-за недостатка тепла и освещенности появление боковых побегов по своему характеру значительно отличалось от обычного – основной стебель всходил уже с образовавшимися боковыми побегами, развивались они высоко над уровнем земли, длинные, но с незначительным количеством шишек. У большинства растений основная масса шишек сформировалась в верхней трети растения. Для роста боковых побегов и цветения оптимальной считается среднесуточная температура 19 °С [15]. В аномальных погодных условиях 2017 года сформировался биологический урожай хмеля на уровне 18,5 ц/га.

В 2018 году вегетация хмеля началась во второй, третьей декадах мая и сопровождалась сухими и холодными погодными условиями. Осадков в мае выпало 85 % от средней многолетней нормы. Для всходов растений хмеля эти условия приемлемые. Вегетация его началась во второй декаде мая и сопровождалась сухими умеренно теплыми погодными условиями. В целом за период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составила 18,7 °С, сумма активных температур была на уровне 2646 °С, сумма выпавших осадков – 155,3 мм. Рост и развитие растений хмеля проходили в соответствии с нормальными температурно-влажностными характеристиками для региона исследований.

Негативным моментом было то, что в конце мая и начале июня наблюдались ночные заморозки, в результате на многих растениях пожелтели листья и подмерзли верхушки растений, ненадолго замедлились рост растений и развитие боковых побегов. Дальнейшее развитие в начале июля при благоприятных условиях после прошедших дождей и подкормки минеральными удобрениями позволило испытываемым растениям в достаточной степени реализовать свой потенциал. В результате был выращен хмель с урожайностью 25,2 ц/га.

Оценка состояния испытываемых в 2018 году растений показала их равномерное развитие. Массовые всходы отмечены 18 мая. Верхушки растений достигли в I-II декадах июля. Цветение началось в конце июля - начале августа. Эти фазы развития проходили в условиях недостатка влаги на фоне высокого температурного режима. Шишки хмеля формировались со II декады августа по I декаду сентября в основном в верхней и средней частях растения. В связи с установившейся жарой

созревание шишек наступило на 4-5 дней раньше.

Весна 2019 года выдалась ранней. К полевым работам приступили в середине второй декады апреля. К концу апреля закончили боронование и обрезку главных корней хмеля. Вегетация хмеля началась рано и сопровождалась сухими теплыми погодными условиями вплоть до дождливой середины мая. Осадков в мае выпало 138,2 % от средней многолетней нормы. На протяжении всего вегетационного периода роста и развития растений хмеля температурный режим был благоприятным, средняя температура воздуха составляла 17,9 °С, сумма активных температур была на уровне 2303 °С, сумма выпавших осадков – 243,3 мм.

Такие климатические условия позволили испытываемым растениям максимально реализовать свой потенциал.

Погодные условия были благоприятны для всходов растений хмеля. Вегетация его началась в первой декаде мая и сопровождалась сухими теплыми и даже жаркими (в отдельные дни температура достигала 27 °С) погодными условиями. Конец мая и начало июня сопровождалось обильными дождями, которые затрудняли работу на хмельниках. Избыток влаги с благоприятным температурным режимом способствовал быстрому росту растений и развитию боковых побегов. Благоприятные почвенно-климатические условия и применение подкормки минеральными удобрениями позволили изучаемым растениям в достаточной степени реализовать свой потенциал.

Оценка состояния испытываемых в 2019 году растений показала, что растения развивались равномерно. Массовые всходы отмечены 5-9 мая. Верхушки растений достигли в III декаде июня – I декаде июля. Цветение началось в конце июля – начале августа. Период цветения проходил своеобразно: с одного куста заводилось две поддержки по 2 стебля, которые созревали по-разному. Если на первой поддержке хмель еще цвел, то, в то же время, на второй уже сформировались полноценные шишки. Формирование шишек проходило в большом разбросе с I декады августа по I декаду сентября.

Цветение и формирование шишек проходили в период избыточного влагообеспечения, что способствовало получению большого количества шишек хмеля и соответственно

высоких урожаев. Основная масса шишек формировалась в верхней и средней трети растения. Благоприятные погодные условия способствовали формированию достаточно высокого биологического урожая хмеля (до 28,1 ц/га).

Рост и развитие растений хмеля между вариантами заметно не отличались.

По вариантам опыта в июне проведено послонное определение удельного веса, объёмного веса и предельно-полевой влагоёмкости. Удельный вес – это вес твердой фазы поч-

вы в единице объема (табл. 1). Так как верхний слой почвы 0-20 см периодически обрабатывался с начала весны, изменение его показателей в исследовании влияния глубокого рыхления на почву не приводится. Существенное изменение в показателях удельного веса почвы по вариантам наблюдалось в слое 20-25 см при ежегодном щелевании. Наибольший удельный вес на глубине 50-55 см отмечен в контроле – без глубокой обработки почвы, существенно ниже – при использовании щелевания.

*Таблица 1 – Удельный вес почвы по вариантам обработки междурядий посадок хмеля, г/см<sup>3</sup>*

*Table 1 – Specific weight of the soil by the variants of tilling the row spaces between rows of hops, g/cm<sup>3</sup>*

Вариант / Variant	Глубина взятия образца, см / The depth of sampling, cm			
	20-25	30-35	40-45	50-55
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	2,0	2,1	2,1	2,6
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	1,8	2,0	2,1	2,1
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	2,0	2,2	2,2	2,1
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	1,9	2,2	2,3	2,1
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,13	0,11	0,13	0,32

Объемный вес почвы – это вес единицы объема абсолютно сухой почвы с ненарушенным сложением. Он является важным показателем степени рыхлости, плотности почвенной среды, изменяется в зависимости от приемов обработки и т. д.

Наилучшие условия для роста и развития корневой системы растений хмеля на серых лесных тяжелосуглинистых почвах создаются при плотности сложения пахотного

слоя от 1,09 до 1,27 г/см. При проведении минимального количества обработок происходит уплотнение почвы и ее показатель возрастает до 1,34 г/см [16].

При разноглубинном щелевании междурядий хмеля существенное снижение объёмного веса наблюдалось в слое 20-25 см при ежегодном щелевании и значительное повышение показателя в слое 50-55 см при периодическом щелевании на глубину 50 и 65 см (табл. 2).

*Таблица 2 – Изменение объёмного веса почвы в зависимости от вариантов обработки почв междурядий посадок хмеля, г/см<sup>3</sup>*

*Table 2 – Change in the volume weight of the soil depending on the variants of tilling the row spaces between rows of hops, g/cm<sup>3</sup>*

Вариант / Variant	Глубина взятия образца, см / The depth of sampling, cm			
	20-25	30-35	40-45	50-55
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	1,5	1,3	1,5	1,4
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	1,2	1,3	1,6	1,5
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	1,4	1,4	1,5	1,6
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	1,3	1,4	1,4	1,6
НСР <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	0,21	0,08	0,14	0,12

Исследуемые варианты обработки существенно повлияли на изменение влажности разноглубинных слоев почвы (табл. 3). Как показывают данные таблицы, только контрольный вариант с поверхностной обработкой имел большую увлажненность в слое, близком к пахотному, но далее содержание влаги уменьшалось в сравнении с вариантами,

имеющими глубокую обработку. Наибольшая увлажненность глубоких слоев (30-55 см) была при общепринятой обработке совместно с ежегодным осенним щелеванием до 50 см. Щелевание до 65 см раз в 3 года позволило накопить больше влаги в слое (50-55 см) в сравнении с периодическим щелеванием на глубину до 50 см.

**Таблица 3 – Изменение влажности почвы в зависимости от вариантов обработки почв между рядами посадок хмеля, % /**

**Table 3 – Change in soil moisture depending on the variants of soil tillage between rows of hops, %**

Вариант / Variant	Глубина взятия образца, см / The depth of sampling, cm			
	20-25	30-35	40-45	50-55
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	24,4	24,4	23,1	22,2
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	21,8	29,2	26,7	27,3
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	23,2	27,3	26,4	20,6
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	22,2	27,8	26,1	25,4
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	2,1	2,9	1,4	3,8

По итогам трех лет исследований при щелевании между рядами хмельников урожайность увеличилась на 1,4-3,1 ц/га относительно контроля. Максимальный урожай отмечен в варианте «общепринятая технология + осеннее

щелевание через 3 года на глубину 50 см», который имеет среднее значение 24,0 ц/га. Этот вариант является оптимальным, при котором урожайность повышается по сравнению с контролем на 3,1 ц/га или 14,8 % (табл. 4).

**Таблица 4 – Урожайность хмеля сорта Подвязный в зависимости от вариантов обработки между рядами, ц/га /**

**Table 4 – Yield of hops of the Podvyazny variety depending on the variants of tillage between rows, c/ha**

Вариант / Variant	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее / Average	Отклонение от контроля / Deviation from control	
					ц/га / c/ha	%
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	18,0	22,7	22,0	20,9	-	-
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	18,5	24,8	23,5	22,3	+1,4	6,7
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	18,5	25,3	28,1	24,0	+3,1	14,8
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	18,2	25,1	27,1	23,5	+2,6	12,4
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	-	-	1,3	-

В отобранных во время уборки средних образцах шишек определяли содержание альфа-кислот. По результатам исследований,

щелевания междурядий в течение трех лет не повлияло на содержание альфа-кислот в шишках хмеля (табл. 5).

Таблица 5 – Содержание альфа-кислот в шишках хмеля сорта Подвязный, % / Table 5 – Alpha-acid content in hop cones of the Podvyazny variety, %

Вариант / Variant	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Среднее / Average
Общепринятая обработка на 20 см (контроль) / Conventional tillage to 20 cm (control)	5,1	5,6	5,2	5,3
Общепринятая обработка + осеннее ежегодное щелевание на 50 см / Conventional tillage + autumn annual slotting to 50 cm	5,4	5,8	5,3	5,5
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 50 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 50 cm	5,2	5,5	5,3	5,3
Общепринятая обработка + осеннее щелевание через 3 года на 65 см / Conventional tillage + autumn slotting 3 years later to 65 cm	4,9	5,8	5,3	5,3
HCP <sub>05</sub> / LSD <sub>05</sub>	-	-	-	0,22

Щелевание на глубину 50-65 см оказало благоприятное влияние на улучшение аэрации, водопроницаемости почвы и способствовало повышению урожайности хмеля. Наилучший результат по урожайности достигнут при традиционной поверхностной обработке почвы совместно с щелеванием на 50 см раз в 3 года.

**Заключение.** Глубокое щелевание почвы на хмельниках оказывает благоприятное влияние на её водно-воздушные свойства, что способствует повышению урожая хмеля.

Щелевание междурядий плантаций хмеля рекомендуется проводить каждый год на глубину 50 см, но обработка раз в 3 года также оказывали на почву положительный результат. На увеличение содержания влаги в почве наилучшее воздействие оказала комбинированная обработка почвы: поверхностная и ежегодное щелевание на 50 см. Наиболее отзывчивый к обработке слой почвы 20-25 см.

Максимальную прибавку урожая в среднем за три года (3,1 ц/га) обеспечило периодическое щелевание почвы на глубину 50 см. Обработка раз в 3 года на глубину 65 см влияла положительно на урожайность шишек хмеля (+2,6 ц/га к контролю).

На содержание альфа-кислот в шишках хмеля щелевание междурядий не повлияло.

С учётом того, что стоимость обработки одного гектара хмельников с расходами на топливо и заработную плату механизатору с отчислениями составит для щелевания на 50 см – 1072 руб., на 65 см – 1250 руб., в производство можно рекомендовать вариант с наибольшей урожайностью и наименьшими затратами на глубокую обработку почвы – ежегодная обработка верхнего слоя почвы совместно с осенним щелеванием раз в 3 года на глубину 50 см.

#### Список литературы

1. Иванова А. О., Дементьев Д. А. Состояние хмелеводства в Чувашской республике. Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019;(2):20-25. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39204995>
2. Леонтьева В. В. Сорто типы хмеля обыкновенного. Международный научный сельскохозяйственный журнал. 2019;(3):25-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41806549>
3. Lipiec J., Natano R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. Geoderma. 2003;116(1-2):107-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
4. Weemstra M., Sterck F. J., Visser E. J. W., Kuypers T., Goudzwaard L., Mommer L. Fine-root trait plasticity of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) forests on two contrasting soils. Plant and Soil. 2017;415:175-188. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3148-y>
5. Кафтан Ю. В., Зенкова Н. А. Агрофизические свойства почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в севооборотах. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;(3(77)):27-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39200811>
6. Manik S., Pengilley G., Dean G., Field B., Shabala S., Zhou M. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. Frontiers in plant science. 2019;10:140. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00140>

7. Renčín L., Polcar A., Bauer F. The Effect of the Tractor Tires Load on the Ground Loading Pressure. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017;65:1607-1614. DOI: <https://doi.org/10.11118/actaun201765051607>
8. Akinsunmade A., Tomecka-Suchoń S., Pysz P. Correlation between agrotechnical properties of selected soil types and corresponding GPR response. *Acta Geophysica*. 2019;67:1913-1919. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00349-4>
9. Кувшинов Н. М. Эффективность применения орудий с активными рабочими органами в качестве приемов предпосевной обработки серых лесных почв Нечерноземной зоны России. *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017;(1(59)):23-31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28305715>
10. Bluett C., Tullberg J. N., McPhee J. E., Antille D. L. Soil and Tillage Research: Why still focus on soil compaction? *Soil and Tillage Research*. 2019;194:104282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.028>
11. Дмитриев Ю. П., Медведев В. И., Акимов А. П., Дмитриева О. Ю., Дмитриев С. Ю., Максимов А. Н., Андреев В. А. Машинные технологии для возделывания хмеля. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2018;13(2(49)):86-92. DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5b3506e7938e47.51294573](https://doi.org/10.12737/article_5b3506e7938e47.51294573)
12. Апажев А. К., Шекихачев Ю. А., Хажметов Л. М. Results of the combined soil-cultivating unit production tests. *Сельский механизатор*. 2016;(8):10-11.
13. Добышев А. С., Пузевич К. Л., Данатаров А., Ашыров С., Мухамметмырадов К. Обоснование технологий и технических средств обработки почвы в условиях Туркменистана. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014;(1):179-184. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-tehnologiy-i-tehnicheskikh-sredstv-obrabotki-pochvy-v-usloviyah-turkmenistana>
14. Ebrahim-Zadeh G., Bayat H., Sinigani A. A. S., Abyaneh H. Z., Vereecken H. Investigating the correlation between soil tensile strength curve and soil water retention curve via modeling, *Soil and Tillage Research*. 2017;167:9-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.002>
15. Захаров А. И. Интенсификация технологии возделывания хмеля. *Успехи современного естествознания*. 2016;(1):76-80. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25458773>
16. Smirnov P. A., Makushev A. E., Kazakov Y. F., Medvedev V. I., Vasilyev A. O., Andreev R. V. Influence of types of tractor running gears on the value of hop garden row spacing compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019;57(1):19-28. URL: <http://oaji.net/articles/2019/1672-1557071687.pdf>

#### References

1. Ivanova A. O., Dementiev D. A. *Sostoyanie khmelevodstva v Chuvashskoy respublike*. [The state of hop growing in the Chuvash Republic]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = International Research Journal. 2019;(2):20-25. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39204995>
2. Leontieva V. V. *Sortotipy khmelya obyknovennogo*. [The types of hops ordinary]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = International Research Journal. 2019;(3):25-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41806549>
3. Lipiec J., Hatano R. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*. 2003;116(1-2):107-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(03\)00097-1](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(03)00097-1)
4. Weemstra M., Sterck F. J., Visser E. J. W., Kuyper T., Goudzwaard L., Mommer L. Fine-root trait plasticity of beech (*Fagus sylvatica*) and spruce (*Picea abies*) forests on two contrasting soils. *Plant and Soil*. 2017;415:175-188. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11104-016-3148-y>
5. Kaftan Yu. V., Zenkova N. A. *Agrofizicheskie svoystva pochvy i urozhaynost' sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v sevooborotakh*. [Influence of agro-physical properties of soil on farm crop yields in crop rotations]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;(3(77)):27-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39200811>
6. Manik S., Pengilley G., Dean G., Field B., Shabala S., Zhou M. Soil and crop management practices to minimize the impact of waterlogging on crop productivity. *Frontiers in plant science*. 2019;10:140. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00140>
7. Renčín L., Polcar A., Bauer F. The Effect of the Tractor Tires Load on the Ground Loading Pressure. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2017;65:1607-1614. DOI: <https://doi.org/10.11118/actaun201765051607>
8. Akinsunmade A., Tomecka-Suchoń S., Pysz P. Correlation between agrotechnical properties of selected soil types and corresponding GPR response. *Acta Geophysica*. 2019;67:1913-1919. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11600-019-00349-4>
9. Kuvshinov N. M. *Effektivnost' primeneniya orudiy s aktivnymi rabochimi organami v kachestve priemov predposevnoy obrabotki serykh lesnykh pochv Nечерноземной зоны Rossii*. [The efficiency of application of agricultural implements with active working bodies as methods of presowing cultivation of grey forest soils of Non-chernozem zone of Russia]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2017;(1(59)):23-31. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28305715>

10. Bluett C., Tullberg J. N., McPhee J. E., Antille D. L. Soil and Tillage Research: Why still focus on soil compaction? *Soil and Tillage Research*. 2019;194:104282. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.05.028>
11. Dmitriev Yu. P., Medvedev V. I., Akimov A. P., Dmitrieva O. Yu., Dmitriev S. Yu., Maksimov A. N., Andreev V. A. *Mashinnye tekhnologii dlya vozdeleyvaniya khmelya*. [Machinery technologies for hop cultivation]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2018;13(2(49)):86-92. (In Russ.). DOI: [https://doi.org/10.12737/article\\_5b3506e7938e47.51294573](https://doi.org/10.12737/article_5b3506e7938e47.51294573)
12. Apazhev A. K., Shekikhachev Yu. A., Khazhmetov L. M. Results of the combined soil-cultivating unit production tests. *Sel'skiy mekhanizator*. 2016;(8):10-11. (In Russ.).
13. Dobyshev A. S., Puzevich K. L., Danatarov A., Ashyrov S., Mukhammetmyradov K. *Obosnovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv obrabotki pochvy v usloviyakh Turkmenistana*. [Substantiation of technologies and technical means for soil tillage in the conditions of Turkmenistan]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2014;(1):179-184. (In Belarus). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obosnovanie-tehnologii-i-tehnicheskikh-sredstv-obrabotki-pochvy-v-usloviyah-turkmenistana>
14. Ebrahim-Zadeh G., Bayat H., Sinegani A. A. S., Abyaneh H. Z., Vereecken H. Investigating the correlation between soil tensile strength curve and soil water retention curve via modeling, *Soil and Tillage Research*. 2017;167:9-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.still.2016.11.002>
15. Zakharov A. I. *Intensifikatsiya tekhnologii vozdeleyvaniy akmelya*. [The intensification of technologies of cultivation of hops]. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*. 2016;(1):76-80. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25458773>
16. Smirnov P. A., Makushev A. E., Kazakov Y. F., Medvedev V. I., Vasilyev A. O., Andreev R. V. Influence of types of tractor running gears on the value of hop garden row spacing compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. 2019;57(1):19-28. URL: <http://oaji.net/articles/2019/1672-1557071687.pdf>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Леонтьева Валентина Вячеславовна**, научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9213-9821>, e-mail: [shkoda.6363@mail.ru](mailto:shkoda.6363@mail.ru)

**Дементьев Дмитрий Алексеевич**, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: [tymondem@mail.ru](mailto:tymondem@mail.ru)

**Фадеев Андрей Анатольевич**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Чувашский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Центральная, д. 2, Цивильский район, п. Опытный, Чувашская Республика, Российская Федерация, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

#### **Information about the authors**

✉ **Valentina V. Leontieva**, researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9213-9821>, e-mail: [shkoda.6363@mail.ru](mailto:shkoda.6363@mail.ru)

**Dmitrii A. Dementyev**, PhD in Agricultural science, researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8571-8059>, e-mail: [tymondem@mail.ru](mailto:tymondem@mail.ru)

**Andrey A. Fadeev**, PhD in Agricultural science, senior researcher, Chuvash Research Agricultural Institute – Branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Tsentralnaya str., 2, Tsivilsky district, Opytny settlement, Chuvash Republic, Russian Federation, 429911, e-mail: [chniish@mail.ru](mailto:chniish@mail.ru), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0834-1681>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.786-796>

УДК 332.7

## Территориальные особенности рынка земли в сельской местности

© 2020. Г. Н. Никонова<sup>✉</sup>, Б. С. Джабраилова, А. Г. Никонов  
ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», Санкт-Петербург, Российская Федерация

*Качественное своеобразие сложившегося рынка земли в сельской местности требует постоянной оценки как механизмов, управляющих его развитием, так и направленности изменений в его сегментах. Поэтому целью исследования выступал анализ территориальных особенностей развития рынка сельскохозяйственных угодий в современных условиях реализации политики импортозамещения. Исследования проводились в разрезе субъектов РФ Северо-Западного федерального округа (СЗФО) и более подробно на примере муниципальных районов Ленинградской области с использованием данных Росстата, Росреестра, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и других источников. Применялись статистические методы обработки информации. На основе анализа динамики изменения размеров посевных площадей сделан вывод о неблагоприятных тенденциях, со стороны спроса, на пахотные земли в условиях Северо-Западного федерального округа. Вследствие этого сокращение площади посевов происходит в регионах с более благоприятными условиями для сельскохозяйственной деятельности. В результате рост количества сделок купли-продажи земель сельскохозяйственного назначения в регионах Северо-Западного федерального округа не носит устойчивого характера. На примере муниципальных районов Ленинградской области выявлены особенности первичного и вторичного рынка земель сельскохозяйственного назначения: предложение земельных участков превышает спрос и локализуется в пригородной зоне, такие виды земельного оборота, как купля-продажа и аренда земельных участков имеют ограниченное развитие. В зависимости от местоположения и других рентных характеристик уровень цен на землю даже в границах одного муниципального района различается от 2,5 до 15-ти раз. Сделан вывод о тесной связи развития подсистем рыночного оборота сельскохозяйственных угодий с условиями и результатами хозяйственной деятельности в сельской местности.*

**Ключевые слова:** рынок земель сельскохозяйственного назначения, структура собственности, аграрный сектор, сельские территории

**Благодарности:** работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ на 2016-2020 гг., финансируемых из федерального бюджета в рамках Государственного задания ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (тема № 0668-2019-0009).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

**Конфликт интересов:** авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Никонова Г. Н., Джабраилова Б. С., Никонов А. Г. Территориальные особенности рынка земли в сельской местности. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):786-796.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.786-796>

Поступила: 26.08.2020

Принята к публикации: 20.10.2020

Опубликована онлайн: 10.12.2020

## Territorial features of the land market in rural areas

© 2020. Galina N. Nikonova<sup>✉</sup>, Baryiat S. Dzhabrailova, Alexey G. Nikonov  
St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS).  
St. Petersburg, Russian Federation

*The qualitative peculiarity of the existing land market in rural areas requires constant assessment of both the mechanisms that control its development and the direction of changes in its segments. Therefore, the purpose of the study was to analyze the territorial features of the development of the agricultural land market in modern conditions of the implementation of the import substitution policy. The research was carried out across the constituent entities of the Russian Federation of the Northwestern Federal District (NWFD) and in more detail on the example of the municipal districts of the Leningrad region using data from Rosstat, Rosreestr, the Ministry of Agriculture of the Russian Federation and other sources. Statistical methods of information processing were used. Based on the analysis of the dynamics of changes in the size of the cultivated areas, it was concluded that there were unfavorable tendencies as to the demand for arable land in the conditions of the Northwestern Federal District. Due to it, the reduction in the area under crops occurs in regions with more favorable conditions for agricultural activities. As the result, the growth in the number of transactions for the sale and purchase of agricultural land in the regions of the Northwestern Federal District is not sustainable. On the example of the municipal districts of the Leningrad region, the features of the primary and secondary market for agricultural land were revealed: the supply of land plots exceeds demand and is local-*

ized in the suburban area, such types of land turnover as the purchase and sale and lease of land plots have limited development. Depending on the location and other rental characteristics, the level of land prices, even within the boundaries of one municipal district, varies from 2.5 to 15 times. It has been established that the development of subsystems of market turnover of agricultural land is closely related to the conditions and results of economic activity in rural areas.

**Keywords:** agricultural land market, ownership structure, agricultural sector, rural territories

**Acknowledgment:** the work was carried out in accordance with the plan of research works for 2016-2020, funded from the Federal budget as part of the state assignment of St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS) (theme No.0668-2019-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

**Conflict of interest:** the authors stated no conflict of interest.

**For citations:** Nikonova G. N., Dzhabrailova B. S., Nikonov A. G. Territorial features of the land market in rural areas. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(6):786-796. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.786-796>

Received: 26.08.2020

Accepted for publication: 20.10.2020

Published online: 10.12.2020

Современная ситуация глобального распространения коронавирусной инфекции заметно меняет традиционные представления о роли и функциях сельской местности страны. В новой реальности эта территория является, прежде всего, местом, где более безопасно жить и работать – по сравнению с рисками последствий избыточной концентрации населения в городах. Отсюда актуальность задач, стоящих перед органами всех уровней управления, да и обществом в целом, решение которых должно быть направлено на обеспечение комплекса стратегических мер по реализации неиспользуемого в полной мере ресурсного потенциала сельских территорий.

В составе этого потенциала большая роль отводится земельным ресурсам, и особенно, землям сельскохозяйственного назначения, площадь которых в Российской Федерации, по данным Росреестра, на 01 января 2019 года составляла 382,5 млн га, в том числе сельскохозяйственных угодий – 222,0 млн га. При этом из земель сельскохозяйственного назначения в частной собственности находилось 127,7 млн га, или 33,3 %, из них в собственности граждан – 107,7 млн га (28,1 %), юридических лиц – 20,0 млн га (5,2 %)<sup>1</sup>. В то же время большой удельный вес этих земель (более 66 %) остается до сих пор в государственной и муниципальной собственности.

Данный факт ставит на повестку дня неотложную задачу как повышения эффективности их использования, так и более совершенного перераспределения между субъектами права в ходе рыночного оборота, поскольку рынок земли является объективной реально-

стью. Однако он пока не отвечает требованиям сегодняшнего дня, так как не является эффективным регулятором земельных отношений, не обеспечивает соблюдения принципа целевого использования земли, ее охрану как уникального природного объекта, а также рациональное использование [1, 2, 3, 4, 5]. Несмотря на изменения в структуре собственности и комплекс мер по укреплению продовольственной безопасности государства, во многих субъектах Российской Федерации продолжается сокращение площади используемых сельскохозяйственных угодий [6, 7, 8, 9]. В сельской местности развивается тенденция спроса на сельскохозяйственные земли для жилищного строительства, возведения объектов промышленности и инфраструктуры.

При функционировании современного рынка земли переплетается влияние элементов институциональной среды, в том числе сочетание регулирующего вмешательства государства и действия чисто рыночных сил. Отсюда, например, проблемы наличия до сих пор такой институциональной «ловушки», как земельные доли [10, 11, 12], отсутствие равного с крупными агрохолдингами, в том числе иностранной юрисдикции, доступа на рынок земли местных сельскохозяйственных товаропроизводителей. Сказанное выше, с учетом роли сельскохозяйственных угодий и сложившейся структуры собственности на землю, определяет соотношение крупного и малого бизнеса в сельской местности, потенциальные масштабы притока инвестиций в аграрный сектор и объемы экспорта продукции, уровень продовольственной безопасности государства.

---

<sup>1</sup>Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2018 году. Росреестр. М., 2019. С. 42, 44.

Мы разделяем мнение о том, что рынок земли является сложной системой, не просто «актом (или правом) перехода земли от одного собственника к другому путем продажи или покупки....», а включает в себя все операции по ее продаже, аренде, обмену, передаче по наследству, уступкам прав, субаренде....., т. е. все виды движения земли между владельцем и покупателем, а также те или иные формы передачи соответствующих юридических прав» [13, с. 4].

Исходя из объективной сложности системы земельного оборота, необходим постоянный анализ процессов, протекающих в сфере данных экономических отношений. На этой основе можно будет прогнозировать тенденции развития как аграрного сектора, так и изменения ситуации в сельской местности в целом с учетом региональной специфики.

**Цель исследования** – рассмотрение территориальных особенностей развития рынка сельскохозяйственных угодий в современных условиях реализации политики импортозамещения.

**Материал и методы.** Исследования проводили в разрезе субъектов РФ Северо-Западного федерального округа (СЗФО) с использованием статистических данных Росстата, Росреестра, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации и информации органов управления регионального уровня, а также более подробно на примере муниципальных районов Ленинградской области. Применяли статистические методы обработки информации, в качестве технических средств использовали программные продукты Microsoft Office и Excel.

**Результаты и их обсуждение.** Опираясь на положения экономической теории институционализма, необходимо констатировать, что институт рынка земли, наряду с такими институтами, как собственность, государство, рента, оказывает большое влияние на взаимодействия индивидов, хозяйствующих субъектов и государства по поводу пользования, владения и распоряжения земельными ресурсами. Земельные участки, в свою очередь, различаются размерами площади, рентными характеристиками по плодородию и местоположению, пригодностью для практического использования и т. д.

При этом, независимо от отраслевой и региональной специфики, рынок земли представляет две отдельные подсистемы: спрос на землю и ее предложение, особенности разви-

тия которых связаны не только с вышеназванными институтами, но и с пространственной ограниченностью земельных ресурсов. Поэтому предложение земельных участков на рынке характеризуется неэластичностью, т. е. не увеличивается в соответствии с ростом цены земли. Отметим, что в сельской местности объем предложения земли с самого начала земельной реформы был выше емкости спроса на нее для целей сельскохозяйственной деятельности, так как бывшие колхозы и совхозы становились банкротами, а потребность в земельных участках со стороны фермерских хозяйств была незначительной. Одновременно развивался спрос на сельскохозяйственные угодья для их использования в иных целях при бесконтрольности за сделками с земельными долями граждан и отсутствии возможности сельскохозяйственных организаций скупать земельные доли своих работников.

В настоящее время рынок земли на сельских территориях регионов развивается, прежде всего, в общей системе спроса и предложения производственных ресурсов для сельскохозяйственной деятельности. Он находится под влиянием различных факторов: уровня производительности предпринимательской деятельности, объемов государственной поддержки аграрного сектора, размера транзакционных издержек по оформлению права собственности, рентного потенциала земельных участков, так как степень их привлекательности для участия в земельном обороте различна.

Отсюда мотивация и активность субъектов рынка сельскохозяйственных угодий, ведь при использовании, даже интенсивных технологий, каждая дополнительная единица затрат не всегда обеспечивает планируемую отдачу. В результате вместо покупки земли начинается активное развитие такой формы земельного оборота, как ее аренда, или же возникают попытки перевода сельскохозяйственных угодий в другие категории, организация спекулятивных сделок с землей и т. д. Поэтому соглашаясь с утверждением, что «Рациональная структура собственности в среднесрочном периоде зависит от ее текущей структуры» [14, с. 10], проанализируем ситуацию со стороны спроса на земельные ресурсы.

Спрос на сельскохозяйственные угодья как отражение типа воспроизводственного процесса в аграрном секторе, спроса на продукцию сельского хозяйства и степени доходности производственной деятельности высту-

пает важнейшей подсистемой рынка земли. Одним из индикаторов данного спроса может служить показатель изменения размеров посевных площадей, иллюстрирующий как фактически востребованы пахотные земли для активного использования в хозяйственном обороте. Динамика их изменения позволяет сделать прогнозные выводы о развитии рыночного оборота

земли и перспективах ее эффективного использования, а также обосновать необходимые меры государственной аграрной политики [15, 16, 17].

На основе данных таблицы 1 можно сделать вывод о том, что в целом по Российской Федерации площадь посевов сельскохозяйственных культур постепенно растет, хотя она еще и не достигла показателя 2000 года.

*Таблица 1 – Динамика посевных площадей в хозяйствах всех категорий, тыс. га /  
Table 1 – Dynamics of cultivated lands in farms of all categories, thousand ha*

<i>Регион / Region</i>	<i>2000 г.</i>	<i>2005 г.</i>	<i>2010 г.</i>	<i>2015 г.</i>	<i>2019 г.</i>	<i>2019 г. в % к 2000 г.</i>
Российская Федерация / Russian Federation	84669,6	75837,0	75187,9	79319,0	79880,5	94,3
Центральный ФО / Central Federal District	16463,3	13990,9	13886,8	15354,6	15707,6	95,4
Северо-Западный ФО / North-West Federal District	2489,7	1840,5	1497,7	1429,6	1375,6	55,3
<i>В том числе: / Among them:</i>						
Республика Карелия / Republic of Karelia	64,8	46,9	38,4	32,5	31,1	47,9
Республика Коми / Republic of Komi	80,0	52,7	40,5	40,7	37,1	46,4
Архангельская область / Arkhangelsk region	206,8	134,5	104,4	77,0	66,1	31,9
Вологодская область / Vologda region	686,1	541,6	451,8	372,4	350,8	51,1
Калининградская область / Kaliningrad region	257,9	217,9	148,1	245,5	272,3	105,6
Ленинградская область / Leningrad region	373,2	293,3	250,5	229,9	238,2	63,8
Мурманская область / Murmansk region	11,5	7,8	7,1	7,7	6,8	59,1
Новгородская область / Novgorod region	270,3	180,6	181,4	178,4	153,2	56,7
Псковская область / Pskov region	539,2	365,3	275,5	245,3	220,0	40,8
Южный ФО / Southern District	10671,4	11220,2	11315,2	11711,3	12954,3	121,4
Северо-Кавказский ФО / North Caucasus Federal District	3829,4	3832,2	3986,8	4291,4	4431,0	115,7
Приволжский ФО / Volga Federal	27183,1	23517,7	23171,7	23712,2	23950,7	88,1
Уральский ФО / Ural Federal District	5976,5	4997,3	5391,4	5197,4	5142,8	86,1
Сибирский ФО / Siberian Federal	16650,4	15258,6	14555,4	15026,7	14019,3	84,2
Дальневосточный ФО / Far Eastern Federal District	1405,9	1179,6	1383,0	1883,6	2299,3	163,5

Источник: рассчитано по данным Росстата<sup>2</sup> / Source: calculated according to Rosstat data.

<sup>2</sup>Посевные площади сельскохозяйственных культур по категориям хозяйств. 27.03.2020 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://rosstat.gov.ru/enterprise\\_economy](https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy) (дата обращения: 20.05.20)

Заметным приростом посевных площадей выделяются Дальневосточный, Южный и Северо-Кавказский федеральные округа (24,6 % от всей площади посевов в стране), где превышение уровня 2000 года имеет значительные параметры. В Сибирском, Приволжском, Уральском и Северо-Западном федеральных округах, где находится 55,6 % площади посевов от общей посевной, ее прирост в 2019 году по сравнению с 2000 годом значительно ниже общероссийского показателя. Особенно обращает на себя внимание ситуация в Северо-Западном федеральном округе, так как здесь можно отметить устойчивое снижение площади посевов по всем приведенным временным периодам и всем регионам, за исключением Калининградской области – в последние годы.

Безусловно, площади посевов сельскохозяйственных культур и их динамика всегда тесно связаны с региональной спецификой: наличием используемых земель и их качественными характеристиками, специализацией производства, структурой товаропроизводителей, что также позволяет прогнозировать спрос на земельном рынке и масштабы рыночного оборота земли. Например, в целом по РФ в 2018 году в структуре производства продукции сельского хозяйства удельный вес сельскохозяйственных организаций (СХО) составлял 56,5 %, а крестьянских (фермерских) хозяйств (К(Ф)Х) – 12,5 %. В СЗФО доля СХО была выше и достигала 66,0 %, в то время как К(Ф)Х занимали только 4,3 %. В Мурманской, Вологодской и Ленинградской областях удельный вес в производстве продукции СХО составил: от 72 до 77 % при 46-66 % в Архангельской, Новгородской и Калининградской областях. В свою очередь, доля малых форм хозяйствования, в частности К(Ф)Х, колебалась от 2,5 до 3,7 % в Псковской, Вологодской, Ленинградской областях и от 6,0 до 8,4 % отмечалась в Калининградской и Новгородской областях.

Результаты Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года показали, что в Северо-Западном федеральном округе удельный вес неиспользуемых сельскохозяйственных угодий абсолютно во всех категориях хозяйств выше общероссийского уровня на 15-20 процентных пунктов. Причем в 7 регионах на 1 июля 2016 года использование сельскохозяйственных угодий во всех категориях хозяйств составляло менее 70 % их имеющейся площади. Особенно выделяется Псковская область, где не используется почти 40 % сельскохозяйственных угодий, что отно-

сит ее к субъектам РФ, где произошло наибольшее сокращение площади этой категории земель – около 20 % от общего выбытия по Северо-Западу.

Анализ свидетельствует о значительной дифференциации регионов Северо-Западного федерального округа и по результативности процесса воспроизводства в сельском хозяйстве. Так, с помощью расчетов на основе Системы национальных счетов определено, что в 2016 году в целом по Российской Федерации валовая добавленная стоимость (ВДС) в сельском хозяйстве, охоте и лесном хозяйстве в расчете на одного занятого (в сопоставимых ценах 2011 года) составляла 404,5 тыс. руб., и ее прирост достиг по сравнению с 2011 годом более 36 %. В то же время, в зависимости от темпов роста валовой добавленной стоимости, можно выделить 4 группы субъектов РФ Северо-Западного федерального округа: а) регионы *со снижением* ВДС (Мурманская область – более 20 %); б) регионы с *низким приростом* ВДС (республики Карелия и Коми – до 15 %); в) регионы *со средним приростом* ВДС (Новгородская, Архангельская и Вологодская области – от 20 до 40 %); г) регионы с *высоким приростом* ВДС (Калининградская, Ленинградская и Псковская области – от 60 до 87 %). Результаты проведенной группировки регионов позволяют сделать вывод о тесной связи параметров изменения валовой добавленной стоимости с удельным весом сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в ВДС. Так, регионы СЗФО с относительно низким значением рассматриваемых показателей характеризуются и *пониженной* долей сельского хозяйства, охоты и лесного хозяйства в структуре валовой добавленной стоимости в сочетании с тенденцией ее снижения в объеме ВДС в целом по субъекту РФ.

Отмеченное выше коррелирует с показателем уровня рентабельности по всей деятельности сельскохозяйственных организаций (с учетом субсидий из бюджетов) в разрезе регионов СЗФО. Так, за 2018 год она составила 9,8 % в целом по СЗФО, что ниже 2015 года (15,6 %) и среднероссийского показателя (12,5 %), при этом в 5-ти субъектах РФ была менее 10 %. Следовательно, можно констатировать продолжение тенденции ухудшения условий воспроизводства в сельском хозяйстве регионов Северо-Западного федерального округа. Безусловно, это будет отражаться на перспективах развития аграрного сектора и расширения объемов землепользования

со всеми вытекающими отсюда последствиями для развития рынка земли.

Обозначенное, в свою очередь, повлияет на потенциал Северо-Запада страны в сфере импортозамещения на продовольственном рынке, а также степень реализуемости поставленной цели возврата выбывших угодий в хозяйственный оборот. Тем более что, несмотря на активные меры господдержки, с 2015 по 2019 год произошло сокращение посевных площадей в регионах с более благоприятными условиями для сельскохозяйственной деятельности, таких как Новгородская область – на 25,2 тыс. га и Псковская – на 25,3 тыс. га. Следует отметить, что природно-климатические условия Псковской области являются самыми лучшими для ведения аграрного производства на Северо-Западе, однако данный регион отличается наибольшим спадом объемов продукции, произведенной на местном земельном потенциале. Например, в 2018 году поголовье крупного рогатого скота в Псковской области составляло всего 36 % от уровня 2000 года, коров – 29,4 %, в то время как за данный период в целом по стране поголовье крупного рогатого скота сократилось до 65,9 %, по Северо-Западному федеральному округу – до 53,8 %, а коров соответственно до 62,3 и 47,8 %.

За указанный период в Псковской области в 13 раз выросло поголовье свиней, однако площади зерновых и зернобобовых культур как источник кормовой базы для свиноводства, тем не менее, в регионе уменьшились с 94,2 тыс. га в 2000 году до 28,2 тыс. га, т. е. в 3,3 раза. Это объясняется тем, что функ-

ционирующие в регионе агрохолдинги ведут производство свинины на покупных кормах. В результате, как было показано в таблице 1, продолжается процесс сокращения посевных площадей и соответственно увеличиваются площади сельскохозяйственных угодий, вышедших из оборота. Общая депрессивность аграрной экономики привела к тому, что в Псковской области из 149 сельскохозяйственных организаций, ведущих деятельность, осталось всего 26, при этом по итогам 2018 года удельный вес прибыльных из них составил 49 %, что, безусловно, влияет и на развитие рынка земли и ее использование. В результате в данном регионе удельный вес площади неиспользуемой пашни достигает более 60 % из имеющихся 654,9 тыс. га.

Как показал анализ данных Росреестра (табл. 2), в регионах Северо-Западного федерального округа такой сегмент рынка земли, как ее купля-продажа, во-первых, не имеет активного развития в динамике, во-вторых, отсутствует тесная взаимосвязь между темпами прироста объемов производства сельскохозяйственной продукции по сравнению с предыдущим годом и количеством сделок с земельными участками в конкретном субъекте РФ. Тем не менее, Ленинградская область, несмотря на значительно меньший удельный вес земель сельскохозяйственного назначения, находящихся в частной собственности, по сравнению с Новгородской, Псковской и Калининградской областью в 2010-2015 годы заметно выделялась по количеству сделок купли-продажи земли.

**Таблица 2 – Количество сделок купли-продажи земель сельскохозяйственного назначения в регионах СЗФО (2010-2015 гг.) /**

**Table 2 – Number of transactions for the purchase and sale of agricultural land in the regions of the Northwestern Federal District (2010-2015 )**

<i>Регионы СЗФО / Regions of the Northwestern Federal District</i>	2010 г.	2013 г.	2015 г.	2015 г., % к	
				2010 г.	2013 г.
Республика Карелия / Republic of Karelia	94	143	184	195,7	128,7
Республика Коми / Republic of Komi	9	25	28	в 3,1 раза	112,0
Архангельская область / Arkhangelsk region	40	76	70	175,0	92,1
Вологодская область / Vologda region	194	57	88	45,4	154,4
Ленинградская область / Leningrad region	1019	1217	1334	130,9	109,6
Мурманская область / Murmansk region	8	303	27	в 3,4 раза	8,9
Новгородская область / Novgorod region	55	166	108	196,3	65,1
Псковская область / Pskov region	234	79	136	60,7	172,2

Это связано с привлекательностью земли из-за рентных характеристик и более развитым сельскохозяйственным производством в регионе.

Следует отметить, что такой сегмент земельного рынка, как аренда сельскохозяйственных угодий не получил широкого распространения во всех субъектах Северо-Западного федерального округа. Однако сохранилась практика договорных отношений сельскохозяйственных организаций с владельцами земельных долей по использованию земельных массивов в прежних границах землепользования хозяйства, или же отдельные хозяйствующие субъекты арендуют земельные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности.

Учитывая значительно большую активность на рынке земли в Ленинградской области, нами был проведен подробный анализ тенденций изменений в земельном обороте. Выбор данного региона связан также и с тем, что он по объемам производства сельскохозяйственной продукции, качественным показателям в растениеводстве и животноводстве, объемам выделяемых средств бюджетной поддержки занимает лидирующие позиции в Северо-Западном федеральном округе. Тем не менее, в Ленинградской области удельный вес выбывших из хозяйственного оборота земель в сельскохозяйственных организациях выше среднего уровня по стране.

Для исследований были использованы материалы ГБУ ЛО «ЛенКадОценка»<sup>3</sup>, в том числе о проведении торгов, размещенные на официальном сайте Российской Федерации, информация Управления Росреестра по Ленинградской области, а также сведения, содержащиеся в объявлениях о купле-продаже земельных участков в регионе из системы Интернет-источников. Рассматривались данные первичного и вторичного рынка земель сельскохозяйственного назначения Ленинградской области за 2018 год с площадью более 1 га, с видом разрешенного использования «под сельскохозяйственное производство».

Анализ показал, что в структуре объема предложения земельных участков для сельскохозяйственного использования в Ленинградской области наибольший удельный вес (около 20 %) занимают земли, расположенные

в муниципальных районах, относящихся к пригородной зоне (*ближняя периферия*) – до 50 км от Санкт-Петербурга (Всеволожский, Тосненский, Гатчинский, Ломоносовский и другие). Также от 15 до 18 % занимают муниципальные районы *средней* (свыше 100-150 км: Выборгский, Лужский, Приозерский и другие) и значительно меньше – *дальней периферии* (более 250 км от Санкт-Петербурга) – Бокситогорский, Лодейно-польский, Подпорожский и Тихвинский районы.

Анализ уровня цен на земельные участки позволяет сделать вывод, что основными факторами, влияющими на данный сегмент рынка земли, выступают: площадь участка, его местоположение, развитость инфраструктуры, близость населенного пункта, качество дорог, а также наличие или отсутствие засоренности площади борщевиком Сосновского. Причем в структуре объема предложения земельных участков свыше 30 % из них – это земли площадью более 10 га.

Ценовой диапазон, связанный, как уже отмечалось выше, с местоположением участков и другими качественными характеристиками очень велик, поскольку варьируется от 20 до 200-400 тыс. руб. за 1 га. Причем в границах одного муниципального района разница между удельной ценой земли достигает от 2,5 до 15-ти раз. Поэтому общая средневзвешенная цена земельных участков между муниципальными районами Ленинградской области различается в 7 раз, являясь самой высокой в пригородной зоне (Тосненский, Всеволожский, Ломоносовский районы), т. е. не менее 50-105 тыс. руб. за 1 га. Здесь же и наибольшее количество предложений земельных участков. Самые низкие цены предложения (от 43 до 52 тыс. руб. за 1 га) были в Подпорожском и Киришском муниципальных районах. На основе этих данных можно констатировать, что активное предложение земли в условиях Ленинградской области формируется, главным образом, вблизи Санкт-Петербурга и других городов региона. Однако предложение земли превышает ее спрос, при этом, по данным ГБУ «Ленкадастр ЛО», в общем объеме сделок на первичном рынке земли продажа сельскохозяйственных угодий занимает от 10 до 50 % с локализацией их в пригородной зоне региона.

---

<sup>3</sup>Ленинградское областное учреждение кадастровой оценки. [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://lenkadastr.ru/> (дата обращения 20.06.2020)

В целях стимулирования рыночного оборота земли в удаленных районах региона правительством Ленинградской области, кроме системы мер по грантовой поддержке малого бизнеса в рамках Госпрограммы «Развитие сельского хозяйства Ленинградской области», с 2018 года осуществляется субсидирование участников специального мероприятия «Ленинградский гектар». Для этого проводится отбор граждан, юридических лиц (не являющихся иностранными) и К(Ф)Х, предъявивших план создания и ведения сельскохозяйственного производства, которые желают получить в аренду от 1 до 10 га сельскохозяйственных угодий, а также грант в размере 3 млн руб. для организации своей деятельности в Бокситогорском, Лодейнопольском, Подпорожском и Сланцевском муниципальных районах области. По информации Комитета по АПК Ленинградской области, в рамках данного мероприятия за 2018 год было выделено 14,7 тыс. га земель.

Положительно оценивая данный опыт стимулирования сельскохозяйственного землепользования в регионе, следует отметить, что результативность предпринимаемых попыток активизировать рыночный оборот сельскохозяйственных угодий также сдерживается из-за неблагоприятных условий воспроизводства. По данным МСХ РФ, уровень рентабельности по всей деятельности сельскохозяйственных организаций Ленинградской области, включая субсидии, в 2018 году составил только 9,4 % против 16,0 % в 2015 году, а без субсидий – соответственно, 3,0 и 6,9 %<sup>4</sup>, что является явно недостаточным для устойчивого функционирования. Между тем, согласно материалам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года, в названном регионе в 2015 году субсидии из федерального и регионального бюджетов получили лишь 59,9 % общего числа сельскохозяйственных организаций и 22,6 % – крестьянских (фермерских) хозяйств.

Одновременно сложности для хозяйств с доступом на рынок сбыта продукции сочетаются с их слабыми экономическими возможностями пользования кредитами банков. В результате за 2015 год всего 67 сельскохозяйственных организаций Ленинградской области, или 29,5 % общего их количества получали кредитные средства, в том числе 50 % из

них прибегали к займам для пополнения оборотных средств, т. е. поддержания текущей деятельности и лишь 5,7 % СХО – на строительство новых производств, 3,4 % – приобретения техники. Данная ситуация еще раз наглядно отражает неблагоприятные условия хозяйствования в аграрном секторе, при том, что в 2018 году в структуре издержек на единицу продукции материальные затраты организаций выросли к уровню 2014 года на 3 процентных пункта при снижении на 2 процентных пункта затрат на оплату труда.

**Выводы.** Рынок земли в сельской местности имеет свои территориальные особенности, обусловленные, прежде всего, спецификой сельскохозяйственных угодий как основного средства производства в аграрном секторе. При этом рыночный оборот затрагивает очень большой спектр процессов и механизмов, протекающих в земельных отношениях в целом, под влиянием государственного регулирования и рыночного саморегулирования. Проведенный на примере регионов СЗФО анализ изменения объема спроса на пахотные земли позволяет сделать вывод, во-первых, о его тесной взаимосвязи с условиями и результатами хозяйственной деятельности в аграрном секторе. Во-вторых, в развитии рыночного оборота земли прослеживаются как межрегиональные, так и внутри региональные особенности. В-третьих, независимо от региональной специфики, большое влияние оказывает эволюционно сложившийся «избыток» земли. Поэтому при сохранении недостаточных темпов роста масштабов сельскохозяйственной деятельности земельные угодья, по законам рыночной экономики, выбывают из хозяйственного использования, что определяет конкретные типологические характеристики регионов в зависимости от площади не используемых земель.

Отсюда превышение предложения над спросом на земельном рынке, а также ограниченное развитие таких видов земельного оборота, как купля-продажа и аренда земельных участков. Тем не менее, можно прогнозировать реализацию в перспективе потенциальных возможностей развития рынка сельскохозяйственных угодий в регионах СЗФО, в том числе, учитывая большой удельный вес земель в государственной и муниципальной собственности, как и в целом по Российской Федерации.

---

<sup>4</sup>Агропромышленный комплекс России в 2018 году. М.: МСХ РФ, 2019. С.345, С.347.

Территориальная типизация рыночных сделок на примере муниципальных районов Ленинградской области показала, что наибольшее количество предложений купли-продажи земельных участков, отнесенных к сегменту «сельскохозяйственное использование», локализуется в пригородной зоне региона и отличается более высокими ценовыми характеристиками. Поэтому необходимо обеспечить укрепление такой подсистемы земельного рынка, как спрос на землю, включая формирование предпосылок для ввода в хозяйственный оборот ранее выбывших сельскохозяйственных угодий.

Типичной территориальной особенностью рыночного оборота сельскохозяйственных угодий, сдерживающей его развитие, является также фактор сохранения до сих пор значительной части площадей невостребованных земельных долей граждан (в целом по РФ свыше 15 млн га, Ленинградской области 153 тыс. га). Отсутствие сформированных границ участков и постановки их на кадастровый учет не позволяет включить их в активный земельный оборот.

Следовательно, в условиях новых глобальных вызовов и рисков необходима реали-

зация неотложной системы радикальных мер по совершенствованию земельных отношений в аграрном секторе:

а) создание условий для повышения экономической активности *хозяйствующих субъектов* сельскохозяйственного производства;

б) осуществление конкретных *экономических программ и проектов* по проведению инвентаризации земли, постановке ее на кадастровый учет, решению проблемы земельных долей, вовлечению в хозяйственный оборот выбывших пахотных угодий и т. д.;

в) эффективное управление *экономическими процессами* (распространение инноваций, поддержание цепочек реализации местной продукции и т. п.);

г) создание предпосылок и стимулов к формированию необходимой *рыночной среды* (инвестиционный климат, информатизация производства и др.).

Это в итоге позволит влиять на развитие рынка земли и изменение структуры ее собственности в аграрном секторе с позиций не только достижения продовольственной безопасности государства, но и в целях устойчивого развития сельских территорий.

#### Список литературы

1. Erma B., Yufeng Z., Mingkai Y., Jiaying S. Study of The Russian Land Market. Nature of inner Asia. 2018;1(6):77-84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32748322>
2. Волков С., Комов Н., Хлыстун В. Как достичь эффективного управления земельными ресурсами в России? Международный сельскохозяйственный журнал. 2015; (3): 3-7. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-dostich-effektivnogo-upravleniya-zemelnymi-resursami-v-rossii>
3. Костяев А. И., Никонова Г. Н., Трафимов А. Г. Земельный потенциал сельских территорий: перспективы развития. Экономика сельского хозяйства России. 2015;(11):24-30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24869672>
4. Заворотин Е. Ф. Повышение эффективности использования земель в частной собственности. Экономика сельского хозяйства России. 2018;(9):33-36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35606947>
5. Черняев А. А., Заворотин Е. Ф. Земельный вопрос: когда же он разрешится? Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2014;(11):8-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22565304>
6. Продовольственный рынок регионов России: новый вектор развития. Под общ. ред. Ю. Г. Лавриковой, В. П. Негановой. Екатеринбург: Уральское отделение РАН, 2018. 776 с.
7. Комов Н. В. Земля России – это территория государства и самое главное богатство народа. Экономика и экология территориальных образований. 2019;3(1):6-14. DOI: <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2019-3-1-6-14>
8. Петриков А. В. Землепользование различных категорий хозяйств по результатам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года и совершенствование земельной политики. АПК: Экономика, управление. 2018;(11):23-35. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36587504>
9. Бухтояров Н. И. Эффективность использования земельных ресурсов в регионе. Экономика сельского хозяйства России. 2019;(1):13-19. DOI: <https://doi.org/10.32651/191-13>
10. Полтерович В. М. Институциональные ловушки: есть ли выход? Общественные науки и современность. 2004;(3):5-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17664394>
11. Узун В. У кого сегодня земля, никто не знает. Аграрное обозрение. 2012;3(31). Режим доступа: <http://agroobzor.ru/downloads/zemlya-3-2012.pdf>

12. Липски С. А. Проблемы вовлечения земельных долей в хозяйственный оборот. Московский экономический журнал. 2017;(4):99. DOI: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2017-10016>
13. Назаренко В. И., Шмелев Г. И. Земельные отношения и рынок земли. М.: Памятники исторической мысли, 2005. 292 с.
14. Полтерович В. М. Приватизация и рациональная структура собственности. Часть 2. Рационализация структуры собственности. Экономическая наука современной России. 2013;1(60):7-24. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18905014>
15. Клейнер Г. Устойчивость российской экономики в зеркале системной экономической теории. Ч. 2. Вопросы экономики. 2016;(1):117-138. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25257709>
16. Буга З. К., Костяев А. И., Мицкевич А. А. Оценка эффективности и приоритетов развития АПК. Аграрная наука. 1993;(4):16-17.
17. Бухтояров Н. И. Механизм регулирования земельных отношений в аграрной сфере: тенденции, направления, эффективность: монография. Орел: Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина, 2019. 227 с.

### References

1. Erma B., Yufeng Z., Mingkai Y., Jiaying S. Study of The Russian Land Market. Nature of inner Asia. 2018;1(6):77-84. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32748322>
2. Volkov S., Komov N., Khlystun V. *Kak dostich' effektivnogo upravleniya zemel'nymi resursami v Rossii?* [How to achieve effective land management in Russia?]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal = International Agricultural Journal*. 2015;(3):3-7. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kak-dostich-effektivnogo-upravleniya-zemel'nymi-resursami-v-rossii>
3. Kostyaev A. I., Nikonova G. N., Trafimov A. G. *Zemel'nyy potentsial sel'skikh territoriy: perspektivy razvitiya*. [Land capacity of rural territories: prospects of development]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2015;(11):24-30. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24869672>
4. Zavorotin E. F. *Povyshenie effektivnosti ispol'zovaniya zemel' v chastnoy sobstvennosti*. [Improving the efficiency of using land in private property]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2018;(9):33-36. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35606947>
5. Chernyaev A. A., Zavorotin E. F. *Zemel'nyy vopros: kogda zhe on razreshitsya?* [Land problem: when will it be resolved?]. *Ekonomika sel'skokhozyaystvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatiy = Economy of agricultural and processing enterprises*. 2014;(11):8-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22565304>
6. *Prodovol'stvennyy rynek regionov Rossii: novyy vektor razvitiya*. [Food market of Russian regions: a new vector of development]. *Pod obshch. red. Yu. G. Lavrikovoy, V. P. Neganovoy*. Ekaterinburg: Ural'skoe otdelenie RAN, 2018. 776 p.
7. Komov N. V. *Zemlya Rossii – eto territoriya gosudarstva i samoe glavnoe bogatstvo naroda*. [Russian Land is the territory of the state and the most important wealth of people]. *Ekonomika i ekologiya territorial'nykh obrazovaniy = Economy and ecology of territorial formations*. 2019;3(1):6-14. DOI: <https://doi.org/10.23947/2413-1474-2019-3-1-6-14>
8. Petrikov A. V. *Zemlepol'zovanie razlichnykh kategoriy khozyaystv po rezul'tatam Vserossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy perepisi 2016 goda i sovershenstvovanie zemel'noy politiki*. [Land use of various categories of farms by results of the All-russian agricultural census of 2016 and improvement of land policy]. *APK: Ekonomika, upravlenie*. 2018;(11):23-35. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36587504>
9. Bukhtoyarov N. I. *Effektivnost' ispol'zovaniya zemel'nykh resursov v regione*. [Efficiency of use of land resources in the region]. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii*. 2019;(1):13-19. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32651/191-13>
10. Polterovich V. M. *Institutsional'nye lovushki: est' li vykhod?* [Institutional traps and ways out]. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'*. 2004;(3):5-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17664394>
11. Uzun V. *U kogo segodnya zemlya, nikto ne znaet*. [No one knows who owns the land today]. *Agrarnoe obozrenie*. 2012;3(31). (In Russ.) URL: <http://agroobzor.ru/downloads/zemlya-3-2012.pdf>
12. Lipski S. A. *Problemy вовлечения земельных долей в хозяйство*. [The development of mechanism for the removal of unused agricultural land]. *Moskovskiy ekonomicheskii zhurnal = Moscow journal*. 2017;(4):99. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2413-046X-2017-10016>
13. Nazarenko V. I., Shmelev G. I. *Zemel'nye otnosheniya i rynek zemli*. [Land relations and land market]. Moscow: *Pamyatniki istoricheskoy mysli*, 2005. 292 p.
14. Polterovich V. M. *Privatizatsiya i ratsional'naya struktura sobstvennosti. Chast' 2. Ratsionalizatsiya struktury sobstvennosti*. [Privatization and the rational ownership structure. Part 2. Rationalizing the ownership

structure]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoy Rossii* = Economics of Contemporary Russia. 2013;1(60):7-24. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18905014>

15. Kleyner G. *Ustoychivost' rossiyskoy ekonomiki v zerkale sistemnoy ekonomicheskoy teorii. Ch. 2.* [Sustainability of Russian economy in the mirror of the system economic theory (part 2)]. *Voprosy ekonomiki*. 2016;(1):117-138. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25257709>

16. Buga Z. K., Kostyaev A. I., Mitskevich A. A. *Otsenka effektivnosti i prioritetrov razvitiya APK.* [Assessment of the efficiency and development priorities of the agro-industrial complex]. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 1993;(4):16-17.

17. Bukhtoyarov N. I. *Mekhanizm regulirovaniya zemel'nykh otnosheniy v agrarnoy sfere: tendentsii, napravleniya, effektivnost': monografiya.* [The mechanism for regulating land relations in the agricultural sector: trends, directions, efficiency: monograph]. Orel: *Orlovskiy gosudarstvennyy agrarnyy universitet imeni N. V. Parakhina*, 2019. 227 p.

#### **Сведения об авторах**

✉ **Никонова Галина Николаевна**, доктор экон. наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», ш. Подбельского, д. 7, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация, 196608, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com),

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7605-0237>, e-mail: [galekos@yandex.ru](mailto:galekos@yandex.ru)

**Джабраилова Барият Сагитовна**, кандидат экон. наук, старший научный сотрудник, Институт аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», ш. Подбельского, д. 7, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация, 196608, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3345-8811>, e-mail: [barsa70@list.ru](mailto:barsa70@list.ru)

**Никонов Алексей Григорьевич**, научный сотрудник, Институт аграрной экономики и развития сельских территорий ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», ш. Подбельского, д. 7, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация, 196608, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1700-6463>, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com)

#### **Information about the authors**

✉ **Galina N. Nikonova**, DSc in Economics, professor, corresponding member of RAS, chief researcher, the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), Highway Podbelskogo, 7, St. Petersburg, Russian Federation, 196608, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7605-0237>, e-mail: [galekos@yandex.ru](mailto:galekos@yandex.ru)

**Bariat S. Dzhabrailova**, PhD in Economics, senior researcher, the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), Highway Podbelskogo, 7, St. Petersburg, Russian Federation, 196608, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com),

**ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-3345-8811>, e-mail: [barsa70@list.ru](mailto:barsa70@list.ru)

**Alexey G. Nikonov**, researcher, the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), Highway Podbelskogo, 7, St. Petersburg, Russian Federation, 196608, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com), **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-1700-6463>, e-mail: [szniesh@gmail.com](mailto:szniesh@gmail.com)

✉ – Для контактов / Corresponding author

