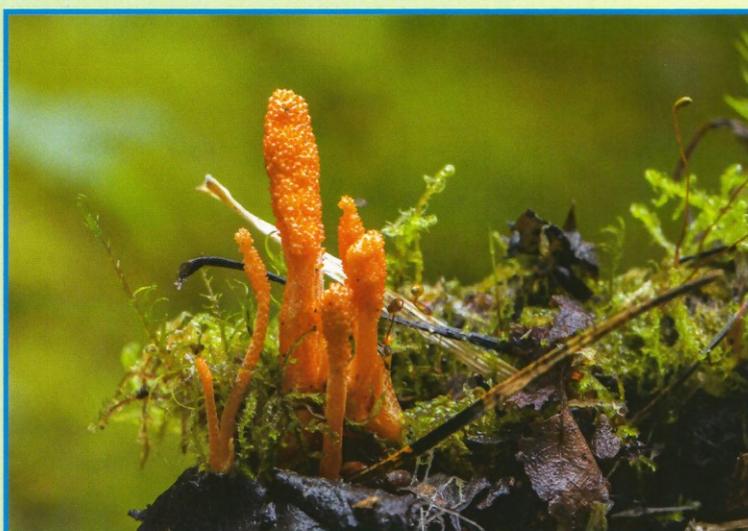
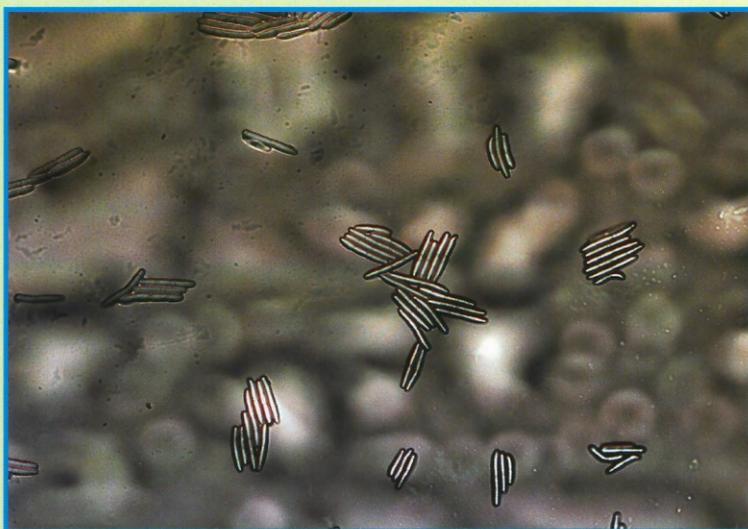
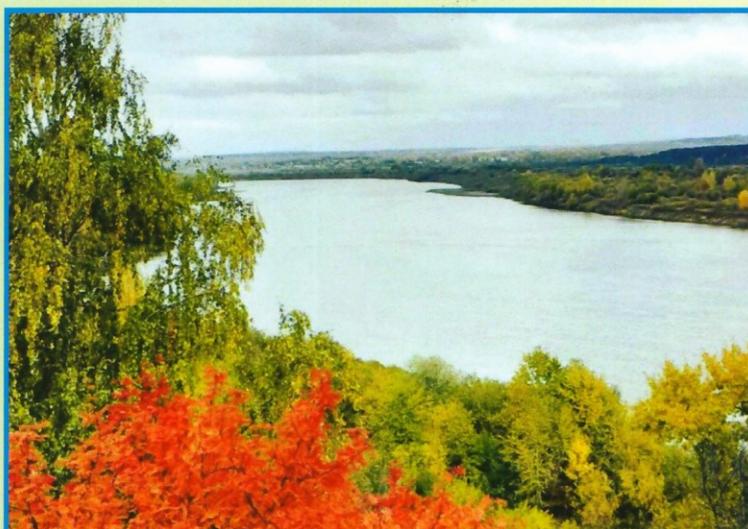


ISSN 2072-9081 (print)
ISSN 2500-1396 (online)

Аграрная наука Евро-Северо-Востока

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

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



Том 22
№ 5
2021

Vol. 22
No. 5
2021

© 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. Сельскохозяйственная микробиология и микология. 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,
Шемуранова Наталья Александровна – к.с.-х.н., зав. лабораторией кормления сельскохозяйственных животных, старший научный сотрудник ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Редакционный совет

Андреев Николай Руфеевич

д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмалопродуктов, г. Москва, Россия

Багров 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., директор 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

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, ВИНТИ, 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/>;
ЭНЦХБ:

<http://www.cnsb.ru/elbib.shtm>;
CYBERLENINKA:

<https://cyberleninka.ru/>;
журнала:

<http://www.agronauka-sv.ru>

Оформить подписку можно на сайте "Объединенного каталога "Пресса России" www.ppressa-rf.ru по подписному индексу 58391, а также подписаться через интернет-магазин «Пресса по подписке» <https://www.akc.ru>

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

E-mail:
agronauka-esv@fanc-sv.ru

Техническая редакция,
верстка И. В. Кодочигова

Макет обложки
Н. Н. Соболева

На первой странице обложки:
второе фото и третье фото
сверху (*Cordyceps militaris*)
А. Широких

На 4-й странице обложки фото
В. Малишевского

Подписано к печати
22.10.2021.

Дата выхода в свет
09.11.2021.

Формат 60x84^{1/8}.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 19,53.

Тираж 100 экз. Заказ 20.
Свободная цена

Отпечатано с оригинал-макета

Адрес типографии:

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

Самоделкин
Александр
Геннадьевич

Сисягин
Павел Николаевич

Титова
Вера Ивановна

Токарев
Антон Николаевич

Урбан
Эрома Петрович

Цой
Юрий Алексеевич
Широких
Ирина Геннадьевна

Щенникова
Ирина Николаевна

Changzhong Ren

Ivanovs Semjons

Marczuk Andrzej

Náhlík András

Poutanen Kaisa

Romaniuk Wazlaw

Yu Li

Алешкин Алексей
Владимирович

Брандорф
Анна Зиновьевна

Бурков Александр
Иванович

Егошина Татьяна
Леонидовна

Ивановский
Александр
Александрович

Козлова Людмила
Михайловна

Костенко Ольга
Владимировна

Рябова Ольга
Вениаминовна

Савельев Александр
Павлович

Товстик Евгения
Владимировна

Филатов
Андрей Викторович

Шешегова
Татьяна Кузьмовна

Юнусов Губейдулла
Сибяттулович

д.б.н., профессор, заслуженный ветеринарный врач РФ, Почетный работник высшего профессионального образования РФ, руководитель аграрно-экологического направления АНО «Нижегородский научно-образовательный центр», г. Нижний Новгород, Россия

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

д.т.н., профессор, Технолог-природоведческий институт, г. Варшава, Польша

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

Редакционная коллегия

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

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

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

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

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

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

к.э.н., доцент, проректор по экономике и инновациям Вятского государственного агротехнологического университета, г. Киров, Россия

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

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

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

д.в.н., профессор кафедры экологии и зоологии Вятского государственного агротехнологического университета, г. Киров, Россия

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

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

© 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 – publica-
tion 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 agro-
ecosystems 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. Agricultural Microbiology and Mycology. 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,
Natalia A. Shemuranova, Cand. of Sci. (Agricultural), Head of the Laboratory of Feeding Farm Animals, senior researcher, FARC North-East, Kirov, Russia

Editorial council

- Nikolay R. Andreev** Dr. of Sci. (Engineering), corresponding member of RAS, academic advisor of the All-Russia scientific research institute of Starch Products, Moscow, Russia
- Vugar A. Bagirov** 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
- Galina A. Batalova** 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
- Alexander M. Guryanov** Dr. of Sci. (Agricultural), professor, director of Mordovia Agricultural Research Institute – Branch of FARC North-East, Saransk, Russia
- Svetlana V. Degteva** Dr. of Sci. (Biology), the director of Institute of biology of Komi Scientific Center of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia
- Eduard D. Dzhavadov** 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
- Igor A. Domskiy** 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
- Sergey P. Eremin** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Head of the Department of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Dmitriy A. Ivanov** Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russia
- Petr P. Kazakevich** 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
- Vladimir M. Kosolapov** Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the director of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, Moscow, Russia
- Aleksandr I. Kostjaev** 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
- Ivan M. Kulikov** Dr. of Sci. (Economics) professor, academician of RAS, director of the All-Russia Selection and Technology Institute of Horticulture and Nursery, Moscow, Russia
- Andrei V. Lednev** 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
- Galina N. Nikonova** 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
- Yulia V. Pashkina** Dr. of Sci. (Veterinary), professor, Honorary worker of higher vocational education of the Russian Federation, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Nizhny Novgorod, Russia
- Ivan V. Savchenko** Dr. of Sci. (Biology), the professor, academician of RAS, chief researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia
- Alexander G. Samodelkin** Dr. of Sci. (Biology), professor, Honored Veterinarian of the Russian Federation, Honorary Worker of Higher Vocational Education of the Russian Federation, Head of the agricultural and Environmental direction of the Nizhny Novgorod SEC, 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

One can subscribe for the print edition of the journal «Agricultural Science Euro-North-East» at the site of the Union catalogue «Press of Russia» www.pressa-rr.ru by the index 58391 or via the Internet shop "Pressa po Podpiske (Press by subscription)" <https://www.akc.ru>

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

E-mail: agronauka-esv@fanc-sv.ru

Technical edition, layout
Irina V. Kodochigova

Cover layout
Natalia N. Soboleva

On the first page of the cover:
the second photo and the third photo
on the top (*Cordyceps militaris*)
are by A. Shirokikh

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

Passed for printing
22.10.2021 r.

Date of publication
09.11.2021.

Format 60x84^{1/8}. Offset paper.
Cond. pecs. l. 19,53.
Circulation 100 copies. Order 20.
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. Shirokikh	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
Anna S. Brandorf	Dr. of Sci. (Agricultural), the director of the Federal Research Center for Beekeeping, Rybnoc, 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, Pro-Rector for Economy, The Vyatka State Agrotechnological University, 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, The Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia
Tatyana K. Sheshgova	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

Г. Ю. Рабинович, Н. А. Любимова

Биосинтез наночастиц металлов и оксидов металлов и их использование в качестве компонентов удобрений и препаратов для растениеводства (обзор литературы)..... 627

А. А. Широких, И. Г. Широких

К вопросу об охране грибов..... 641

РАСТЕНИЕВОДСТВО

О. С. Амунова, Л. В. Волкова, Е. В. Зуев, А. В. Харина

Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области..... 661

В. Г. Дарханова, Н. С. Строева, И. В. Воронов, Г. В. Филиппова

Экологическое испытание оздоровленных *in vitro* сортов картофеля в условиях Центральной Якутии..... 676

Е. Н. Сомова, М. Г. Маркова, Е. А. Власевская

Получение микроклубней картофеля на основе оптимизации условий культивирования *in vitro*..... 682

Г. Н. Табаленкова, Е. В. Силина, О. В. Дымова, И. В. Далькэ, Т. К. Головки

Формирование урожая и качество зеленой массы кукурузы в условиях центрального агроклиматического района Республики Коми..... 689

В. В. Леонтьева

Создание нового сорта хмеля методом клонового отбора..... 698

О. А. Тимошкин, О. Ю. Тимошкина, Е. В. Тимощук

Оценка травосмесей газонного типа в условиях лесостепи Среднего Поволжья..... 706

М. Т. Упадышев, Т. А. Тумаева, А. А. Борисова, Н. В. Андропова, А. А. Петрова, Е. А. Туть

Особенности формирования полевого репозитория земляники садовой..... 715

М. А. Подгаецкий, С. Н. Евдокименко

Новый исходный материал для совершенствования сортимента малины в Центральном регионе России..... 725

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

А. А. Артемьев, А. М. Гурьянов, М. П. Капитанов, А. А. Пронин

Влияние срока сева и минерального питания на продуктивность однолетних травосмесей..... 735

ЗООТЕХНИЯ

Н. А. Шемуранова, Н. А. Гарифуллина

Репродуктивная функция и молочная продуктивность коров при применении Ламарин Saldonum 745

С. С. Монгуш

Сравнительная оценка хозяйственно полезных признаков полугрубшерстных и грубошерстных овец в Республике Тыва..... 754

ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

О. А. Бурова, О. И. Захарова, Н. Н. Торопова, Н. А. Гладкова, А. А. Блохин

Эффективность методов отлова насекомых – векторов-переносчиков трансмиссивных болезней животных и их видовой состав..... 761

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, Е. А. Никитин, И. А. Кирюшин

Применение систем технического зрения для диагностики качества кормов КРС..... 770

ЭКОНОМИКА

Н. Н. Семенова, А. Ю. Аверин

Проблемы и направления совершенствования страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений от рисков наступления чрезвычайных ситуаций природного характера..... 777

ХРОНИКА

Памяти ученого-руководителя: Фадеев Анатолий Павлович..... 787

CONTENTS

REVIEWS

- Galina Yu. Rabinovich, Nadezhda A. Lyubimova*
Biosynthesis of metal nanoparticles and metal oxides and their use as components of fertilizers and preparations for plant growing (literature review)..... 627
- Alexander A. Shirokikh, Irina G. Shirokikh*
On the conservation of fungi..... 641

PLANT GROWING

- Oksana S. Amunova, Lyudmila V. Volkova, Evgeniy V. Zuev, Anastasiya V. Kharina*
Source for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Kirov region..... 661
- Valentina G. Darkhanova, Natalya S. Stroeva, Ivan V. Voronov, Galina V. Filippova*
Environmental test of improved in vitro potato varieties in the conditions of Central Yakutia..... 676
- Elena N. Somova, Marina G. Markova, Elena A. Vlasevskaya*
The obtaining potato microtubers on the basis of optimization of *in vitro* cultivation conditions..... 682
- Galina N. Tabalenkova, Ekaterina V. Silina, Olga V. Dymova, Igor V. Dalke, Tamara K. Golovko*
Crop formation and green mass quality of maize under the conditions of central agroclimatic region of Komi Republic..... 689
- Valentina V. Leontieva*
Creating a new variety of hop by clone selection method..... 698
- Oleg A. Timoshkin, Olga Yu. Timoshkina, Elena V. Timoshchuk*
Evaluation of grass mixtures of a lawn type in the conditions of forest-steppe of the Middle Volga region 706
- Mikhail T. Upadyshev, Tatyana A. Tumaeva, Antonina A. Borisova, Nataliya V. Andronova, Anna D. Petrova, Evgeniya A. Tut'*
Features of the strawberry field repository formation..... 715
- Maxim A. Podgaetskiy, Sergey N. Evdokimenko*
New source material for improving raspberry assortment in the Central region of Russia..... 725

FODDER PRODUCTION

- Andrey A. Artemyev, Alexander M. Guryanov, Michael P. Kapitanov, Alexey A. Pronin*
Influence of the sowing time and mineral fertilizers on the productivity of annual grass mixtures..... 735

ZOOTECHNY

- Natalia A. Shemuranova, Natalia A. Garifullina*
Reproductive function and dairy productivity of cows when applying Lamarin Saldonum..... 745
- Songukchu S. Mongush*
Comparative assessment of economically valuable traits of semi-coarse hair and coarse-hair sheep in Republic of Tuva..... 754

VETERINARY MEDICINE

- Olga A. Burova, Olga I. Zakharova, Nadezhda N. Toropova, Nadezhda A. Gladkova, Andrey A. Blokhin*
The efficiency of methods for catching insects – vectors of vector-borne diseases of animals and their species composition..... 761

MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

- Vladimir V. Kirsanov, Dmitry Yu. Pavkin, Evgeniy A. Nikitin, Ivan A. Kiryushin*
Application of technical vision systems for diagnosing the quality of cattle feed..... 770

ECONOMY

- Nadezhda N. Semenova, Anton Y. Averin*
Problems and directions of improving the insurance of agricultural crops and plantings of perennial plantations against the risks of natural emergencies..... 777

CHRONCLE

- In memory of the scientific advisor: Fadeev Anatoly Pavlovich..... 787

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.627-640>
УДК 542.06:631.8



Биосинтез наночастиц металлов и оксидов металлов и их использование в качестве компонентов удобрений и препаратов для растениеводства (обзор литературы)

© 2021. Г. Ю. Рабинович, Н. А. Любимова

ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Москва, Российская Федерация

Перспективным направлением в сельском хозяйстве является использование наночастиц металлов в качестве наноудобрений, которые позволяют повысить урожайность сельскохозяйственных культур и при этом минимизировать частоту применения удобрений за счет долгосрочного высвобождения питательных веществ. Одним из наиболее безопасных с экологической точки зрения и дешевых способов синтеза наночастиц металлов является биосинтез с использованием растительных экстрактов. В процессе окислительно-восстановительной реакции белки, углеводы, органические кислоты, фенолы и другие метаболиты способны передавать электроны катионам металлов, восстанавливая их заряд до нулевого в нанометровом масштабе. В данной статье на основе публикаций по изучаемому вопросу исследователей из Соединенных Штатов Америки, стран Европы и Ближнего Востока, Китая и Индии описан биосинтез наночастиц оксида цинка, меди и оксида меди, железа и оксида железа, а также марганца и оксида марганца с использованием растительных экстрактов, и представлены данные по использованию указанных металлов и их оксидов в качестве наноудобрений и препаратов для растениеводства. Показано, что использование наночастиц металлов и их оксидов в качестве удобрений более эффективно по сравнению с обычными соединениями, используемыми в качестве удобрений. Вероятно, это связано с тем, что наночастицам легче проникнуть через растительную мембрану, а также перейти в доступную для растений форму по сравнению с обычными аналогами. Положительный эффект влияния наночастиц на растения выражен в удлинении корней и побегов модельных растений и увеличении биомассы проростков. Кроме того, в листьях увеличивается количество антиоксидантных ферментов, что позволяет повысить стрессоустойчивость растений.

Ключевые слова: растительные экстракты, биосинтез наночастиц, железо, медь, марганец, цинк, наноудобрение

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева» (тема № 0651-2019-0007).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Рабинович Г. Ю., Любимова Н. А. Биосинтез наночастиц металлов и оксидов металлов их использование в качестве компонентов удобрений и препаратов для растениеводства: обзор литературы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(5):627-640. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.627-640>

Поступила: 27.05.2021 Принята к публикации: 30.08.2021 Опубликовано онлайн: 27.10.2021

Biosynthesis of metal nanoparticles and metal oxides and their use as components of fertilizers and preparations for plant growing (literature review)

© 2021. Galina Yu. Rabinovich, Nadezhda A. Lyubimova

Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Moscow, Russian Federation

A promising direction in agriculture is the use of metal nanoparticles as nanofertilizers, which can increase the yield of agricultural crops and, at the same time, minimize the frequency of fertilization due to the long-term release of nutrients. One of the environmentally safest and cheapest methods of synthesizing metal nanoparticles is biosynthesis using plant extracts. During the redox reaction, proteins, carbohydrates, organic acids, phenols and other metabolites are able to transfer electrons to metal cations, restoring their charge to zero on the nanometer scale. This article, based on publications on the issue under study by authors from the United States of America, Europe and the Middle East, China and India, describes the biosynthesis of nanoparticles of zinc oxide, copper and copper oxide, iron and iron oxide, as well as manganese and manganese oxide using the formation of plant extracts, and data on the use of these metals and their oxides as nanofertilizers and preparations for plant growing are presented. It has been shown that the use of metal nanoparticles and their oxides as fertilizers is more effective than conventional compounds used as fertilizers. This is probably due to the fact that it is easier for nanoparticles to penetrate through the plant membrane, as well as to pass into a form accessible to plants in comparison with

conventional analogs. The positive effect of the influence of nanoparticles on plants is expressed in the elongation of the roots and shoots of model plants and an increase in the biomass of seedlings. In addition, the amount of chlorophyll in the leaves increases, and some biochemical processes also change, for example, the amount of antioxidant enzymes increases, which makes it possible to increase the stress resistance of plants.

Key words: *plant extracts, biosynthesis of nanoparticles, iron, copper, manganese, zinc, nanofertilizer*

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 FRC V. V. Dokuchaev Soil Science Institute (theme No. 0651-2019-0007). 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: Rabinovich G. Yu., Lyubimova N. A. Biosynthesis of metal nanoparticles and metal oxides and their use as components of fertilizers and preparations for plant growing: literature review. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(5):627-640. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.627-640>

Received: 27.05.2021 Accepted for publication: 30.08.2021 Published online: 27.10.2021

В контексте устойчивого сельского хозяйства применение инновационных нанотехнологий, включая разработку удобрений, рассматривается как перспективное направление. В связи с этим в настоящее время по всему миру проводятся исследования, направленные на разработку наноудобрений, позволяющих повысить урожайность сельскохозяйственных культур, и при этом минимизировать вред агрохимикатов в отношении окружающей среды [1].

Существует три основных типа наноудобрений: наноразмерные удобрения (синтезированные наночастицы, в том числе наночастицы металлов и оксидов металлов), наноразмерные добавки (объемные продукты с наноразмерными добавками) и наноразмерные покрытия или материалы-хозяева (продукт, покрытый нанополимером или загруженный наночастицами) [2].

В отличие от традиционных при использовании удобрений с наночастицами высвобождение питательных веществ в почву происходит постепенно, что в свою очередь приводит к повышению эффективности элементов и сокращению частоты внесения удобрений, а также к снижению загрязненности почвы и негативных эффектов, вызванных чрезмерным потреблением удобрений [3]. Кроме того, использование наноудобрений сокращает расходы на транспортировку и внесение. Еще одним преимуществом использования наноудобрений является то, что они могут быть синтезированы в соответствии с потребностями в питательных веществах предполагаемых культур. Наноудобрения увеличивают биодоступность питательных веществ за счет их высокой удельной поверхности, маленьких размеров и высокой реакционной способности. С другой стороны, обеспечивая сбалансированное питание, наноудобрения позволяют растениям бороться с различными биотиче-

скими и абиотическими стрессами с общими очевидными преимуществами [4].

Для синтеза наночастиц металлов используются различные методы, которые подразделяются на две основные группы – это методы «снизу вверх» и «сверху вниз». В методах «сверху вниз» исходный материал объемный, а наночастицы формируются за счет физических, химических и механических процессов, тогда как в методах «снизу вверх», наоборот, исходным материалом являются атомы или молекулы. К методам «сверху вниз» относятся механическое фрезерование (используется высокоэнергетическая шаровая мельница, механохимический синтез), термическая и лазерная абляция (лазерное облучение используется для уменьшения размера частиц до наноуровня), а также ионное распыление (метод включает испарение твердого тела путем распыления пучком ионов инертного газа). Методы «снизу вверх» в свою очередь делятся на твердотельные (методы физического и химического осаждения из паровой фазы), методы синтеза в жидком состоянии (золь-гель метод, химическое восстановление, гидротермальный и сольво-термический методы), газофазные методы (спрей-пиролиз, лазерный и пламенный пиролиз) и методы зеленого синтеза (используются бактерии, грибы, растения и экстракты растений) [5]. С другой стороны, методы синтеза наночастиц можно разделить на три большие группы: физические, химические и биологические. В биологических методах, которые также называют методами биовосстановления, биосинтеза или зеленого синтеза, для синтеза наночастиц металлов и оксидов металлов используют биологические системы, такие как бактерии, грибы, вирусы, дрожжи, актиномицеты и растения. При этом биологические методы условно можно разделить на три

категории: биогенный синтез с использованием микроорганизмов, биогенный синтез с использованием биомолекул в качестве матриц и биогенный синтез с использованием растительных экстрактов [6].

По своей сути зеленый синтез наночастиц металлов является окислительно-восстановительной реакцией, в которой клеточные и внеклеточные компоненты, такие как белки, углеводы, органические кислоты, фенолы и другие метаболиты способны передавать электроны катионам металлов, восстанавливая их заряд до нулевого в нанометровом масштабе. Функциональными группами, участвующими в синтезе наночастиц, являются альдегидные и кетогруппы, аминогруппы, карбоксильная, гидроксильная и сульфгидрильные группы, так что практически любое биологическое соединение, содержащее эти группы, можно использовать для преобразования ионов металлов в наночастицы [7].

Среди факторов, влияющих на синтез различных частиц, наиболее значимым является температура, которая влияет на размер и форму наночастиц, а также на скорость синтеза (с увеличением температуры возрастает скорость реакции и формирование зародышевых центров). Наряду с температурой время реакции также существенно влияет на морфологию наночастиц, а именно с увеличением времени реакции их размер увеличивается. Кроме температуры, важную роль в формировании наночастиц играет уровень pH, с помощью которого можно регулировать образование зародышевых центров (чем выше pH тем больше зародышевых центров) [8].

Синтез наночастиц с использованием растительных экстрактов условно можно разделить на три фазы: активации, роста и завершения. Фаза активации является начальной стадией, в которой ионы металлов извлекаются из прекурсора под действием растительных метаболитов – биомолекул, обладающих восстановительной способностью. При этом ионы металлов восстанавливаются до нульвалентного состояния, и происходит зародышеобразование из восстановленных атомов металла. В фазу роста формируются наночастицы различной морфологии, тогда как в фазу завершения полученные частицы стабилизируются метаболитами растений и становятся максимально активными [9].

В настоящее время во Всероссийском НИИ мелиорируемых земель разрабатывается

и исследуется как в лабораторных условиях, так и в полевом мелкоделяночном опыте биопрепарат, содержащий в своем составе наночастицы меди, марганца, цинка и железа – важных микроэлементов, участвующих в различных биохимических процессах. В связи с этим изучение иностранной литературы по данной тематике является для нас весьма актуальным.

Цель обзора – рассмотреть методы биосинтеза наночастиц металлов и их оксидов (цинк, медь, марганец и железо) с использованием растительных экстрактов, а также перспективы их использования в качестве удобрений и препаратов для растениеводства и их влияние на растительный организм.

Материал и методы. В обзоре представлены научные публикации по изучаемому вопросу авторов из Европы, Соединенных Штатов Америки, стран Ближнего Востока, Китая и Индии. Для отбора научных статей провели поиск источников по ключевым словам (plant extracts, biosynthesis of nanoparticles, iron, copper, manganese, zinc, nanofertilizer) в поисковой системе Google Scholar, а также через сайт Американского химического общества (pubs.acs.org) и сайт, принадлежащий издательству Elsevier (www.sciencedirect.com). Для обзора были выбраны статьи, опубликованные в 2013-2020 годах, однако большее внимание уделялось статьям за последние три года.

Основная часть. *Получение и применение наночастиц оксида цинка в растениеводстве.* Цинк (Zn) – один из основных микроэлементов, необходимых для роста и развития растений. Он обеспечивает каталитическую активность различных метаболических ферментов, включая дегидрогеназы, альдолазы, изомеразы, трансфосфорилазы, РНК- и ДНК-полимеразы. Участвует в синтезе триптофана, делении клеток, поддержании структуры и потенциала мембран, фотосинтезе и в синтезе белка. Биологически синтезированные наночастицы оксида цинка (ZnO) быстро транспортируются в растения и включаются в метаболические процессы. С другой стороны, наночастицы ZnO могут служить важными питательными микроэлементами для роста и развития растений, а также выступать в качестве альтернативного наноудобрения по сравнению с обычными химическими удобрениями для эффективного использования питательных веществ растениями [10].

Важно, что способ синтеза наночастиц ZnO (ультразвуковой, влажно-химический и гидротермальный) влияет на их размер и форму. Так было показано, что в процессе биосинтеза наночастиц с использованием экстракта коры арджуны (*Terminalia arjuna*) при обработке ультразвуком, влажно-химическом и гидротермальном воздействии средний размер наночастиц составил 43, 34 и 21 нм соответственно. Анализ удельной площади поверхности образцов показал, что при использовании гидротермального метода формируются наночастицы ZnO с большей площадью поверхности ($217 \text{ м}^2/\text{г}$), чем при влажно-химическом методе и использовании ультразвука (191 и $198 \text{ м}^2/\text{г}$ соответственно). Изображения подготовленных наночастиц, полученные с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), показали, что при обработке ультразвуком и влажно-химическом методе форма частиц близка к сферической. Однако наночастицы ZnO, полученные гидротермальным способом, показывали иерархическую сферическую сверхструктуру, которая формируется из-за послойного осаждения более мелких наночастиц [11].

На размер и морфологию получаемых наночастиц также может повлиять способ получения экстракта. Так, при использовании экстракта, полученного выдерживанием порошка листьев габитуса (*Suaeda aegyptiaca*) в бидистиллированной воде в течение 48 часов в темноте, происходило формирование крупных и неоднородных агломератов наночастиц ZnO. Тогда как при использовании экстракта того же растения, обработанного микроволнами (мощность волн 270 Вт) вместо выдержки в темноте, получали наночастицы сферической формы от 40 до 76 нм [12].

Наночастицы оксида цинка были синтезированы с использованием 1 М раствора нитрата цинка и экстракта из корня кодонopsis ланцетного (*Codonopsis lanceolata*), в химический состав которого включены различные химически активные танины, сапонины, полифенолы, алкалоиды, эфирные масла и стероиды. Согласно данным просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ), в результате синтеза сформировались частицы размером около 500 нм с цветочной структурой [13].

В работе [14] для получения наночастиц ZnO использовали экстракт листьев кустарника *C. zeylanica* и 0,2 М раствор ацетата цинка. По данным СЭМ, в результате синтеза форми-

руются наночастицы ZnO со средним размером 28-30 нм.

W. Ahmad, D. Kalra [15] синтезировали наночастицы оксида цинка размером от 20 до 25 нм с использованием экстракта листьев молочая *Euphorbia hirta* и нитрата цинка. Цвет раствора получили бело-желтым, что свидетельствовало о формировании наночастиц ZnO. Кроме того, для получения наночастиц потребовалось дополнительное прокалывание осадка в муфельной печи при $400 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение двух часов.

K. Elumalai с соавт. [16] синтезировали наночастицы ZnO с использованием экстракта листьев тамаринда индийского (*Tamarindus indica*) и гексагидрата нитрата цинка, смесь которых кипятили до образования пасты темно-желтого цвета. Затем пасту переносили в керамический тигель и нагревали в печи при $400 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение трех часов, что привело к образованию порошка светло-желтого цвета. В результате были получены сферические наночастицы ZnO размером от 16 до 31 нм. При этом средний размер частиц составил 21 нм.

Для получения наночастиц ZnO в качестве восстановителя использовали экстракт семян тмина, который смешивали с нитратом цинка концентрацией 0,001 М (10 мл экстракта и 90 мл нитрата). Согласно полученным микрофотографиям, синтезированные при оптимальном pH 8,7 наночастицы в основном имели сферическую и овальную форму с размерами от 3 до 29 нм и средним диаметром около 7 нм [17]. Наночастицы ZnO сферической формы со средним диаметром 70 нм синтезировали, используя в качестве восстановителя экстракт пассифлоры голубой (*Passiflora caerulea* L.) и 0,001 М раствор ацетата цинка. О синтезе наночастиц свидетельствовало появление желтой окраски раствора и появление осадка [18].

В работе [19] описан биосинтез наночастиц ZnO сферической формы и размером от 25 до 40 нм из экстракта кожуры рамбутана (*Nephelium lappaceum* L.), который по каплям добавляли к 0,1 М водному раствору гексагидрата нитрата цинка. В данном случае для получения чистых наночастиц ZnO также потребовалось прокалывание сухого осадка в муфельной печи при $450 \text{ }^\circ\text{C}$.

В работе [20] синтезировали наночастицы ZnO размером от 1 до 7 нм с использованием 0,001 М раствора нитрата цинка и фильтрата, полученного инкубацией гриба *Aspergillus fumigatus* TFR-8, выращенного поверхностным

жидкофазным методом в водном растворе, и исследовали их влияние на фосфат-мобилизующие ферменты в ризосфере и на содержание камеди в зернах горохового дерева (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). В результате было обнаружено, что при опрыскивании вегетирующих растений наночастицами ZnO в концентрации 10 мг/л через две недели после всходов в 1,3 раза увеличилась длина побега и в 1,6 раза длина корня растения, тогда как сухая биомасса возросла в 2,4 раза по сравнению с контролем. При этом содержание хлорофилла, общего растворимого белка листьев и фосфора в растении увеличилось на 276, 27 и 11 % соответственно по сравнению с контролем. Представленные в данной работе результаты свидетельствовали, что популяция ризосферных микроорганизмов увеличилась на 12-14 % за счет применения наночастиц ZnO. Кроме того, в ризосфере образца, обработанного наночастицами ZnO, по сравнению с контролем повысилась активность фитазы в 1,7 раза, кислой и щелочной фосфатазы в 1,7 и 1,5 раза соответственно. Отмечалось, что содержание камеди и ее вязкость в семенях растений, опрыскиваемых наночастицами ZnO, были выше, чем в контроле (содержание камеди в опытном и контрольном образцах составило 31 и 29 % соответственно, а показатель вязкости фиксировался на уровне 3126 и 3030 мПа·с).

Сферические наночастицы ZnO, средний размер которых составлял 11 нм, были синтезированы *in vitro* с использованием фермента альфа-амилазы, а их влияние на растения было изучено на примере культуры *Brassica juncea* (горчица сарептская). Было обнаружено, что максимальная скорость прорастания семян горчицы (80 ± 2 %) наблюдалась при их обработке наночастицами концентрацией 20 мкг/мл, тогда как повышение концентрации ZnO на 10 мкг/мл привело к снижению скорости прорастания до 53 ± 1 %, что существенно ниже, чем в контроле (73 ± 2 %). При этом длина корня и побега были больше у растений, обработанных наночастицами ZnO концентрацией 20 мкг/мл, по сравнению с контролем, а наименьшую длину побега наблюдали у растений, обработанных наночастицами ZnO концентрацией 30 мкг/мл. Таким образом, наночастицы ZnO концентрацией 20 мкг/мл могут быть использованы в качестве нанодобровений [21].

В исследовании E. Yusefi-Tanha с соавт. [22] сравнивалось влияние наночастиц ZnO различной морфологии и размера (сферические размером 38 нм, цветочкоподобные (59 нм) и стержнеобразные (500 нм)) на продуктивность и качество растений сои. Было обнаружено, что при дозе наночастиц ZnO 160 мг Zn/кг почвы максимальный урожай семян (25 г с одного растения) был получен при использовании сферических наночастиц размером 38 нм. Увеличение дозы ZnO до 400 мг/кг почвы приводило к снижению выхода семян. При этом с увеличением концентрации наночастиц от 40 до 160 мг Zn/кг почвы наблюдалось линейное снижение содержания перекиси водорода и малонового диальдегида независимо от формы и размера частиц, что предполагает защитное действие наночастиц, используемых в малых концентрациях. Также наночастицы ZnO в диапазоне концентраций от 40 до 160 мг Zn/кг почвы повлияли на активность супероксиддисмутазы, каталазы и пероксидазы в листьях сои: при увеличении концентрации активность этих антиоксидантных ферментов значительно снижалась независимо от формы и размера частиц. Тогда как при концентрации ZnO 400 мг Zn/кг почвы активность этих ферментов значительно увеличивалась для всех соединений Zn, за исключением обработки наночастицами ZnO в форме стержня размером 500 нм, которая не показала значительной разницы в активности ферментов по сравнению с контролем [22].

В исследовании [23] наночастицы оксида цинка были синтезированы с использованием богатой сапонином фракции водного экстракта эклипты белой (*Eclipta alba*), и изучено их влияние на рост растений жемчужного проса. В лабораторных и тепличных условиях обработка семян синтезированными наночастицами значительно улучшила их всхожесть и жизнеспособность, высоту растений, сырую и сухую массу проростков. Наночастицы ZnO концентрацией 50 ppm применяли для обработки семян и опрыскивания листьев, что привело к снижению заболеваемости проса ложной мучнистой росой на 35 % по сравнению с необработанным контролем. Проростки, обработанные наночастицами ZnO, показали высокую лигнификацию и отложение каллозы при заражении ложной мучнистой росой. Анализ защитных ферментов показал, что обработка наночастицами значительно усилила активность пероксидазы, фенилalani-

наммиаклиазы, липоксигеназы и полифенолоксидазы по сравнению с необработанным контролем. Полученные результаты показали, что синтезированные наночастицы ZnO могут не только содействовать росту, но способны вызывать системную резистентность жемчужного проса против *S. graminicola* и могут быть эффективно использованы для борьбы с ложной мучнистой росой [23].

Влияние наночастиц ZnO и ZnSO₄ на листья озимой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) и качество зерна изучали в полевых условиях, при этом распределение и видовой состав Zn в зерне исследовали с помощью X-лучевой флуоресцентной микроскопии и рентгеновской абсорбционной спектроскопии. Хотя ни одно из двух соединений Zn не улучшало урожай или качество зерна, оба повышали концентрацию Zn в зерне (средние приращения составляли 5 и 10 мг/кг при обработке ZnSO₄ и наночастицами ZnO соответственно). При всех обработках Zn в основном находился внутри алейронового слоя и снаружи эндосперма, хотя нанесение наночастиц ZnO также немного увеличивало содержание Zn в самом эндосперме. Было обнаружено, что Zn в зерне присутствует в виде фосфата Zn, и это не зависит от формы, которую использовали для его нанесения. Эти результаты показали, что внекорневая подкормка злаковых культур наночастицами ZnO может стать многообещающим подходом к биообогащению растений цинком, необходимому для улучшения здоровья человека [24].

Получение и применение наночастиц железа и оксида железа в растениеводстве. Железо (Fe) является важным питательным веществом, которое в незначительных количествах требуется растениям для поддержания правильного роста и развития. Недостаток или избыток железа приводит к нарушению основных метаболических и физиологических процессов растений, что сопровождается снижением урожайности. Следовательно, внесение Fe является обязательным для оптимизации урожайности сельскохозяйственных культур [3].

Y. Vitta с соавт. [7] синтезировали наночастицы железа с использованием водного экстракта эвкалипта (*Eucalyptus robusta* Sm.), листья которого содержат фенольные соединения, такие как сиригвая кислота, эпикатехин, кверцетин и галловая кислота, робустаол В, эвкалиптин и другие полифенолы. Для синтеза наночастиц железа использовали экстрак-

ты концентрацией 0,01 и 0,005 г/мл. Кроме того, варьировалась концентрация соли Мора (NH₄)₂Fe(SO₄)·6H₂O (0,1 М, 1 мМ и 5 мМ), а также соотношение экстракта и раствора соли (1:1, 2:1 и 1:2). Полученную смесь экстракта и соли обрабатывали ультразвуком при 40 °С в течение 30 минут. Об образовании наночастиц свидетельствовало появление в растворе черного цвета. Определение размера и морфологии наночастиц железа с использованием атомно-силовой микроскопии показало, что размер частиц увеличивается при возрастании концентрации экстракта и раствора соли Мора. Например, при концентрации прекурсора железа 1 мМ и концентрации экстракта 0,005 г/мл было замечено, что распределение наночастиц по размеру очень узкое (от 0,2 до 2,0 нм), со средним размером около 0,8 нм. Тогда как при более высоких концентрациях прекурсора полученные наночастицы железа склонны к агрегации [7].

При получении наночастиц железа (прекурсор – 0,001 М раствор FeCl₃) и меди (прекурсор – 0,001 М раствор CuSO₄) использовали экстракты листьев зеленого и черного чая. В процессе синтеза наночастиц наблюдалось изменение цвета растворов с желтого на черный (железо) и с синего на темно-коричневый (медь). Кроме того, в процессе синтеза рН раствора снизился с 5,12-5,16 до 2,88-3,65 ед. после восстановления. СЭМ-изображения показали, что синтезированные наночастицы железа и меди имеют агломерированные и сферические формы с диаметром в диапазоне 42-60 и 26-40 нм соответственно [25]. Однако наночастицы железа размером меньше 25 нм были приготовлены с использованием экстракта зеленого чая в качестве восстановителя и 0,1 М раствора нитрата железа в этиленгликоле, объемное соотношение которых было 1:2 [26].

Для получения наночастиц железа размером 12-23 нм использовали экстракт кожуры манго и 0,5 М раствор FeCl₃·6H₂O в объемном соотношении экстракта и раствора соли 3:1. При добавлении экстракта кожуры манго к раствору хлорида железа наблюдалось постепенное изменение окраски раствора от светло-коричневого до темно-коричневого, что свидетельствовало о формировании наночастиц железа [27].

Наночастицы Fe₃O₄ были синтезированы с использованием экстракта плодов курупиты гвианской (*Couroupita guianensis*) и 0,1 М раствора гексагидрата хлорида железа. Важно

отметить, что о получении наночастиц Fe_3O_4 свидетельствовало изменение цвета раствора: синтезированные наночастицы были от светло-красного до темно-коричневого цвета, тогда как раствор хлорида железа был золотисто-желтым. Согласно ПЭМ-изображению, размер полученных наночастиц варьировал от 7 до 77 нм, а средний размер составил 17 ± 10 нм [28].

F. Buazar с соавт. [29] синтезировали наночастицы Fe_3O_4 , используя экстракт клубней картофеля в качестве восстановителя и сульфата железа ($FeSO_4 \cdot 5H_2O$), 3 г которого добавляли к 40 мл экстракта и нагревали до $80^\circ C$, а затем смесь обрабатывали ультразвуком в течение 15 минут для повышения химической активности и улучшения кинетики реакции путем гомогенизации раствора. После этого к раствору постепенно добавляли 5 мл гидроксида натрия, чтобы получить $pH = 8$, а после полученный раствор перемешивали в течение 20 минут при $85^\circ C$. Полученный осадок отфильтровывали, промывали и высушивали при $70^\circ C$. Затем полученный осадок прокаливали в печи с воздушным нагревом в течение 30 мин при $600^\circ C$ для получения свежего нанопорошка Fe_3O_4 . В процессе синтеза цвет раствора изменился с желтого (цвет экстракта) на черный, что свидетельствовало о формировании наночастиц Fe_3O_4 . Формирование наночастиц Fe_3O_4 в этом процессе могло проходить в два этапа. На первом этапе $Fe(OH)_2$ образовывался в водном растворе, когда $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ растворяется в H_2O , а на втором $Fe(OH)_2$ окисляется до $Fe(OH)_3$ кислородом окружающей среды. В конечном итоге в щелочных условиях среды экстракта картофеля образовывались наноструктуры Fe_3O_4 . Согласно данным СЭМ и ПЭМ, полученные наночастицы Fe_3O_4 кубической формы, а их средний размер равен 40 ± 2 нм.

Сообщалось о зеленом синтезе наночастиц железа с использованием экстракта цветов *Piliostigma thonningii*, принадлежащего семейству бобовых. Для синтеза наночастиц 10 мл экстракта смешали с 90 мл 0,001 М раствора $FeCl_2$, после чего в течение двух минут наблюдалось изменение цвета раствора от коричневого до кирпично-красного, что указывало на образование наночастиц железа. После этого полученные частицы отделяли центрифугированием, промывали дистиллированной водой и сушили при $80^\circ C$. Однако, согласно данным СЭМ, полученные наночастицы сформировали крупные агломераты (от 20 до 100 мкм) в виде неправильных прямо-

угольных, стержневидных и сферических форм с шероховатыми поверхностями [30].

R. Sheykhbaglou с соавт. [31] оценивали влияние наночастиц оксида железа Fe_2O_3 на процентное содержание белка, липидов и жирных кислот, включая линолевую, пальмитиновую, олеиновую и линоленовую кислоты. В результате было обнаружено, что внекорневое опрыскивание растений сои наноксидом железа концентрацией 0,75 г/л привело к увеличению содержания белка до 34 % и липидов до 25 % по сравнению с контролем, в котором их содержание достигало 28 и 20 % соответственно. Кроме того, при использовании концентрации 0,75 г/л доля олеиновой кислоты увеличилась на 3 %, а доля линолевой на 5 %. Тогда как самый высокий уровень линоленовой кислоты (11 %) наблюдался при обработке наночастицами концентрацией 0,50 г/л и был на 1 % выше, чем в контроле. Помимо содержания органических кислот, наночастицы оксида железа концентрацией 0,75 г/л повлияли на минеральный состав семян. Так, содержание железа, магния, фосфора и кальция увеличилось на 1,7, 3,3, 4,0 и 3,7 мг/г соответственно по сравнению с контролем. К тому же при обработке растений наночастицами Fe_2O_3 концентрацией 0,75 г/л увеличилось содержание хлорофилла в семенах сои, что могло положительно повлиять на антиоксидантную роль соевого масла, обеспечивая благоприятный эффект с точки зрения пищевой науки и технологий.

В работе [32] изучалось влияние наночастиц железа на фотосинтез и связанную с ним биохимическую адаптацию выращенной в почве резуховидки Таля (*Arabidopsis thaliana* L.). После обработки наночастицами концентрацией 500 мг железа на кг почвы биомасса растений увеличилась на 38 % за счет усиления фотосинтеза, что было подтверждено системой газообмена, соотношением изотопов углерода и анализом содержания хлорофилла. Кроме того, потребление железа увеличивалось корнями и листьями растения. Измерения магнитных свойств и просвечивающая электронная микроскопия показали, что трансформированные частицы накапливались в частях тканей растений. Накопление углеводов, таких как глюкоза, сахароза и крахмал, увеличивалось за счет усиленного фотосинтеза, а связанные с фотосинтезом неорганические питательные вещества, такие как фосфор, марганец и цинк, поддерживают гомеостаз в соответствии с повышенным потреблением железа.

Эти данные свидетельствовали о том, что наночастицы железа обладают дополнительными или альтернативными преимуществами в качестве наноудобрения и стимулятора поглощения CO₂ растениями.

Получение и применение наночастиц меди и оксида меди в растениеводстве. Удобрения на основе меди чаще всего используются в рецептурах для защиты растений. Это важный микронутриент, который входит в состав многих белков и ферментов и играет важную роль в здоровье и питании растений. Применение наночастиц меди в качестве бионаноудобрений и биотвердых веществ на сельскохозяйственных полях может стать возможным способом воздействия на растения. Медь является жизненно важным микронутриентом для растений и животных и крайне необходима для различных важных физиологических и биологических функций, таких как клеточная транспортировка, митохондриальное дыхание, транспорт белков, антиоксидантная активность и передача сигналов гормонов растений [10].

N. Jayarambabu с соавт. [33] для синтеза наночастиц меди использовали водный экстракт куркумина, полученный из клубней куркумы (*Curcuma longa* L.) и 0,1 М раствора дигидрата ацетата меди, смесь (объемное соотношение 1:2) которых нагревали в микроволновой печи в течение 180 с (мощность 200 Вт). Изменение цвета раствора с желтого на кирпично-коричневый свидетельствовало о формировании наночастиц меди, размер которых, согласно данным ПЭМ, варьирует от 5 до 20 нм.

Наночастицы меди и оксида меди были синтезированы с использованием экстракта фиников без косточек в качестве восстановителя. Для синтеза наночастиц меди и оксида меди Cu₂O к 100 мл экстракта добавили 1 грамм цетилтриметиламмония бромид (ЦТАБ), а затем pH смеси доводили до 6,8, а температуру повышали до 80 °С, после чего к смеси по капле добавляли раствор пентагидрата сульфата меди (0,1 г соли растворили в 10 мл дистиллированной воды). Реакцию продолжали при перемешивании до появления красновато-коричневого цвета, указывающего на успешное получение наночастиц Cu/Cu₂O. Согласно данным ПЭМ, полученные наночастицы имеют сферическую форму со средним диаметром 78 нм [34].

В работе [35] наночастицы оксида меди были синтезированы с использованием экстракта папоротника *Adiantum lunulatum* 0,001 М раствора сульфата меди, которые смешали

в объемном соотношении 5:1. О формировании наночастиц оксида меди свидетельствовало изменение цвета раствора с коричневого на зеленый, который обусловлен возбуждением поверхностных плазмонных колебаний частиц оксида меди. Размер частиц варьировал в диапазоне от 1 до 20 нм, а средний диаметр составил 7 нм. Был оценен потенциал полученных наночастиц в индукции защиты и генерации окислительного стресса на чечевице пищевой (*Lens culinaris*), которую использовали в качестве модельного растения. Для проведения модельного эксперимента на растениях, семена чечевицы пищевой были замочены в чашках Петри, содержащих воду (контроль) и различные концентрации наночастиц CuO (0,01, 0,025 и 0,05 мг/мл), и выдержаны в темноте в течение 72 ч при 30 °С. В результате процент прорастания семян увеличился в 1,2 и 1,1 раза у семян, обработанных наночастицами CuO концентрацией 0,01 и 0,025 мг/мл по сравнению с контролем, тогда как при высокой концентрации наночастиц всхожесть семян существенно уменьшилась, что говорит о токсическом воздействии высоких концентраций меди. Аналогично проценту прорастания семян увеличился и индекс всхожести. При этом наночастицы оксида меди не повлияли на относительное содержание воды в обработанных корнях, которое равно 87±4 % для контроля, 88±4 %, 84±5 и 81±4 % для концентраций 0,01, 0,025, и 0,05 мг/мл соответственно. Кроме того, при концентрации наночастиц 0,025 мг/мл возросла индуктивная способность всех защитных ферментов растения. В частности, активность каталазы и супероксид дисмутазы увеличивались прямо пропорционально с возрастанием концентрации наночастиц. При этом самый высокий прирост активности был отмечен в корнях растений, что в 2,13 и 1,46 раза выше по сравнению с контролем. Повышенная концентрация антиоксидантных ферментов указывает на высокую степень устойчивости растений к окислительному стрессу. Кроме того, семена, обработанные наночастицами концентрацией 0,025 мг/мл, были устойчивее к внешним патогенам за счет более высокого содержания фенола и флавоноидов (в 1,76 и 2,33 раза больше по сравнению с контролем). В целом наблюдения показывают, что наночастицы CuO в оптимальной концентрации не только потенциально способны влиять на физиологическое состояние, но также могут модулиро-

вать врожденную иммунную систему модельных растений, таких как чечевица [35].

P. Naga Padma с соавт. [36] синтезировали наночастицы меди с использованием экстрактов различных растений, таких как клецеевина (*Ricinus communis* L.), гранат обыкновенный (*Punica granatum* L.), гуава (*Psidium guajava* L.), эвкалипт шаровидный (*Eucalyptus globules*), базилик тонкоцветный (*Ocimum tenuiflorum* L.), бархатцы (*Tagetes sp.*), индийский крыжовник (*Phyllanthus emblica* L.) и 0,001 М водного раствора сульфата меди. Согласно спектрам поглощения наночастиц меди в УФ и видимой области, скорость восстановления ионов меди с использованием различных экстрактов листьев находится в следующем порядке: бархатцы < клецеевина < эвкалипт шаровидный < гуава < базилик тонкоцветный < индийский крыжовник < гранат обыкновенный. СЭМ-изображения показали, что наночастицы меди, приготовленные с использованием экстракта кожуры плодов граната, имели сферическую форму с диаметром 56-59 нм.

В работе [37] синтезировали наночастицы оксида меди с использованием сока сахарного тростника (*Saccharum officinarum* L.). Для синтеза наночастиц сок различного объема (2, 5 и 10 мл) смешивали со 100 мл 0,1 М раствора нитрата меди. После изменения цвета реакционной смеси с синего на зеленый к вышеуказанному раствору по каплям добавляли избыточное количество 0,5 М гидроксида аммония до тех пор, пока pH не достигал 10 при интенсивном перемешивании. После добавления гидроксида аммония цвет раствора стал темно-коричневым. Реакцию смеси продолжали на магнитной мешалке в течение 8 ч до образования геля. Чтобы удалить свободные нитрат-ионы и органические примеси, а также избыток аммиака, полученный осадок центрифугировали, тщательно промывали дистиллированной водой и нагревали в сушильном шкафу 8 ч при 80 °С. Материал прокаливали три часа при 500 °С в муфельной печи для превращения гидроксида в оксид меди. Согласно данным СЭМ и ПЭМ, полученные наночастицы имеют сферическую форму. Однако их размер зависит от объема добавленного сока и равен 60, 40 и 29 нм при добавлении 2, 5 и 10 мл сока соответственно.

K. Mandava с соавт. [38] синтезировали наночастицы меди с использованием экстракта зеленого чая и водного раствора $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (концентрация 0,001 М). О формировании наночастиц свидетельствовало изменение цвета раствора с темно-зеленого на цвет морской

волны. Согласно данным СЭМ, размер полученных наночастиц варьировал от 67 до 99 нм.

S. C. Mali с соавт. [39] получили наночастицы CuO , используя экстракт растения *Enicostemma axillare* 0,005 М раствор сульфата меди. При этом о формировании наночастиц свидетельствовало изменение цвета от красновато-коричневого до зеленого и образование вязкого осадка при pH = 7,0. Согласно данным ПЭМ, полученные наночастицы весьма однородны по размеру, и средний размер частиц составляет 6 нм.

Наночастицы CuO овальной формы и размером от 0,1 до 0,25 мкм были синтезированы с использованием водного экстракта листьев птероспермума кленолистного (*Pterospermum acerifolium*) и тригидрата нитрата меди, смешанных в стехиометрическом соотношении при постоянном перемешивании при 45-50 °С пока цвет раствора не изменился с синего на темно-зеленый. После чего смесь помещали в печь при 400 °С на пять минут, в результате чего был получен порошок черного цвета, содержащий наночастицы CuO [40].

S. Hemmatic с соавт. [41] синтезировали сферические наночастицы CuO размером 15-25 нм, используя водный экстракт плодов шиповника (*Rosa canina*), который по каплям (10 мл) добавили в 100 мл раствора ацетата меди (концентрация 0,001 М), затем его кипятили при 100 °С в течение часа. При этом цвет раствора со временем стал темно-коричневый из-за возбуждения поверхностного плазмонного резонанса, сигнализирующего о получении наночастиц CuO .

В работе [42] описан метод получения наночастиц меди путем биологического восстановления ионов Cu водным экстрактом липы, который добавляли к раствору пентагидрата сульфата меди в объемном соотношении 4:1 и нагревали смесь при 80 °С в течение 25 минут, а после оставляли в темноте на 24 часа для отстаивания. Полученные частицы Cu имели сферическую форму с различным диаметром частиц в диапазоне от 5 до 17 нм.

K. Cota-Ruiz с соавт. [43] выращивали люцерну (*Medicago sativa*) в почвенной смеси, добавляя в почву соединения меди в виде наночастиц и в ионной форме (концентрации 80 и 280 мг $\text{Cu}/\text{кг}$ почвы), а затем оценили производительность растений на физиологическом и молекулярном уровнях. В растениях, подвергнутых воздействию меди в различных формах, снизилось содержание фосфора и серы по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$). Кроме того, благодаря добавкам меди в почве

увеличилось содержание железа и цинка в корнях и железа в листьях растений по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$). Экспрессия листовой супероксиддисмутазы увеличилась приблизительно в 29 раз в растениях, обработанных наночастицами меди концентрацией 280 мг/кг по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$). Кроме того, под воздействием меди возросло относительное количество микроорганизмов, участвующих в поглощении элементов. Так, количество актинобактерий и сахарибактерий увеличилось в 1,3 и 1,6 раза соответственно по сравнению с контролем. Эти результаты показали, что нано-Cu улучшила физиологию люцерны и может рассматриваться как потенциальное нанодоброение [43].

Цель исследования [44] состояла в том, чтобы оценить влияние наночастиц CuO на изменения в структуре бактериального сообщества и функций, связанных с круговоротом азота в почве с высоким pH, и сопоставить эти изменения с накоплением нитратов, изменениями параметров почвы и ростом растений. В течение 28 дней на проростки мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) воздействовали наночастицами CuO (концентрация 50 мг/кг почвы), CuSO₄ концентрацией 50 мг/кг, или 0,5 мг/кг в стандартной почве (почва Lufa 2.1, pH доведен до 7,6). Обработка Cu уменьшала накопление нитратов в основной массе почвы, тогда как в ризосфере эффекты были противоположными (почва находилась под влиянием корневых экссудатов). При этом накопление нитратов в основной массе почвы отрицательно коррелировало с общей концентрацией Cu, а часть концентрации нитратов в ризосфере объяснялась поглощением корнями во время роста растений, а остальная часть модулировалась обработкой Cu.

Два наноматериала меди (наночастицы CuO и нанолиты Cu₃(PO₄)₂•3H₂O) и CuSO₄ были нанесены на листья томатов (*Solanum lycopersicum* L.), и элементарное движение Cu с поверхности листа через кутикулу во внутреннюю ткань листа наблюдали более 8 часов. Две формы наноразмерной меди использовали для внекорневой обработки томатов еженедельно в тепличных и полевых экспериментах в присутствии патогена *Fusarium oxysporum*. Для CuSO₄ накопление и удержание Cu в кутикуле было в 7 раз больше, чем в наноматериалах, демонстрируя, что наноразмерная морфология и состав опосредуют накопление Cu в ткани листа. В теплице еженедельная листовая подкормка нанолитами и наночасти-

цами увеличивала биомассу проростков на 91 и 93 %, соответственно, по сравнению с зараженными *Fusarium oxysporum* и обрабатываемыми CuSO₄ растениями. В полевом эксперименте нанолиты Cu₃(PO₄)₂•3H₂O снизили прогрессирование болезни на 26 % и значительно повысили урожайность плодов более чем на 45 % с одного растения по сравнению с другими обработками на пораженной почве. Эти результаты показали, что химические свойства питательных веществ в наномасштабе могут быть настроены таким образом, чтобы максимизировать и контролировать их движение через кутикулу, и что взаимодействия на листьях проростков могут принести пользу в течение всего сезона для выращивания томатов, даже в присутствии возбудителя [45].

Получение и применение наночастиц марганца и оксида марганца в растениеводстве. Марганец (Mn) играет жизненно важную роль не только в метаболических и физиологических процессах, но также дает растениям способность выдерживать различные стрессы окружающей среды, действуя как кофактор различных ферментов. Он также важен для фотосинтеза, биосинтеза АТФ, хлорофилла, жирных кислот и белков, а также вторичных метаболитов, таких как лигнин и флавоноиды [3].

S. A. Khan с соавт. [46] синтезировали наночастицы MnO с использованием экстракта листьев канатника индийского (*Abutilon indicum*) в качестве восстановителя и стабилизатора. Экстракт смешивали с 0,1 М раствором MnSO₄ в объемном соотношении 1:1 и по каплям добавляли 0,1 М раствор NaOH до получения pH = 8,0 при постоянном перемешивании при 50 °C в течение часа. Образовавшийся осадок промывали, высушивали и прокаливали при 150 °C в течение двух часов. Согласно данным СЭМ, в результате были получены наночастицы MnO сферической формы со средним размером 80±0,5 нм.

Наночастицы MnO₂ были синтезированы с использованием водного экстракта ктенолеписа (*Ctenolepis garcinii*) и 0,001 М раствора перманганата калия, которые смешивали в объемном соотношении 1:5. При этом цвет раствора стал красным из-за явления поверхностного плазмонного резонанса, свидетельствуя о формировании наночастиц MnO₂, которые отделяли от реакционной смеси центрифугированием, промывали и высушивали. Результаты СЭМ показали, что диаметр приготовленных наночастиц в растворе составил около 57-69 нм [47].

В работе [48] был описан синтез наночастиц MnO_2 из 0,01 мМ раствора ацетата марганца и экстракта юкки славной (*Yucca gloriosa*). В процессе синтеза частиц при комнатной температуре варьировалось соотношение экстракта и прекурсора, рН (4, 6 и 8) и время реакции (40, 80 и 120 минут). В результате было обнаружено, что наиболее оптимальными условиями реакции, при которых сформировались сферические наночастицы MnO_2 диаметром 35 нм, являются рН = 8 и время реакции 120 минут.

В лабораторных условиях было установлено, что наночастицы марганца эффективнее, чем коммерчески доступная соль марганца ($MnSO_4$) в рекомендуемых дозах при проращивании бобов маше (*Vigna radiata*). В более высоких дозах наночастицы не токсичны для растений, в отличие от соли марганца. Биохимическими и биофизическими методами было выявлено, что хлоропласты, обработанные наночастицами Mn, демонстрировали большее фотофосфорилирование и выделение кислорода по сравнению с контрольными и обработанными $MnSO_4$ хлоропластами. Расщепление воды комплексом, выделяющим кислород, усиливалось наночастицами Mn в изолированном хлоропласте, что подтверждается полярографическими и спектроскопическими методами [49].

В работе [50] наночастицы оксида марганца (III) были исследованы в качестве вещества, снижающего соленость в стручковом перце (*Capsicum annuum* L.) во время проращивания при использовании 100 мМ NaCl. В целом рост корней как не подвергнутых, так и подвергнутых солевому стрессу проростков был значительно улучшен за счет наночастиц оксида марганца, концентрация которых составила 0,1, 0,5, 1,0 мг/л. Сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ показали проникновение наночастиц через семенную оболочку и образование комплекса наночастиц с короной. Наночастицы оксида марганца позволяют снизить солевой стресс за счет того, что в присутствии наночастиц изменяется химический состав поверхности семян, что может привести к изменению процесса связывания N-H в соответствии с инфракрасной спектроскопией с преобразованием Фурье. Солевой стресс подавлял рост корней и вызывал изменения структуры белков и лигнина, перераспределял содержание марганца, натрия, калия и кальция между побегом и корнем. Данное исследование объяснило, какие изменения состава и молекулярных взаимодей-

ствий между ключевыми биомолекулами вызывает наноагрузка за счет использования наночастиц оксида Mn.

Заключение. Для биосинтеза наночастиц таких металлов, как цинк, медь, железо и марганец, а также их оксидов могут быть использованы различные виды растений, находящиеся в шаговой доступности от исследователя. При этом, как показано в обзоре, в используемых растениях в большом количестве содержатся различные химически активные танины, сапонины, полифенолы, алкалоиды, эфирные масла, стероиды и другие вторичные метаболиты, за счет которых ионы восстанавливаются до наночастиц металлов и их оксидов. Согласно описанным в основной части обзора работам, весь процесс биосинтеза наночастиц металлов и оксидов металлов с использованием растительных экстрактов можно разделить на несколько этапов: 1) приготовление растительного экстракта; 2) смешивание экстракта с раствором прекурсора металла (как правило, в качестве прекурсоров металлов используют недорогие коммерчески доступные соли (нитраты, сульфаты и ацетаты)); 3) инкубация полученной смеси при определенной температуре и в некоторых случаях применение ультразвукового воздействия или высокого давления; 4) отделение и очистка полученных наночастиц; 5) прокаливание наночастиц при высоких температурах.

Для синтеза наночастиц могут быть использованы различные части растения. При этом стоит учитывать, что как различные растения, так и их составные части могут содержать неодинаковое количество биологически активных веществ. Следовательно, различие в концентрации биомолекул среди многих растений и их результирующее взаимодействие с водными ионами металлов можно считать одним из ключевых факторов, связанных с разнообразием размеров и форм производимых наночастиц. Также важно отметить, что экстракты, полученные из разных видов растений и частей одного и того же растения, могут иметь различные значения рН, что влияет на характер образующихся наночастиц.

В целом использование наночастиц металлов и их оксидов в качестве удобрений положительно сказывается на растительных организмах за счет того, что наночастицам легче проникнуть через растительную мембрану, а также перейти в доступную для растений форму по сравнению с обычными аналогами. Положительный эффект влияния наночастиц на растения выражается в удли-

нении корней и побегов растений, увеличении прироста биомассы проростков. Кроме того, в листьях увеличивается количество хлорофилла, а также изменяются некоторые биохимические процессы, ведущие, например, к накоплению антиоксидантных ферментов, что позволяет повысить стрессоустой-

чивость растений. Исходя из всего вышесказанного можно сделать вывод, что использование наночастиц металлов и их оксидов в качестве компонента удобрений и препаратов для растениеводства является перспективным направлением и будет использовано в нашей дальнейшей работе.

Список литературы

1. Liu R., Lal R. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*. 2015;514:131-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.104>
2. Calabi-Floody M., Medina J., Rumpel C., Condrón L. M., Hernández M., Dumont M., de la Luz Mora M. Smart fertilizers as a strategy for sustainable agriculture. *Advances in Agronomy*. 2018;147:119-157. DOI: <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.10.003>
3. Sekhon B. S. Nanotechnology in agri-food production: an overview. *Nanotechnology. Science and Applications*. 2014;7:31-53. DOI: <https://doi.org/10.2147/NSA.S39406>
4. Zulfiqara F., Navarro M., Ashraf M., Akrame N. A., Munné-Bosch S. Nanofertilizer use for sustainable agriculture: Advantages and limitations. *Plant Science*. 2019;289:11027. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2019.110270>
5. Jamkhande P. G., Ghule N. W., Bamer A. H., Kalaskar M. G. Metal nanoparticles synthesis: An overview on methods of preparation, advantages and disadvantages, and applications. *Journal of drug delivery science and technology*. 2019;53:101174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101174>
6. Dhand C., Dwivedi N., Loh X. J., Ying A. N. J., Verma N. K., Beuerman R. W., Lakshminarayanan R., Ramakrishna S. Methods and strategies for the synthesis of diverse nanoparticles and their applications: a comprehensive overview. *RSC Advances*. 2015;5:105003-105037. DOI: <https://doi.org/10.1039/C5RA19388E>
7. Vitta Y., Figueroa M., Calderon M., Ciangherotti C. Synthesis of iron nanoparticles from aqueous extract of *Eucalyptus robusta* Sm and evaluation of antioxidant and antimicrobial activity. *Materials science for energy technologies*. 2020;3:97-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.10.014>
8. Singh A., Gautam P. K., Verma A., Singh V., Shivapriya P. M., Shivalkar S., Sahoo A. K., Samanta S. K. Green synthesis of metallic nanoparticles as effective alternatives to treat antibiotics resistant bacterial infections: A review. *Biotechnology Reports*. 2020;25:e00427. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00427>
9. Chokkareddy R., Redhi G. G. Green Synthesis of metal nanoparticles and its reaction mechanisms. *Green metal nanoparticles*. 2018:113-139. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119418900.ch4>
10. Priyanka N., Geetha N., Ghorbanpour M., Venkatachalam P. Role of engineered zinc and copper oxide nanoparticles in promoting plant growth and yield: present status and future prospects. *Advances in Phytonanotechnology*. 2019;6:183-201. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815322-2.00007-9>
11. Saha R., Karthik S., Balu K. S., Suriyaprabha R., Siva P., Rajendran V. Influence of the various synthesis methods on the ZnO nanoparticles property made using the bark extract of *Terminalia arjuna*. *Materials Chemistry and Physics*. 2018;209:208-216. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.01.023>
12. Rajabi H. R., Naghiha A., Kheirizadeh M., Sadatfaraji H., Mirzaei A., Alvand Z. M. Microwave assisted extraction as an efficient approach for biosynthesis of zinc oxide nanoparticles: Synthesis, characterization, and biological properties. *Materials Science and Engineering*. 2017;78:1109-1118. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.msec.2017.03.090>
13. Lu J., Ali H., Hurh J., Han Y., Batjikh I., Rupa E. J., Anandapadmanaban G., Park J. K., Yang D.-C. The assessment of photocatalytic activity of zinc oxide nanoparticles from the roots of *Codonopsis lanceolata* synthesized by one-pot green synthesis method. *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*. 2019;184:82-89. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2019.03.050>
14. Nilavukkarasi M., Vijayakumar S., Prathipkumar S. Capparis zeylanica mediated bio-synthesized ZnO nanoparticles as antimicrobial, photocatalytic and anti-cancer applications. *Materials Science for Energy Technologies*. 2020;3:335-343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mset.2019.12.004>
15. Ahmad W., Kalra D. Green synthesis, characterization and anti microbial activities of ZnO nanoparticles using *Euphorbia hirta* leaf extract. *Journal of King Saud University – Science*. 2020;32(4):2358-2364. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.014>
16. Elumalai K., Velmurugan S., Ravi S., Kathiravan V., Ashokkumar S. RETRACTED: Facile, eco-friendly and template free photosynthesis of cauliflower like ZnO nanoparticles using leaf extract of *Tamarindus indica* (L.) and its biological evolution of antibacterial and antifungal activities. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2015;136 (Part B):1052-1057. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.saa.2014.09.129>
17. Zare E., Pourseyedi S., Khatami M., Darezeshki E. Simple biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using nature's source, and its in vitro bio-activity. *Journal of Molecular Structure*. 2017;1146:96-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2017.05.118>
18. Santhoshkumar J., Venkat Kumar S., Rajeshkumar S. Synthesis of zinc oxide nanoparticles using plant leaf extract against urinary tract infection pathogen. *Resource-Efficient Technologies*. 2017;3(4):459-465. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.reffit.2017.05.001>

19. Karnan T., Selvakumar S. A. S. Biosynthesis of ZnO nanoparticles using rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel extract and their photocatalytic activity on methyl orange dye. *Journal of Molecular Structure*. 2016;1125:358-365. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2016.07.029>
20. Raliya R., Tarafdar J. C. ZnO nanoparticle biosynthesis and its effect on phosphorous-mobilizing enzyme secretion and gum contents in clusterbean (*Cyamopsis tetragonoloba* L.). *Agric Res*. 2013;2:48-57. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40003-012-0049-z>
21. Mazumder J. A., Khan E., Perwez M., Gupta M., Kumar S., Raza K., Sardar M. Exposure of biosynthesized nanoscale ZnO to Brassica juncea crop plant: morphological, biochemical and molecular aspects. *Scientific Reports*. 2020;10:8531. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65271-y>
22. Yusefi-Tanha E., Fallah S., Rostamnejadi A., Pokhrel L. R. Zinc oxide nanoparticles (ZnONPs) as a novel nanofertilizer: Influence on seed yield and antioxidant defense system in soil grown soybean (*Glycine max* cv. Kowsar). *Science of the Total Environment*. 2020;738:140240. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140240>
23. Nandhini M., Rajini S. B., Udayashankar A. C., Niranjana S. R., Lund O. S., Shetty H. S., Prakash H. S. Biofabricated zinc oxide nanoparticles as an eco-friendly alternative for growth promotion and management of downy mildew of pearl millet. *Crop Protection*. 2019;121:103-112. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.03.015>
24. Zhang T., Sun H., Lv Z., Cui L., Mao H., Kopittke P. M. Using synchrotron-based approaches to examine the foliar application of ZnSO₄ and ZnO nanoparticles for field-grown winter wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2018;66(11):2572-2579. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b04153>
25. Asghar M. A., Zahir E., Shahid S. M., Khan M. N., Asghar M. A., Iqbal J., Walker G. Iron, copper and silver nanoparticles: Green synthesis using green and black tea leaves extracts and evaluation of antibacterial, antifungal and aflatoxin B1 adsorption activity. *LWT - Food Science and Technology*. 2018;90:98-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.009>
26. Karade V. C., Dongale T. D., Sahoo S. C., Kollu P., Chougale A. D., Patil P. S., Patil P. B. Effect of reaction time on structural and magnetic properties of greensynthesized magnetic nanoparticles. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. 2018;120:161-166. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpcs.2018.04.040>
27. Desalegn B., Megharaj M., Chen Z., Naidu R. Green synthesis of zero valent iron nanoparticle using mango peel extract and surface characterization using XPS and GC-MS. *Heliyon*. 2019;5:e01750. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01750>
28. Sathishkumar G., Logeshwaran V., Sarathbabu S., Jha P. K., Jeyaraj M., Rajkuberan C., Senthilkumar N., Sivaramakrishnan S. Green synthesis of magnetic Fe₃O₄ nanoparticles using *Couroupitaguianensis* Aubl. fruit extract for their antibacterial and cytotoxicity activities. *Artificial Cells, Nanomedicine, and Biotechnology*. 2018;46(3):589-598. DOI: <https://doi.org/10.1080/21691401.2017.1332635>
29. Buazar F., Baghlani-Nejazi M. H., Badri M., Kashisaz M., Khaledi-Nasab A., Kroushawi F. Facile one-pot phytosynthesis of magnetic nanoparticles using potato extract and their catalytic activity. *Starch/Stärke*. 2016;68(7-8):796-804. DOI: <https://doi.org/10.1002/star.201500347>
30. Igwe O. U., Nwamezie F. Green synthesis of iron nanoparticles using flower extract of *Piliostigma thonningii* and their antibacterial activity evaluation. *Chemistry International*. 2018;4(1):60-66.
31. Sheykhabglou R., Sedghi M., Fathi-Achachlouie B. The effect of ferrous nano-oxide particles on physiological traits and nutritional compounds of soybean (*Glycine max* L.) seed. *Anais da Academia Brasileira de Ciências (Annals of the Brazilian Academy of Sciences)*. 2018;90(1):485-494. DOI: <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820160251>
32. Yoon H., Kang Y.-G., Chang Y.-S., Kim J.-H. Effects of zerovalent iron nanoparticles on photosynthesis and biochemical adaptation of soil-grown *Arabidopsis thaliana*. *Nanomaterials*. 2019;9(11):1543. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano9111543>
33. Jayarambabu N., Akshaykranth A., Rao T. V., Rao K. V., Kumar R. R. Green synthesis of Cu nanoparticles using *Curcuma longa* extract and their application in antimicrobial activity. *Materials Letters*. 2019;259:126813. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126813>
34. Mohamed E. A. Green synthesis of copper and copper oxide nanoparticles using the extract of seedless dates. *Heliyon*. 2020;6:e03123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e03123>
35. Sarkar J., Chakraborty N., Chatterjee A., Bhattacharjee A., Dasgupta D., Acharya K. Green synthesized copper oxide nanoparticles ameliorate defence and antioxidant enzymes in *Lens culinaris*. *Nanomaterials*. 2020;10(2):312-338. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano10020312>
36. Padma P. N., Banu S. T., Kumari S. C. Studies on green synthesis of copper nanoparticles using *Punica granatum*. *Annual Research & Review in Biology*. 2018;23(1):1-10. DOI: <https://doi.org/10.9734/ARRB/2018/38894>
37. Mary A. P. A., Ansari A. T., Subramanian R. Sugarcane juice mediated synthesis of copper oxide nanoparticles, characterization and their antibacterial activity. *Journal of King Saud University – Science*. 2019;31(4):1103-1114. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.03.003>
38. Mandava K., Kadimcharla K., Keesara N. R., Fatima S. N., Bommena P., Batchu U. R. Green synthesis of stable copper nanoparticles and synergistic activity with antibiotics. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2017;79(5):695-700. DOI: <https://doi.org/10.4172/pharmaceutical-sciences.1000281>

39. Mali S. C., Raj S., Trivedi R. Biosynthesis of copper oxide nanoparticles using *Enicostemma axillare* (Lam.) leaf extract. *Biochemistry and Biophysics Reports*. 2019;20:100699. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbrep.2019.100699>
40. Saif S., Tahir A., Asim T., Chen Y. Plant mediated green synthesis of CuO nanoparticles: comparison of toxicity of engineered and plant mediated CuO nanoparticles towards *Daphnia magna*. *Nanomaterials*. 2016;6(11):205-219. DOI: <https://doi.org/10.3390/nano6110205>
41. Hemmati S., Mehrazin L., Hekmati M., Izadi M., Veisi H. Biosynthesis of CuO nanoparticles using *Rosa canina* fruit extract as a recyclable and heterogeneous nanocatalyst for C-N Ullmann coupling reactions. *Materials Chemistry and Physics*. 2018;214:527-532. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2018.04.114>
42. Hassanien R., Husein D. Z., Al-Hakkani M. F. Biosynthesis of copper nanoparticles using aqueous *Tilia* extract: antimicrobial and anticancer activities. *Heliyon*. 2018;4(12):e01077. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01077>
43. Cota-Ruiz K., Ye Y., Valdes C., Deng C., Wang Y., Hernández-Viezcás J. A., Duarte-Gardea M., Gardea-Torresdey J. L. Copper nanowires as nanofertilizers for alfalfa plants: Understanding nano-bio systems interactions from microbial genomics, plant molecular responses and spectroscopic studies. *Science of the Total Environment*. 2020;742:140572. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140572>
44. Guan X., Gao X., Avellan A., Spielman-Sun E., Xu J., Laughton S., Yun J., Zhang Y., Bland G. D., Zhang Y., Zhang R., Wang X., Casman E. A., Lowry G. V. CuO nanoparticles alter the rhizospheric bacterial community and local Nitrogen cycling for wheat grown in a calcareous soil. *Environmental Science & Technology*. 2020; 54 (14):8699-8709. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00036>
45. Shen Y., Borgatta J., Ma C., Elmer W., Hamers R. J., White J. C. Copper nanomaterial morphology and composition control foliar transfer through the cuticle and mediate resistance to root fungal disease in tomato (*Solanum lycopersicum*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2020;68(41):11327-11338. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c04546>
46. Khan S. A., Shahid S., Shahid B., Fatima U., Abbasi S. A. Green synthesis of MnO nanoparticles using *Abutilon indicum* leaf extract for biological, photocatalytic, and adsorption activities. *Biomolecules*. 2020;10(5):785-803. DOI: <https://doi.org/10.3390/biom10050785>
47. Paul J. J. P., Sakunthala M., Udhaya C. I. Green synthesis of manganese nanoparticles using the aqueous extract of *Ctenolepis garcini* (Burm. f.) C.B Clarke. *International Journal of Botany Studies*. 2017;2(5):71-75.
48. Soury M., Hoseinpour V., Ghaemi N., Shakeri A. Procedure optimization for green synthesis of manganese dioxide nanoparticles by *Yucca gloriosa* leaf extract. *International Nano Letters*. 2019;9:73-81. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40089-018-0257-z>
49. Pradhan S., Patra P., Das S., Chandra S., Mitra S., Dey K. K., Akbar S., Palit P., Goswami A. Photochemical modulation of biosafe manganese nanoparticles on *Vigna radiata*: A detailed molecular, biochemical, and biophysical study. *Environ. Sci. Technol.* 2013;47(22):13122-13131. DOI: <https://doi.org/10.1021/es402659t>
50. Ye Y., Cota-Ruiz K., Hernández-Viezcás J. A., Valdés C., Medina-Velo I. A., Turley R. S., Peralta-Videa J. R., Gardea-Torresdey J. L. Manganese nanoparticles control salinity-modulated molecular responses in *Capsicum annuum* L. through priming: A sustainable approach for agriculture. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 2020;8(3):1427-1436. DOI: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b05615>

Сведения об авторах

Рабинович Галина Юрьевна, доктор биол. наук, профессор, директор Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

✉ **Любимова Надежда Андреевна**, кандидат хим. наук, научный сотрудник отдела биотехнологий Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель, ФГБНУ Федеральный исследовательский центр «Почвенный институт имени В. В. Докучаева», Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5831-5000>, e-mail: n.nemygina@gmail.com

Information about the authors

Galina Yu. Rabinovich, DSc in Biological science, professor, Director All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5060-6241>

✉ **Nadezhda A. Lyubimova**, PhD in Chemical science, researcher the Department of Biotechnologies All-Russian Research Institute of Reclaimed Lands, Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, 7, bld. 2, Pyzhevsky per., Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5831-5000>, e-mail: n.nemygina@gmail.com

✉ – Для контактов / Corresponding author



К вопросу об охране грибов

© 2021. А. А. Широких, И. Г. Широких ✉

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

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме сохранения биологического разнообразия в современном мире. Рассмотрены основные принципы и специфические подходы к вопросам охраны макромицетов, как организмов, трудно поддающихся качественному и количественному учету, в силу особенностей биологии и жизненного цикла. Обсуждаются отечественные и мировые тенденции и практики в сфере охраны видового разнообразия агарикоидных грибов как неотъемлемого компонента любой экосистемы. Представлена информация о специфике выявления регионального грибного разнообразия, редких и находящихся под угрозой исчезновения видов для включения в Красные списки различного уровня, определения границ грибных популяций, в т. ч. с привлечением методов баркодинга. Отмечена необходимость уточнения и обоснования изменения статусов отдельных видов и выделения ключевых участков, несущих специфические и типичные микологические комплексы, для организации особо охраняемых природных территорий. Обосновывается мысль о том, что система охраны грибов должна быть интегрирована в общую систему охраны природы. Наряду с охраной редких и исчезающих видов грибов в типичных для них местообитаниях (заповедниках, природных парках, заказниках и т. д.), дан краткий анализ приоритетных направлений сохранения грибного генофонда в научных коллекциях и банках ex situ. Живые мицелиальные культуры могут быть использованы для создания новых устойчивых популяций при реинтродукции редких и исчезающих видов, а также в биотехнологиях получения полезных для человека грибных метаболитов. В заключение затрагивается тема повышения эффективности охраняемых мероприятий через цифровизацию информационных систем: свободный и открытый доступ к данным о подлежащих охране видах грибов путем создания специализированных компьютерных баз, веб-сайтов и единых информационных банков.

Ключевые слова: видовое разнообразие, коллекции, Красная книга, макромицеты, охрана in situ, редкие виды, сохранение ex situ

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0090).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Широких А. А., Широких И. Г. К вопросу об охране грибов. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):641-660. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.641-660>

Поступила: 02.04.2021 Принята к публикации: 04.10.2021 Опубликована онлайн: 27.10.2021

On the conservation of fungi

© 2021. Alexander A. Shirokikh, Irina G. Shirokikh ✉

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

The article is devoted to the actual problem of conservation of biological diversity in the modern world. The basic principles and specific approaches to the protection of macromycetes as organisms that are difficult in qualitative and quantitative accounting due to the peculiarities of biology and life cycle have been studied. Domestic and global trends and practices in the field of protecting the species diversity of agaricoid fungi as a component of any ecosystem are discussed. The information on the features of regional fungal diversity detection, rare and threatened species for inclusion into the Red lists of various levels as well as on determining the boundaries of fungal populations, including using barcoding methods is provided. It is noted that for the organization of specially protected natural areas, it is necessary to specify and substantiate the changes in the status of separate species, to identify key areas with specific and typical mycological complexes. The idea that the system of mushroom protection should be integrated into the general system of nature protection is substantiated. Along with the protection of rare and endangered fungi species in their typical habitats (nature reserves, nature parks, wildlife areas, etc.), priority directions for preserving the gene pool of fungi in scientific collections and ex situ banks are described. Live mycelial cultures of fungi can be used for the development of new resistant populations by the reintroduction of rare and endangered species, as well as for the production of fungal metabolites useful for humans. There has been also discussed the problem of improving the effectiveness of protective measures through the digitalization of information systems: free and open access to the data on the endangered fungi species through the development of specialized computer databases, websites and unified information banks.

Key words: species diversity, collections, Red Data Book, macromycetes, in situ conservation, rare species, ex situ conservation

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. 0767-2019-0090).

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

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Shirokikh A. A., Shirokikh I. G. On the conservation of fungi. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):641-660. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.641-660>

Received: 02.04.2021

Accepted for publication: 04.10.2021 Published online: 27.10.2021

Сохранение биологического разнообразия в современном мире приобрело особое значение, поскольку оно становится немаловажным фактором экономического и политического развития государств и тесно связано со стабильностью окружающей среды и качеством жизни человека [1]. Для сохранения биологического разнообразия в условиях усиливающейся антропогенной нагрузки на природные экосистемы необходима эффективная организация охраны редких видов биоты. Если принципы охраны редких видов сосудистых растений и многих групп животных в основном разработаны, то для грибов, которые представляют собой неотъемлемый компонент любой экосистемы, вопросы сохранения отдельных популяций и генофонда в целом изучены в гораздо меньшей степени [2, 3]. Однако накопленные в последние десятилетия знания в области их систематики, распространения в природе, экологии, а также формирование представлений о губительных последствиях сокращения численности грибных видов для окружающей среды и человека, придали новый импульс оценке, рассмотрению и включению этого важного компонента биоразнообразия в природоохранные мероприятия.

Результаты оценки грибного разнообразия на Земле сильно различаются, в зависимости от выбранного метода его описания. Предложенная Дэвидом Хоксвордом (1991, 2001) и наиболее широко используемая цифра – 1,5 млн видов основана на наблюдаемом в ряде регионов стабильном соотношении между разнообразием высших растений и грибов [4]. Показатели грибного разнообразия, появившиеся позже в работах М. Блэкуэл – до 5,1 млн [5] и Д. Ли Тейлора с сотр. – 6 млн видов [6], получены с использованием молекулярных подходов – ДНК-метабаркодинга. Хотя в дальнейшем было высказано мнение, что эти цифры завышены, как минимум, в 2,5 раза [7, 8], общее количество видов грибов остаётся, тем не менее, впечатляюще большим. Поскольку количество грибов, опи-

санных в настоящее время, составляет около 120 тыс. видов [7], «более 90 % грибного разнообразия на Земле еще предстоит обнаружить» [9]. Только в Европе насчитывается не менее 75 тыс. видов, из них более 15 тыс. видов образуют макроскопические плодовые тела [10]. В России общее грибное разнообразие оценивают приблизительно в 20-25 тыс. видов¹, в том числе 10 тыс. видов макромицетов.

В последние десятилетия внимание к проблеме возможного исчезновения отдельных видов грибов усиливается в связи с потерей многими из них привычной среды обитания, локальными климатическими изменениями, усиленной эксплуатацией лесных и других природных фитоценозов, загрязнением окружающей среды, утратой симбиотических хозяев и/или конкуренцией со стороны инвазивных видов [11]. Вполне вероятно, что при современных темпах увеличения антропогенного давления на экосистемы мы можем потерять большое количество грибных видов и уникальных генов, так никогда и не узнав об их существовании. Не менее важными представляются охрана и рациональное использование пока широко распространенных видов, сбор которых в отдельных местах характеризуется чрезмерной интенсивностью, из-за чего при уплотнении почвы уничтожается грибница. Несмотря на расширение в стране промышленного грибоводства, в отдельных регионах России сбор грибов сегодня остаётся довольно значительным. Например, в Кировской области общие запасы съедобных грибов сократились за двадцатилетний период на 60 % [12]. Благоприятные для грибов условия резко изменились в результате многочисленных лесных пожаров, применения пестицидов и иных видов антропогенного воздействия.

Цель обзора – привлечь внимание к необходимости проведения комплекса мер, направленных на сохранение разнообразия макроскопических высших грибов, часто скрытого от наблюдателя в почве и иных природных субстратах.

¹Коваленко А. Е., Коткова В. М., Морозова О. В., Новожилов Ю. К., Змитрович И. В., Попов Е. С. Грибы. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.binran.ru/resources/archive/biodiv/fungi/> (дата обращения 15.01.2021).

Материал и методы. В основу обзорной статьи положены материалы научных исследований в области микологии и охраны природы в странах Европы, Северной и Южной Америки, Китае. Поиск научных источников осуществлялся в библиографических базах, научных электронных библиотеках и поисковых системах: Google Scholar (www.scholar.google.com), Publons (www.publons.com), Scopus (www.scopus.com), eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru), Medline (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/), JSTOR Search (www.jstor.org/). В качестве литературных источников принимались во внимание научные статьи на английском и русском языках. Глубина поиска – 35 лет. Поисковые запросы выполняли по следующим ключевым словам: *macromycetes, macrofungi, mushrooms, fungal diversity, fungal conservation and management, fungal ecology, hidden diversity, mycobiome, DNA metabarcoding, protecting rare forest-associated fungi, important fungal areas, assessment of IUCN status, conservation status, IUCN red-listing criteria and categories, collections of mushrooms, mycological social network.*

Основная часть. *Место грибов в современной системе органического мира.* Современная система органического мира, сложившаяся в биологии к 2005-2008 гг., создана на основе изучения структуры отдельных генов и анализа данных, полученных методами молекулярной биологии. Основные принципы этой системы изложены в работе [13]. Согласно результатам новейших филогенетических построений, грибы отнесены к надцарству Opisthokonta, которое включает два царства – животные (Animalia) и грибы (Fungi). Система грибов представлена группой (кладой) Holomycota, в которую входят царство Fungi – настоящие грибы в узком смысле, а также сестринская грибам клада Crustidiscoidea, включающая три порядка протистов: Nucleariida, Fonticulida и Rozellida. В систему грибов полностью интегрированы лишайники, которые предложено рассматривать не как самостоятельную систематическую группу, а как лишенизированные грибы, находящиеся в мутуалистических взаимоотношениях с водорослями [14, 15].

Наше внимание будет в основном сосредоточено на представителях отделов Basidiomycota и Ascomycota, формирующих более или менее заметные плодовые тела (агарикоидные, афиллофоровые и сумчатые макро-

мицеты), что определяет их большую уязвимость к действию антропогенных факторов в сравнении с другими грибными группами.

Интеграция охраны грибов в общую систему охраны природы. Охрана редких и находящихся под угрозой исчезновения видов макромицетов подразумевает несколько аспектов: охрану природных популяций, охрану биотопов, в которых они обитают, и сохранение генофонда в коллекциях мицелиальных культур, из которых, при необходимости, может быть осуществлена реинтродукция вида в прежнее местообитание [16]. С природоохранными задачами тесно связано изучение общих вопросов географии грибов и закономерностей их распространения. Особое значение имеют раскрытие ценотических связей, подробный эколого-трофический анализ, выявление типичных ценокомплексов.

Макромицеты распространены повсеместно и играют существенную роль в функционировании экосистем [17, 18, 19]. Будучи гетеротрофными организмами, они тесно связаны с автотрофами – низшими и высшими растениями. Наиболее важными функциями грибов являются переработка «мортмассы», разложение и гумификация древесины с возвращением в биотический круговорот основных биогенных элементов (углерода, азота, фосфора), а также образование эктотрофных микориз. Основным фактором, определяющим распространение грибов в сообществах, является субстрат, тогда как другие параметры среды (температура, влажность) оказывают на грибы лишь опосредованное влияние [20]. В соответствии с субстратной приуроченностью выделяют три основные функциональные группы – биотрофы, сапротрофы и симбиотрофы с различными грациями и переходами [21]. На основании трофических и топических предпочтений среди грибов выделяют четыре наиболее крупные по видовой насыщенности группы – ксилотрофы, подстилочные и гумусовые сапротрофы, микоризобразователи [22]. Остальные эколого-трофические группы значительно уступают им по количеству видов.

При продвижении с севера на юг наблюдается общая закономерность в изменении соотношения трофических групп агарикоидных макромицетов. Если в хвойных и хвойно-широколиственных лесах максимально представлены виды-симбиотрофы, образующие микоризу с древесными доминантами, то в лесостепных

микобиотах их доля существенно сокращается. Лидирующая позиция переходит к представителям сапротрофного комплекса – ксилотрофам и гумусовым сапротрофам [23, 24].

С микоризными грибами, предположительно, связано более 80 % видов наземных растений [25, 26]. Значительное количество симбиотрофных грибов в таежных лесах определяется разнообразием микотрофных древесных пород (ель, сосна, пихта, лиственница, береза, осина и др.), а также смещенными к пессимуму условиями их произрастания. Влияние на растение грибного симбионта проявляется в наибольшей степени при недостаточной обеспеченности хозяина водой и/или минеральным питанием. Благодаря формированию грибного чехла вокруг питающих корней, эктомикоризные грибы объединяют растения в общие мицелиальные сети, которые регулируют взаимоотношения растений, способствуют формированию растительных сообществ [27], играют определённую роль в перераспределении питательных веществ между растениями, входящими в состав биоценоза [28, 29, 30]. Плодовые тела микоризообразователей составляют большую часть от биомассы плодовых тел всех групп грибов [22].

Из всех организмов, входящих в состав лесного биогеоценоза, только грибы обладают необходимыми и уникальными ферментными системами, позволяющими осуществлять полную биохимическую деградацию древесины. Взаимосвязанная деятельность растений и дереворазрушающих грибов-ксилотрофов лежит в основе биологического круговорота лесных экосистем [31, 32]. Начальные этапы минерализации древесины осуществляются афиллофоровыми (трутовыми) грибами, а завершают распад с последующей ее трансформацией в компоненты гумуса агариковые грибы. Для многих ксилотрофных грибов характерна субстратная специализация, которая выражается в их приуроченности к древесным остаткам определенных видов деревьев. Такая избирательность ксилотрофов является результатом длительной сопряженной эволюции грибов и растений, и поэтому их распределение в широтном градиенте во многом определено особенностями зонального распределения древесных пород [33]. Подстилочные и гумусовые сапротрофы, которые активно участвуют в разложении растительного опада и превращении его в компоненты гумуса,

в отличие от микоризообразователей и ксилотрофов, проявляют меньшую зависимость от состава древостоя. Трофическая приуроченность видов грибов к определенным древесным эдификаторам позволяет выделить ценоэлементы изучаемой микобиоты, под которыми понимаются группы видов, которые связаны в своем распространении с определенными растительными формациями на исследуемой территории [24]. Наличие тесных связей высших грибов с растениями-эдификаторами определяет целесообразность организации охраны грибов в составе многокомпонентных природных сообществ, в их естественных местообитаниях. Такой подход в наибольшей степени отвечает принципу охраны общего биоразнообразия планеты и её отдельных регионов по биохорологическим функционально-территориальным единицам – сообществам, биотам ландшафтов и более крупным подразделениям биосферы как компонентам природных экосистем соответствующего ранга [34]. Поэтому работа по сохранению редких видов грибов должна основываться, в первую очередь, на выделении достаточных по площади типичных экосистем, несущих специфические и типичные микологические комплексы, для создания особо охраняемых природных территорий (ООПТ).

Видовой состав и выявление редких видов микобиоты. Одним из первых этапов организации охраны грибов является определение видового состава микобиоты региона с целью выявления доминантных и малочисленных редких видов. Редкость вида в природе принято рассматривать как свидетельство его потенциального исчезновения, связанного с повышенной уязвимостью. Международный союз охраны природы (МСОП) (International Union for Conservation of Nature или IUCN) подразделяет редкие виды на следующие категории²: CR (critically endangered) – находящиеся на грани полного исчезновения; EN (endangered) – находящиеся под угрозой исчезновения; VU (vulnerable) – уязвимые; NT (near endangered) – находящиеся в состоянии, близком к угрожаемому; LC (least concern) – вызывающие наименьшие опасения; DD (data deficient) – недостаток данных. В Красные книги и списки заносятся, как правило, только виды, попадающие в категории CR, EN и VU. Иногда к ним добавляются виды, отнесенные к категории NT.

²Translations of IUCN Red List guidance documents. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.iucnredlist.org/resources/other-translations> (дата обращения 8.02.2021).

В России выделяют шесть категорий видов, подлежащих охране: 0 – вероятно исчезнувшие с данной территории в новейшее время; 1 – находящиеся под угрозой исчезновения; 2 – уязвимые, неуклонно сокращающие свою численность и ареал обитания; 3 – редкие; 4 – неопределённые по статусу недостаточно изученные; 5 – восстанавливающиеся до относительно безопасного уровня [35].

Особо стоит вопрос о критериях «редкости» вида. Понятие редкости обычно соотносят с распространением и численностью популяции вида [36, 37], выделяя при этом четыре группы: 1 – широко распространенные с высокой численностью; 2 – широко распространенные с низкой численностью; 3 – узко распространенные с высокой численностью; 4 – узко распространенные с низкой численностью [38]. Виды грибов, нуждающиеся в охране, обычно относятся ко 2, 3 и 4 группам.

Редкость вида, с одной стороны, является достаточно легко устанавливаемой оценочной характеристикой, с другой, это очень сложное понятие, не поддающееся однозначному экологическому определению. Например, вопрос о причинах редкости: является она неотъемлемым эволюционным атрибутом вида или связана с антропогенным воздействием на экосистему? Поэтому при изучении редких видов рекомендуется обращать внимание на следующие признаки: 1) географическое распространение; 2) специфичность местообитания – частая встречаемость вида в разных местообитаниях или ограниченность немногими или даже одним местообитанием; 3) степень специализации вида и зависимости от других организмов; 4) локальный размер популяции.

Понятие редкости сопряжено с величиной территории. Виды могут иметь локальную, региональную, национальную и международную редкость³. В связи с этим принципы выделения редких и исчезающих видов на территориях разного масштаба будут в определенной степени различаться.

Грибы часто бывают связаны с процессами деградации экосистем, их органического загрязнения и антропогенной трансформации. В этом плане включение в охранные списки ряда рудеральных или несвойственных региону видов, например из числа ксилотрофов, требует определенной осторожности. Не исключена вероятность, что такие виды могут явиться

биоагрессорами, способными нанести урон местной биоте [39, 40].

Особого рассмотрения требуют заносные, но редкие для местной микобиоты виды, одним из которых, по материалам Красной книги Кировской области [41], является гриб *Mutinus ravenelii* (Berk & Curtis) Fisch (рис. 1).



Рис. 1. Плодовое тело гриба *Mutinus ravenelii* / Fig. 1. The fungal fruit *Mutinus ravenelii*

Согласно документам МСОП, чужеродные, инвазивные виды заведомо не должны включаться в Красные списки. Со временем из редких они могут превратиться в экспансивно распространяющиеся проблемные виды, поэтому региональная редкость не является достаточным условием для их включения в охранный список [42]. *M. ravenelii* исключается из Красных списков некоторых европейских стран, куда он раньше по ошибке был включен. Определенную помощь в принятии того или иного решения может оказать информация об адвентивных видах грибов, представленная в стандартизированной базе Global Alien Macrofungi Database (<https://www.gbif.org/dataset/da3542b4-9a73-4054-b9a3-2d762e172199>). Как правило, видовые списки грибов, подлежащих охране по результатам обследования микобиоты региона, ограничены списками макромицетов, образующими крупные, хорошо дифференцированные плодовые тела. Виды с мелкими плодовыми телами, из-за их малой изученности и меньшей вероятности обнаружения, в настоящее время бывает сложно отнести к той или иной охранный категории. Поэтому вопрос об организации охраны таких видов часто остается открытым.

³IUCN Red List categories and criteria, version 3.1. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.iucn.org/content/iucn-red-list-categories-and-criteria-version-31> (дата обращения 10.02.2021).

Использование современного инструментария молекулярной биологии и биоинформатики позволяет решить вопрос, «редкий или исчезающий», путем оценки экологических ниш и глобальных диапазонов таких видов [8].

Определение границ популяций охраняемых видов грибов. Одним из важных этапов в практике охраны редких видов грибов является выявление границ их локализации. Мицелий гриба может находиться в почве или другом субстрате и, в отличие от растений и крупных животных, оставаться невидимым для наблюдателя. Обнаружить присутствие того или иного вида гриба можно лишь в короткий период появления плодовых тел. Поэтому само понятие «объекта охраны» в отношении грибов представляет определенную сложность.

Появление крупных плодовых тел у высших грибов определяется благоприятным сочетанием погодных факторов и биологических ритмов плодообразования [23, 43]. Однако возрастающее антропогенное влияние на природные экосистемы ведёт к нарушению биоритмов у многих базидиомицетов. У одних видов меняется пищевой субстрат, другие предпочитают новые местообитания, изменяются фенологические сроки плодообразования, визуально, особенно у редких видов, исчезают плодовые тела [44]. Ввиду спорадичности находок плодовых тел сложно определить границы популяций редких видов макромицетов. Крайне трудно (а чаще невозможно) оценить также и численность индивидуумов.

Принципиально новым шагом в изучении скрытого видового разнообразия и закономерностей распространения грибов является развитие и применение молекулярно-генетических методов, таких как оценка рестрикционных профилей (RFLP, restriction fragment length polymorphism) и следующее поколение технологий секвенирования (NGS, next generation sequencing) [45]. Молекулярный метод ДНК-метабаркодинга (ДНК-штрихкодирование), основывающийся на технологии NGS, позволяет изучать совокупный геном какого-либо сообщества организмов непосредственно в среде их обитания [46]. С этой целью из образцов окружающей среды выделяют тотальную ДНК, содержащую фрагменты ДНК множества видов, амплифицируют ее с использованием универсальных праймеров,

секвенируют последовательности маркерных генов-баркодов и по полученным нуклеотидным последовательностям реконструируют таксономический состав сообщества.

В качестве предпочтительного молекулярного маркера для ДНК-штрихкодирования грибов в 2011 г. был официально рекомендован ITS – транскрибируемый спейсерный регион рибосомной РНК: спейсеры ITS1 и ITS2, разделенные геном 5.8S рРНК [47, 48]. Преимущество этой последовательности перед другими возможными маркерами состоит в том, что ее фланкируют консервативные гены 18S и 28S рРНК, которые легко амплифицируются универсальными праймерами, и ITS обеспечивает наибольшее разрешение при идентификации видов. Международным Консорциумом по ДНК-штрихкодированию грибов (International Fungal Barcoding Consortium) эта последовательность признана главным маркером для ДНК-штрихкодирования грибов [48].

Применение молекулярных технологий, ставшее основным методом исследования в систематике грибов, быстрыми темпами становится инструментом интенсификации экологических исследований, связанных с изучением грибов непосредственно в их среде обитания. При отсутствии макроструктур, доступных для изучения, критерием разграничения таксонов служит алгоритм кластеризации полученных нуклеотидных последовательностей, который основан на их сопоставлении с эталонными последовательностями при определенном пороговом значении [45].

Успех метабаркодинга во многом определяется качеством биоинформатического анализа и выбором референтной базы нуклеотидных последовательностей. Для присвоения таксономических имен грибам используются справочные доступные базы данных: GenBank, UNITE, Warcup [45, 49]. Существуют различные алгоритмы коррекции и фильтрации сиквенсов, что дает возможность уменьшить количество ошибок и увеличить количество функциональной информации. Различаются между собой и алгоритмы аннотации: наиболее известны BLAST NSBI и FUNGuild [50]. Сравнивать полученные последовательности одновременно с несколькими справочными базами данных можно, используя онлайн-инструменты идентификации, которые предлагают MycoBank, EUBOLD [51].

Основным достоинством метабаркодинга является возможность сравнивать сообщества целиком: их разнообразие, сложность межвидовых сетей и степень различий между разными сообществами. Данные по составу и относительной численности таксонов в сообществе, полученные с помощью метабаркодинга, могут быть использованы для построения межвидовых сетей. Сложность межвидовых сетей может служить экологическим индикатором устойчивости грибных сообществ, а также при диагностике антропогенных нарушений [52]. Потенциал применения данного метода заключается также в повышении чувствительности обнаружения и эффективности оценок видового состава микобиоты в полевых условиях и труднодоступных местообитаниях [53, 54].

Выделение границ популяций редких видов сапротрофных грибов предполагает учет такой особенности, как расселение посредством базидиоспор, которые разносятся на большие расстояния ветром, насекомыми и/или другими животными. Сапротрофы, в отличие от микоризообразователей, не нуждаются в растениях-хозяевах, поэтому их споры прорастают, образуя плодовые тела практически на любом подходящем субстрате, при совокупности подходящих условий. Постоянно увеличивающемуся расселению таксонов за пределы их исходных ареалов способствует также прямое и косвенное воздействие человека. Поэтому единичные находки плодовых тел или даже двух-трёхлетние наблюдения могут давать совершенно искажённую картину распространения грибов, нуждающихся в охране. При рекомендации таксона к включению в список охраняемых видов необходимо учитывать многолетнюю динамику численности и изменения ареалов видов, проводить оценку влияния на эти показатели биотических, абиотических и антропогенных факторов [55].

Самостоятельный интерес представляет вопрос о площади охраняемой территории, на которой произрастают редкие виды грибов. В 1992 году в лесном биоценозе штата Мичиган (США) были установлены размеры грибницы опенка *Armillaria bulbosa* (Barla) Kile & Watling [56]. Оказалось, грибница этого гриба занимает площадь около 15 га и имеет возраст 1500 лет. В штате Орегон найден ещё более крупный экземпляр грибницы опенка тёмного *Armillaria ostoyae* (Romagn.) Herink, занимаю-

щий площадь в 10 кв. км и имеющий возраст 2500 лет. Несмотря на свой возраст, грибница обладала удивительной генетической стабильностью: на 100 млн нуклеотидов выявлено всего 163 генетических изменения [57]. Основываясь на этих наблюдениях, можно полагать, что площадь для грибов со сходной биологией и экологическими требованиями должна быть не менее 10 кв. км, что сопоставимо с площадями особо охраняемых природных территорий. Например, заповедник «Матсутакэ» (провинция Сычуань, КНР) создан для охраны всего одного вида гриба – *Tricholoma matsutake* (S. Ito et S. Imai) Singer [58]. Этот гриб издавна используется в традиционной китайской медицине и охраняется не только как редкий вид, но и как сырьевой ресурс для фармацевтической промышленности [59].

При выборе территории для охраны редких видов грибов предложена система создания ключевых микологических участков (КМУ), которые представляют собой территории, выделяемые для охраны не только редких видов грибов, но и растений, и животных в их естественных местообитаниях [37]. Размеры КМУ определяются функциональным единством ключевых объектов – популяций отдельных видов, их сообществ, биоты территории в целом. По мнению авторов, КМУ могут выполнять функцию резерватов биотического разнообразия региона, источников пополнения биоты прилегающих территорий за счет расселения из них типичных видов грибов.

Красные книги и Красные списки охраняемых видов. Для объединения усилий микологов по охране редких видов ещё в 1985 г. был создан Европейский совет по сохранению грибов (European Council for the Conservation of Fungi или ECCF). Это старейшее в мире учреждение, деятельность которого полностью посвящена охране грибов [10]. В настоящее время ECCF входит в структуру Европейской микологической ассоциации. Выступив инициаторами работ по охране грибов, европейские микологи [60, 61, 62, 63] вскоре получили поддержку и в других регионах. Вопросы сохранения грибного разнообразия были включены в повестку дня МСОП. Красный список МСОП (IUCN Red List of Threatened Species) во всем мире признан как всеобщий, наиболее полный и объективный подход к оценке статуса сохранения видов животных, грибов и растений, он оказывает большое влияние на расстановку

приоритетов в области охраны природы. IUCN Red List of Threatened Species представляет собой официально утвержденный список таксонов, прошедших соответствующую оценку, и в отношении которых риск исчезновения был установлен с использованием категорий и критериев Красного списка МСОП [55]. Единый перечень категорий и критериев IUCN Red List Categories and Criteria (<https://www.iucn.org/content/iucn-red-list-categories-and-criteria-version-31>) был разработан с целью унификации требований для включения вида в Красную книгу МСОП (приведенная ссылка на актуальную сегодня версию 3.1 этого документа общедоступна, в том числе на русском языке). Красный список МСОП имеет решающее значение не только для оказания помощи в выявлении тех видов, которые нуждаются в целенаправленной охране, но и для сосредоточения усилий по сохранению видов путем определения ключевых участков и мест их обитания, которые необходимо защищать.

В 2001 г. Комиссией по выживанию видов МСОП были созданы первые две группы специалистов по грибам, а в 2003 г. в Красный список МСОП (IUCN Red List of Threatened Species) впервые были добавлены грибы – два лишенизированных вида – *Erioderma pedicellatum* и *Cladonia perforata*. Большинство оценок для включения видов в Красный список МСОП проводятся членами Комиссии по выживанию видов МСОП, партнерами МСОП или специалистами, работающими над проектами оценки под руководством МСОП. Их совместная деятельность позволяет выявлять и устанавливать приоритетность угрожаемых видов и их местообитаний, а далее – внедрять эти знания в национальные или международные стратегии сохранения видов. Формированию Красных списков видов грибов, подлежащих охране, содействует деятельность сообщества Global Fungal Red List Initiative, направленная на оценку состояния и выявление угрожаемых видов грибов [64].

Знаменательной вехой в деле защиты грибов стал 2019 г., в конце которого, благодаря совместным усилиям мирового микологического сообщества, в том числе российских микологов, количество грибов в Красном списке МСОП было существенно (на 211 видов)

расширено. Для сравнения: за период с 2004 по 2018 год в международный Красный список были занесены лишь 63 гриба. Среди грибов, включенных в IUCN Red List of Threatened Species, большинство составляют базидиомицеты и аскомицеты (в основном лишенизированные грибы). По состоянию на август 2021 г., Красный список МСОП включает 425 видов (328 и 97 представителей отделов Basidiomycota и Ascomycota соответственно) из разных географических регионов. Важно отметить, что 111 грибов (96 Basidiomycota и 15 Ascomycota) из списка МСОП произрастают в Российской Федерации⁴. В последние годы во многих странах были созданы национальные и региональные комитеты по сохранению грибов [65]. Наряду с другими охраняемыми объектами биоразнообразия – животными и растениями, редкие виды грибов включены в Красные книги (КК) или, в некоторых странах, Красные листы. Красные списки грибов составлены в настоящее время в большинстве европейских стран (31), и более 5 500 различных видов макромицетов занесены в Красные книги, по крайней мере, в одной стране [10]. Каждая КК государства или региона является более или менее верным отражением видового богатства грибов, степени их уязвимости в разных природных условиях под воздействием современных трансформирующих факторов, а также степени изученности грибов из разных экологических и таксономических групп [55]. По прогнозам, Красные списки грибов будут расширяться по мере того, как на основании данных о консервативных нуклеотидных последовательностях генов будут пересматриваться границы ныне существующих таксонов в рангах родов и семейств, с широким набором распространенных видов, и выделяться новые – более узкие [7, 66].

Количество видов, включённых в КК и Красные листы, в европейских государствах очень разное. Список охраняемых видов грибов в КК Великобритании включает 453 вида, Германии – 888, Дании – 898, Италии – 93, Литвы – 740, Нидерландов – 1655, Норвегии – 763 вида. Анализ национальных Красных списков показывает, что от 10 до 20 % грибных видов Европы могут находиться под угрозой исчезновения [10].

⁴Red list. [Электронный ресурс]. URL: www.iucnredlist.org/search (дата обращения 24.02.2021).

В России список охраняемых видов грибов существенно меньше, чем в странах Европы. Однако КК не является законченным документом, она предусматривает возможность изменения списка видов, подлежащих охране, в зависимости от состояния охраняемого вида в природе [67]. Если в КК СССР [68] список охраняемых грибов включал всего 20 видов, то в КК РФ (2008) он был расширен до 24, но при этом тоже не отражал реального состояния видов в природе. Работа по подготовке нового издания КК РФ начата в 2014 г. по инициативе микологов Е. Ю. Ворониной (МГУ им. М. В. Ломоносова), А. Е. Коваленко (БИН им. В. Л. Комарова) и представителя России в Международном обществе по охране грибов Т. Ю. Светашевой. Организованы сбор и обмен сведениями о состоянии видов грибов, занесенных в существующее издание КК РФ (2008), а также о возможных видах-кандидатах для включения в новое издание [69].

Необходимо заметить, что в связи с огромной территорией РФ общее число видов грибов, включенных в региональные КК, составляет более 1200 видов. Региональные КК содержат очень различное количество охраняемых видов. Например, КК Ленинградской области [70] содержит 107 видов охраняемых грибов, кроме того, в список охраняемых видов включено 18 видов миксомицетов. А в КК Кировской области [41] список охраняемых грибов насчитывает всего 18 видов, и среди них нет ни одного миксомицета. Такой короткий список свидетельствует не о благополучии в сохранности дикорастущих грибов, а скорее – о крайне слабой изученности региональной микобиоты.

В большинстве случаев, в списках Красных книг основной процент видов составляют базидиальные макромицеты. Однако существует немало видов сумчатых макромицетов, имеющих, в основном, небольшие и малозаметные плодовые тела, в связи с чем они, как правило, менее изучены, но им также нужна охрана [55, 71]. В качестве примера нуждающегося в охране аскомицета можно привести бесполою стадию гриба *Holwaya mucida* (Schulzer) Korf & Abawi, включённого в КК природы Санкт-Петербурга [72]. В Кировской области этот вид был найден на территории заповедника «Нургуш» [73] (рис. 2).

Единичные находки аскомицетов в регионах России пока не могут служить основанием к включению данных видов в охранный

список, но должны привлечь внимание к планомерным исследованиям и мониторингу встречаемости грибов этой группы на территории различных регионов и России в целом. К сожалению, в большинстве регионов нет специалистов, чтобы провести полноценные исследования и зарегистрировать находки нуждающихся в охране видов.



Рис. 2. Бесполоя стадия аскомицета *Holwaya mucida* /

Fig. 2. Asexual stage of ascomycetes *Holwaya mucida*

Работа по формированию списков охраняемых видов должна основываться на подробном изучении грибного разнообразия, географического распространения и количественного учета отдельных грибных популяций. Однако возможность массового применения в отношении грибов методов исследования популяций и, тем более, их количественного учета для мониторинга КК видов, в настоящее время отсутствует. Учету и описанию подлежат пока только места образования плодовых тел. И хотя для оценки видов, по критериям IUCN, рассматривается общий размер популяции вида, на практике имеет место масса допущений [55]. Очевидно, что результаты такой общей оценки не всегда согласуются с реальными размерами отдельных грибных популяций.

Необходим достаточный массив информации о географии, экологии, обилии отдельных редких или находящихся под угрозой исчезновения видов, а также видов грибов, распространение которых плохо изучено. Документация мест находок тех или иных видов используется для анализа его географического распространения. При анализе многократных находок определяются общие экологические предпочтения видов. Таким же образом можно судить о частоте встречаемости видов.

В настоящее время данные о находках грибов, представленные в разрозненных публикациях предыдущих лет, аккумулируются в оцифрованном виде в стандартизированных компьютерных базах. Примером такой онлайн базы является Fungal records database of the Northern West Siberia (FuNWS), охватывающая весь север Западной Сибири. Она создана в 2016 г. коллективными усилиями работающих в этом регионе специалистов и размещена на сервере Югорского государственного университета. В 2017 году FuNWS загружена в компьютерную сеть Глобального информационного фонда по биоразнообразию (GBIF), что обеспечивает доступность хранящейся в ней информации для международного научного сообщества [74].

Значительный вклад в сбор информации о грибах могут внести не только специалисты в области микологии, но и экологи, натуралисты, не занимающиеся микологией профессионально. Любители природы всегда оказывали помощь в выявлении локального и регионального грибного разнообразия, документируя грибные находки и фиксируя географические координаты мест обнаружения определенных видов грибов. Ожидается, что новые веб- и гис-технологии, будут способствовать еще большему объединению усилий ученых и местного населения для максимально полного выявления нуждающихся в государственной охране видов грибов [65]. Привлечение непрофессионалов через социальные сети к сбору данных о грибах, с одной стороны, способствует повышению осведомленности широкой общественности в области микологических знаний, а с другой – расширению масштабов и эффективности микологических обследований различных территорий. Поэтому дальнейшее развитие этого взаимодействия следует поддерживать и поощрять. Во многих странах задокументировать свои находки и поделиться ими можно с использованием веб-сайтов, таких как Mushroom Observer (<http://mushroomobserver.org/>) или iNaturalist (<http://www.inaturalist.org/>). Существуют отечественные специализированные Интернет-ресурсы «Грибы Калужской области» (<http://mycoweb.narod.ru/fungi/>), сайт Санкт-Петербургского микологического общества (<http://forum.spbmyco.ru/>) и другие. Открытый доступ к этим платформам как для специалистов-микологов, так и для любителей-непрофессионалов значительно расширяет

информацию о распространении отдельных видов грибов и способствует более объективной оценке их природоохранного статуса. Академическая наука и природоохранная деятельность могут только выиграть от взаимодействия с любительским микологическим сообществом в социальных сетях [75].

Охрана редких видов ex situ. Наряду с охраной редких и исчезающих видов грибов в типичных для них местообитаниях (заповедниках, природных парках, заказниках и т. д.) существуют способы сохранения грибного генофонда в научных коллекциях и банках *ex situ*. Рассмотрим основные способы сохранения грибов в научных коллекциях.

Гербарий. Ранее грибы рассматривали в составе царства Plantae, поэтому их коллекции традиционно были представлены разделами в гербариях – коллекциях растений. Однако выделение грибов в самостоятельное царство Fungi и их огромное видовое разнообразие постепенно ведут к обособлению грибных коллекций. По аналогии с гербарием для коллекций грибов предложен специальный термин – фунгарий [76].

Фунгарий, собранный в районе сохранения редких видов грибов, представляет собой коллекцию биологических образцов, являющихся основным материалом для научных исследований. Это первичный документ, отражающий разнообразие видов охраняемой территории. Вид является основной единицей составляющих разнообразие экосистем, а также основным носителем генетического разнообразия [77]. Фунгарий состоит из высушенных плодовых тел макромицетов и миксомицетов, а также пораженных фитопатогенами растений. В коллекциях грибов хранятся не только сами образцы грибов, но также сопряженная с ними информация о географии, экологии, обилии видов и их географическом распространении [78]. Например, в случае редких видов грибов, распространение которых недостаточно изучено или существует угроза их исчезновения, информация о местах находок служит отправной точкой для их последующего поиска [79].

Как правило, грибные коллекции являются хранилищем информации, накапливаемой в течение длительного периода времени и работы нескольких поколений ученых. В нашей стране наиболее представительным является микологический гербарий Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН (БИН), насчитывающий около 262 тыс. образ-

цов, отражающий разнообразие микобиоты как России, так и практически всех регионов Земного шара⁵.

В Сибири, где сосредоточены наиболее крупные лесные массивы страны, известны Коллекция макромицетов Научно-исследовательского института биологии и биофизики при Томском государственном университете (НИББ) (г. Томск), Коллекция афиллофороидных и агарикиоидных грибов Института экологии растений и животных УрО РАН (г. Екатеринбург), Коллекция агарикиоидных и афиллофороидных грибов ЦСБС СО РАН (г. Новосибирск) и некоторые другие⁶.

Банк спор и мицелия. Помимо хранения образцов грибов в сухом виде, существуют способы хранения грибов в жизнеспособном состоянии: в виде мицелиальных культур или в глубокой заморозке. Такие коллекции имеют гораздо более широкий спектр применения, чем фунгарии, однако нуждаются в сложной организации системы хранения и, кроме того, для некоторых групп грибов такое хранение не всегда осуществимо⁷ [80]. Живые мицелиальные культуры могут быть использованы для создания новых устойчивых популяций при реинтродукции редких и исчезающих видов [16, 81], а также в биотехнологиях получения полезных для человека грибных метаболитов.

В качестве примера приведем Коллекцию культур базидиомицетов БИН им. В. Л. Комарова РАН, где представлен и сохраняется генетический материал грибов, составляющий десятую часть природной биоты базидиальных макромицетов России. Хранилище включает около 1,6 тыс. штаммов базидиальных грибов. Стандартная процедура по генетической характеристике культур проводится методом секвенирования последовательностей ITS1-5S-ITS2 участка rDNA. Информацию о результатах секвенирования заносят в базу данных Коллекции LE BIN, а также депонируют полученные сиквенсы в международной информационной базе NCBI GenBank (<http://www.ncbi.>).

Мицелий и споры некоторых видов редких грибов могут сохраняться в криопробирках с глицерином в морозильных камерах при -80 °С или в резервуарах с жидким азотом. При криосохранении существенным моментом является технология «оживления» образцов, позволяющая максимально снизить процент гибели биоматериала.

Генный банк. Важным генетическим ресурсом является выделенная специальным методом ДНК редкого вида гриба. В генном банке каждый образец ДНК хранится в трех пробирках при -80 °С, качество образцов ДНК регулярно проверяется и, при необходимости, образцы заменяются на свежие.

Банк грибных метаболитов. Грибы служат одним из важных источников физиологически активных натуральных веществ. Метаболиты грибов с противоопухолевым и иммуномодулирующим действием, обладающие противомикробной активностью и т. д., используются для создания лекарственных препаратов и уже во многих странах стали объектом коммерциализации [59]. Банк химических веществ, полученных из макромицетов, включает не только натуральные продукты с чистотой не менее 80 %, но и спектральные данные и/или иную информацию о молекулярном строении этих соединений [58].

Комплексный информационный банк. В целях бережного использования грибных ресурсов, при его сочетании с охраной редких видов, необходимы компьютерные базы данных о подлежащих охране видах грибов. В этом отношении нельзя не отметить важную роль Глобального информационного фонда по биоразнообразию (GBIF), на сайте которого в режиме открытого доступа размещена информация о грибах, равно как и о других типах жизни на Земле. Обратившись к этому ресурсу, можно узнать о том, где и когда были отмечены находки тех или иных видов («Свободный и открытый доступ к данным о биоразнообразии» <https://www.gbif.org/search?q=Fungi>).

⁵Каталог образцов фондовых коллекций БИН РАН. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.binran.ru/collections/> (дата обращения 01.03.2021).

⁶Генетические и биологические коллекции Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sevin.ru/collections> (дата обращения 02.03.2021).

⁷Псурцева Н. В., Барина К. В., Яковлева Н. С. Коллекция культур базидиомицетов LE-BIN: Методы сохранения и проблемы сохранения генофонда. Современная микология в России: тез. докл. 3-го Съезда микологов России. М.: Национальная академия микологии, 2012. Т. 3. С. 135. URL: <http://www.mycology.ru/files/cmr2012.pdf>

Рекомендуется включать в базу данных следующую информацию: номер штамма в коллекции, дату сбора, имя коллектора, фотографические изображения гриба в двух проекциях, латинское название, географическую информацию, соответствующие грибу полинуклеотидные последовательности. Подробная информация в отношении того или иного вида может быть быстро найдена по латинскому названию гриба.

Заключение. Охрана редких и находящихся под угрозой исчезновения видов грибов основывается на сочетании двух основных подходов – сохранении подлежащих охране грибов в их природных местообитаниях (*in situ*) и консервации генофонда популяций в микологических лабораториях и генетических банках (*ex situ*). Охрана грибов *in situ* заключается, главным образом, в защите их природных местообитаний. Наилучшим образом этому способствует создание ООПТ. Выявлению подлежащих охране местообитаний грибов помогает присутствие в микоченозах видов с узкой экологической пластичностью, исчезающих даже при слабой антропогенной нагрузке. Сохранение генофонда редких грибов *ex situ* предполагает длительную работу по выделению видов в чистую культуру, изучению условий их культивирования, разработку режимов сохранения мицелия и спор в микологической лаборатории, включая криосохранение. Подобные банки и коллекции в некоторой степени являются аналогами зоопарков для сохранения генофонда животных и ботанических садов для сохранения генофонда растений.

Особого внимания в этом плане заслуживает разработанная в Китае система охраны эндемичного для Тибетского нагорья гриба *Ophiocordyceps sinensis* (Berk.) G. H. Sung, J. M. Sung, Huwel-Jones & Spatafora. Кордицепс высоко ценится в традиционной китайской медицине за уникальные целебные свойства. Современная наука подтвердила его лекарственное значение и сейчас этот вид является ценным сырьем для фармацевтической про-

мышленности [59]. Стоимость одного килограмма сухих грибов *O. sinensis* может составлять 20-40 тыс. долларов [82], поэтому массовый сбор кордицепса на плато Цинхай стал для местного населения источником хорошего сезонного заработка, приводя тем самым, к разрушению местообитания этого вида. Из опасения, что отсутствие контроля за сбором кордицепса очень скоро приведет к исчезновению вида-эндемика, был разработан комплекс мер, направленных одновременно на поддержание эксплуатационных ресурсов *O. sinensis*, его охрану *in situ* и организацию коллекционного хранения биологического и генетического материала данного вида *ex situ* [58]. Реализованный на Тибете комплекс мер, получивший название «Один район, один гербарий и пять банков», с успехом может быть применен и в других регионах, в отношении других грибов, имеющих большое экономическое значение, а также редких видов, находящихся под угрозой исчезновения из-за их чрезмерного сбора населением или разрушения среды их обитания.

Важно, что комплексная система по охране грибных ресурсов Тибета вносит одновременно большой вклад и в сохранение уникальных экосистем Китая в целом. Вопросы охраны грибов должны быть полностью интегрированы в систему охраны природы как на региональном, так национальном и глобальном уровнях. В этом направлении предстоит еще многое сделать. Существующие пробелы в наших знаниях о разнообразии грибов, распространении отдельных видов и популяций, влиянии на них антропогенных факторов предстоит восполнить в обозримом будущем. Привлечение к решению проблемы охраны грибов современных достижений молекулярной биологии, генетики, экологии, создание научных коллекций, развитие методов консервации и изучения генофонда грибов, а также взаимодействие с населением и использование современных веб-технологий повысят эффективность охранных мероприятий.

Список литературы

1. Ryan M. J., McCluskey K., Verkleij G., Robert V., Smith D. Fungal biological resources to support international development: Challenges and opportunities. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2019;35(9):139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2709-7>
2. Dahlberg A., Genney D. R., Heilmann-Clausen J. Developing a comprehensive strategy for fungal conservation in Europe: current status and future needs. Fungal Ecology. 2010;3(2):50-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.10.004>

3. Allen J. L., Lendemer J. C. Fungal conservation in the USA//Endangered species research. 2015;28(1):33-42. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr00678>
4. Hawksworth D. L. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological research*. 2001;105(12):1422-1432. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>
5. Blackwell M. The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? *American Journal of Botany*. 2011;98 (3):426-438. DOI: <https://doi.org/10.3732/AJB.1000298>
6. Taylor D. L., Hollingsworth T. N., McFarland J. W., Lennon N. J., Nusbaum C., Ruess R. W. A first comprehensive census of fungi in soil reveals both hyperdiversity and fine-scale niche partitioning. *Ecological Monographs*. 2014;84(1):3-20. DOI: <https://doi.org/10.1890/12-1693.1>
7. Hawksworth D. L., Lücking R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. In: *The fungal kingdom*. ASM Journals. *Microbiology Spectrum*. 2017;5(4):79-95. DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>
8. Blackwell M., Vega F. E. Lives within lives: Hidden fungal biodiversity and the importance of conservation. *Fungal Ecology*. 2018;35:127-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.05.011>
9. Tripp E., Zhang N., Schneider H., Huang Y., Mueller G. M., Hu Z., Häggblom M., Bhattacharya D. Reshaping Darwin's tree: impact of the symbiome. *Trends in ecology & evolution*. 2017;32(8):552-555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.05.002>
10. Senn-Irlet B., Heilmann-Clausen J., Dahlberg A. Guidance for the conservation of mushrooms in Europe. Council of Europe Publishing, Strasbourg. 2007. 34 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/259323515_Guidance_for_conservation_of_macrofungi_in_Europe
11. Allen J. L., Lendemer J. C. Fungal conservation in the USA. *Endangered species research*. 2015;28(1):33-42. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr00678>
12. Николаев Г. В., Косицын В. Н. Грибные ресурсы России. *Лесное хозяйство*. 2000;(3):12. Режим доступа: https://www.booksite.ru/les_hvo/2000.htm
13. Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., Le Gall L., Lynn D. H., McManus H., Mitchell E. A. D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawlowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnow A., Spiegel F. W. The revised classification of eukaryotes. *Journal of eukaryotic microbiology*. 2012;59(5):429-514. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>
14. Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. *Dictionary of the fungi*. 10th ed. CABI Europe – UK. 2008. 771 p.
15. Гололобова М. А. Положение «низших растений» в системе органического мира. 50 лет без К. И. Мейера: XIII Московское совещание по филогении растений: мат-лы Международ. конф. М.: МАКС Пресс, 2015. С. 99-104. Режим доступа: https://istina.msu.ru/media/publications/article/873/c67/9307771/xiii_mosk_sovesch_fillog_rast_2015.pdf
16. Abrego N., Oivanen P., Viner I., Nordén J., Penttilä R., Dahlberg A., Heilmann-Clausen J., Somervuo P., Ovaskainen O., Schigel D. Reintroduction of threatened fungal species via inoculation. *Biological Conservation*. 2016;203:120-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.014>
17. Tedersoo L., Bahram M., Pöhlme S., Kõljalg U., Yorou N. S., Wijesundera R., Smith M. E., et al. Global diversity and geography of soil fungi. *Science*. 2017;346(6213):1256688. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1256688>
18. Бондарцева М. А. Определитель грибов России. Порядок афиллофоровые. СПб.: Наука, 1998. 391 с. Режим доступа: <https://booksee.org/book/545674>
19. Змитрович И. В. Определитель грибов России. Порядок Афиллофоровые. Вып. 3. Семейства Ателиевые и Амилокортициевые. М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 278 с. Режим доступа: <http://www.bookposter.ru/info/booksonbiology/729.html>
20. Змитрович И. В., Малышева Е. Ф., Малышева В. Ф. Некоторые термины и понятия микogeографии: критический обзор. *Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения*. 2003;(4):173-188.
21. Cooke R. C., Whipps J. M. The evolution of modes of nutrition in fungi parasitic on terrestrial plants. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. *Biological Reviews*. 1980;55(3):341-362.
22. Переведенцева Л. Г. Агариковые грибы. *Соросовский образовательный журнал*. 1999;5(3):69-76.
23. Бурова Л. Г. *Экология грибов макромицетов*. М.: Рипол Классик, 1986. 222 с. Режим доступа: <https://booksee.org/book/545166>
24. Малышева В. Ф., Малышева Е. Ф. *Высшие базидиомицеты лесных и луговых экосистем Жигулей*. М.-СПб.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 242 с. Режим доступа: <https://booksee.org/book/696242>
25. Van der Heijden M. G., Martin F. M., Selosse M. A., Sanders I. R. Mycorrhizal ecology and evolution: the past the present and the future. *New Phytologist*. 2015;205(4):1406-1423. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13288>
26. Watkinson S. C., Boddy L., Money N. *The Fungi*. San Diego: Academic Press, 2016. 466 p. URL: <https://www.elsevier.com/books/the-fungi/watkinson/978-0-12-382034-1>

27. Смит С. Э., Рид Д. Дж. Микоризный симбиоз. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 776 с.
28. Каратыгин И. В. Коэволюция грибов и растений. СПб.: Гидрометеоздат, 1993. 118 с.
Режим доступа: https://litgu.ru/knigi/estesstv_nauki/97370-koevoluciya-gribov-i-rasteniy.html
29. Simard S. W., Durall D. M. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. *Canadian Journal of Botany*. 2004;82 (8): 1140-1165. DOI: <https://doi.org/10.1139/b04-116>
30. Simard S. W., Jones M. D., Durall D. M. Carbon and nutrient fluxes within and between mycorrhizal plants. In book: *Mycorrhizal Ecology*. Berlin: Springer-Verlag, 2002. pp. 33-74.
URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-38364-2_2
31. Мухин В. А., Воронин П. Ю., Сухарева А. В., Кузнецов В. В. Грибное разложение древесины при потеплении климата в бореально-гумидной лесорастительной зоне. Доклады Академии наук. 2010;431(3):423-425. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13727056>
32. Стороженко В. Г. Микоценоз и микоценология. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К, 2012. 192 с.
33. Мухин В. А. Биота ксилотрофных базидиомицетов Западно-Сибирской равнины. Екатеринбург: Наука, 1993. 479 с.
34. Юрцев Б. А. Эколого-географическая структура биологического разнообразия и стратегия его учёта и охраны. Биологическое разнообразие: подходы к изучению и сохранению: мат-лы конф. БИН РАН и ЗИН РАН. СПб.: БИН РАН, 1992. С. 7-21.
35. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22689258&selid=29818517>
36. Арефьев С. П. О системном подходе к охране редких видов грибов. Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2008;(8):3-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11730088>
37. Сафонов М. А., Сафонова Т. И. Теоретические и практические аспекты сохранения биоразнообразия микобиоты Южного Приуралья. Вестник Оренбургского государственного университета. 2010;(6(112)):29-33. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15105505>
38. Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Oxford etc: Blackwell, 1986. 875 p.
39. Колонин Г. В., Герасимов С. М., Морозов В. Н. Биологическое загрязнение. Экология. 1992;(2):8-94.
40. Арефьев С. П. Распространение грибов-биоагрессоров при антропогенной трансформации западносибирской тайги. Финно-угорский мир: Состояние природы и региональная стратегия защиты окружающей среды: тез. докл. Междунар. конф. Под ред. А. И. Таскаев, И. В. Рапота. Сыктывкар: ИБ Коми НЦ УрО РАН, 1997. С. 7.
41. Красная книга Кировской области: животные, растения, грибы. Под ред. О. Г. Барановой и др. 2-е изд. Киров: Кировская областная типография, 2014. 336 с.
42. Светашева Т. Ю. О критериях отбора видов грибов для Красной книги России. Современная микология в России: мат-лы III Международ. микологического форума. Т.4. Вып. 2. Биоразнообразие и экология грибов. М.: Национальная академия микологии, 2015. С. 121-123.
Режим доступа: <http://www.mycology.ru/files/emr2015vol4.pdf>
43. Ильин Д. Ю., Иванов А. И., Морозова М. И., Ильина Г. В., Гарибова Л. В. Проблемы сохранения видов ксилотрофных базидиомицетов, занесенных в Красную книгу Пензенской области. Нива Поволжья. 2012;(4):20-26. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20145231>
44. Переведенцева Л. Г., Шилкова Т. А. Редкие виды грибов на территории Черняевского леса. Географический вестник. 2014;(1(28)):109-111. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21468175>
45. Новожилов Ю. К., Малышева В. Ф., Малышева Е. Ф., Щепин О. Н., Азаров Д. В., Змитрович И. В., Волобуев С. В., Коваленко А. Е. Скрытое разнообразие грибов и грибообразных протистов в природных экосистемах: проблемы и перспективы. Биосфера. 2016;8(2):202-215.
Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26620021>
46. Thomsen P. F., Willerslev E. Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*. 2015;183:4-18.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.019>
47. Bergsten J., Bilton D. T., Fujisawa T., Elliott M., Monaghan M. T., Balke M., Hendrich L., Geijer J., Herrmann J., Foster G. N., Ribera I., Nilsson A. N., Barraclough T. G., Vogler A. P. The effect of geographical scale of sampling on DNA barcoding. *Systematic Biology*. 2012;61 (5):851-869.
DOI: <https://doi.org/10.1093/Sysbio/Sys037>
48. Schoch C. L., Robbertse B., Robert V., Vu D., Cardinali G., Irinyi L., Federhen S. et al. Finding needles in haystacks: linking scientific names, reference specimens and molecular data for Fungi. *J. Biol. Databases Cur*. 2014;2014:1-21. DOI: <https://doi.org/10.1093/database/bau061>
49. Xu J. Fungal DNA barcoding. *Genome*. 2016;59(11):913-932. DOI: <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0046>
50. Nguyen N. H., Song Z., Bates S. T., Branco S., Tedersoo L., Menke J., Schilling J. S., Kennedy P. G. FUNGuild: an open annotation database for parsing fungal community datasets by ecological guild. *Fungal Ecol*. 2016;20:241-248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.06.006>

51. Ratnasingham S., Hebert P. D. N. BOLD: the Barcode of Life Data System. *Mol. Ecol. Notes*. 2007;7:355-364. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>
52. Ding J., Zhang Y., Deng Y., Cong J., Lu H., Sun X., Yuan T., Van Nostrand J. D., Li D., Zhou J., Yang Y. Integrated metagenomics and network analysis of soil microbial community of the forest timberline. *Sci. Rep.* 2015;5:7994. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep07994>
53. Pochon X., Zaiko A., Fletcher L. M., Laroche O., Wood S. A. Wanted dead or alive? Using metabarcoding of environmental DNA and RNA to distinguish living assemblages for biosecurity applications. *PLoS One*. 2017;12(11):1-19. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187636>
54. Wu B., Hussain M., Zhang W., Stadler M., Liu X., Xiang M. Current insights into fungal species diversity and perspective on naming the environmental DNA sequences of fungi. *Mycology*. 2019;10(3):127-140. DOI: <https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1614106>
55. Dahlberg A., Mueller G. M. Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. *Fungal ecology* 2011;4(2):147-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.11.001>
56. Smith M. L., Bruhn J. N., Anderson J. B. The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms. *Nature*. 1992;356 (6368):428-431. DOI: <https://doi.org/10.1038/356428a0>
57. Anderson J. B., Bruhn J. N., Kasimer D., Wang H., Rodrigue N., Smith M. L. Clonal evolution and genome stability in a 2500-year-old fungal individual. *Proceedings of the Royal Society*. 2018;285 (1893):2018-2233. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2233>
58. Li Yu, Wang Qi. Развитие системы сохранения грибных ресурсов "один район, один гербарий и пять банков" и ее применение на Цинхай-Тибетском плато. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019;20(1):29-35. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.1.29-35>
59. Лекарственные грибы в традиционной китайской медицине и современных биотехнологиях. Под ред. В. А. Сысуева. Киров: О-Краткое, 2009. 320 с.
60. Arnolds E., Jansen A. E. Conclusions of the First Meeting of the European Committee on the Protection of fungi. *Conservation of Fungi and other Cryptogams in Europe*. Lodz. 1991. pp. 52-68.
61. Scheidegger C., Wolseley P. A., Thor G. *Conservation Biology of Lichenised Fungi*. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft, 1995. 173 p.
62. Arnolds E. The future of fungi in Europe: threats, conservation and management. Edited by D. Moore, M. M. Nauta, S. E. Evans, M. Rotheroe. In book: *Fungal Conservation*. Cambridge: Cambridge University, 2001. pp. 64-80.
63. Moore D. *Fungal conservation: issues and solutions*. Cambridge: Cambridge University, 2001. 131 p.
64. Mueller G. M., Dahlberg A. The global fungal red list initiative. *Inoculum*. 2013;64:1-2.
65. Mueller G. M. Progress in conserving fungi: Engagement and red listing. *BGjournal*. 2017;14(1):30-33. URL: <https://www.jstor.org/stable/e26369164>
66. Hibbett D. S., Donoghue M. J. Implications of phylogenetic studies for conservation of genetic diversity in shiitake mushrooms. *Conservation Biology*. 1996;10(5):1321-1327. URL: <https://www2.clarku.edu/faculty/dhibbett/Reprints%20PDFs/Hibbett%20and%20Donoghue%201996%20Conserv%20Biol.pdf>
67. Вимба Э. К. Грибы в «Красной книге СССР». *Микология и фитопатология*. 1986;20(6):522-524.
68. Красная книга СССР. Изд. 2-е, доп. и перераб. М.: Лесная промышленность, 1984. Т. 1. 392 с.; Т. 2. 480 с.
69. Светашева Т. Ю., Ребриев Ю. А., Воронина Е. Ю., Коваленко А. Е., Булах Е. М., Горбунова И. А., Кияшко А. А., Кудашова Н. Н., Морозова О. В., Перведенцева Л. Г., Саркина И. С., Ширяева О. С. Предложения в новое издание Красной книги РФ: агарикоидные и гастероидные базидиомицеты. *Современная микология в России: мат-лы 4-го Съезда микологов России*. Т. 6. М.: Национальная академия микологии, 2017. С. 156-158.
70. Красная книга Ленинградской области. Объекты растительного мира. Коллектив авторов. СПб.: Марафон, 2018. 848 с.
71. Ceci A., Angelini P., Iotti M., Lalli G., Leonardi M., Pacioni G., Perrone L., Pioli S., Siniscalco C., Spinelli V., Venturella G., Wagensommer R. P., Zotti M., Persiani A. M. Values and challenges in the assessment of coprophilous fungi according to the IUCN red list criteria: the case study of *Poronia punctata* (Xylariales, Ascomycota). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 2020;155(2):1-5. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1813833>
72. Красная книга природы Санкт-Петербурга. СПб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. 416 с.
73. Широких А. А. Новый вид гриба-аскомицета, обнаруженный в заповеднике «Нургуш». *Труды государственного природного заповедника «Нургуш*. Киров: ООО «Типография «Старая Вятка», 2015. Т. 3. С. 167-169. Режим доступа: https://disk.yandex.ru/i/1Hhai_rHpiaCX
74. Filippova N., Arefyev S., Zvyagina E., Kapitonov V., Makarova T., Mukhin V., Sedelnikova N., Stavishenko I., Shiryayev A., Tolpysheva T., Ryabitseva N., Paukov A. Fungal literature records database of the Northern West Siberia (Russia). *Biodiversity data journal*. 2020;8:e52963. DOI: <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e52963>
75. Irga P. J., Dominici L., Torpy F. R. The mycological social network: a way forward for conservation of fungal biodiversity. *Environmental Conservation*. 2020;47(4):243-250. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892920000363>

76. Hawksworth D. L. Funga and fungarium. IMA Fungus. 2010;1(1):9-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03449321>
77. Ando A. W., Camm J., Polasky S., Solow A. Species distributions, land values, and efficient conservation. Science. 1998;279 (5359):2126–2128. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.279.5359.2126>
78. Филиппова Н. В., Лапшина Е. Д. Коллекция ваучерных образцов грибов ЮГУ: значение и основы функционирования. Биологические коллекции Югры: сбор, фиксация, хранение, введение в научный оборот: мат-лы научно-метод. семинара в Музее Природы и Человека. Ханты-Мансийск: изд-во ИСБН, 2016. С. 73-85. Режим доступа: <https://www.ugrasu.ru/upload/iblock/3fb/rxtpz3nsirowvewm23q835tfbye4x6y0.pdf>
79. Филиппова Н. В., Бульонкова Т. М., Карпов Д. В., Лапшина Е. Д. Фунгарий Югорского университета и его база данных. Использование современных информационных технологий в ботанических исследованиях: мат-лы Международ. научн.-практ. конф. Апатиты: Кольский НЦ РАН, 2017. С. 137–142.
80. Psurtseva N. V., Kiyashko A. A., Gachkova E. Y., Belova N. V. Basidiomycetes culture collection LE (BIN) catalogue of strains. Moscow&Saint-Petersburg: КМК Scientific Press Ltd, 2007. 115 p.
81. Ильина Г. В., Ильин Д. Ю., Скобанев А. В. Коллекция культур базидиальных макромицетов (*Basidiomycota*) Пензенской ГСХА. Пенза: Пензенская ГСХА, 2009. 59 с.
82. Lo H. C., Hsieh C., Lin F. Y., Hsu T. H. A systematic review of the mysterious caterpillar fungus *Ophiocordyceps sinensis* in Dong-ChongXiaCao and related bioactive ingredients. Journal of traditional and complementary medicine. 2013;3(1):16-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24716152/>

References

- Ryan M. J., McCluskey K., Verkleij G., Robert V., Smith D. Fungal biological resources to support international development: Challenges and opportunities. World Journal of Microbiology and Biotechnology. 2019;35(9):139. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2709-7>
- Dahlberg A., Genney D. R., Heilmann-Clausen J. Developing a comprehensive strategy for fungal conservation in Europe: current status and future needs. Fungal Ecology. 2010;3(2):50-64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2009.10.004>
- Allen J. L., Lendemer J. C. Fungal conservation in the USA//Endangered species research. 2015;28(1):33-42. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr00678>
- Hawksworth D. L. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. Mycological research. 2001;105(12):1422-1432. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0953756201004725>
- Blackwell M. The fungi: 1, 2, 3 ... 5.1 million species? American Journal of Botany. 2011;98 (3):426-438. DOI: <https://doi.org/10.3732/AJB.1000298>
- Taylor D. L., Hollingsworth T. N., McFarland J. W., Lennon N. J., Nusbaum C., Ruess R. W. A first comprehensive census of fungi in soil reveals both hyperdiversity and fine-scale niche partitioning. Ecological Monographs. 2014;84(1):3-20. DOI: <https://doi.org/10.1890/12-1693.1>
- Hawksworth D. L., Lücking R. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. In: The fungal kingdom. ASM Journals. Microbiology Spectrum. 2017;5(4):79-95. DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0052-2016>
- Blackwell M., Vega F. E. Lives within lives: Hidden fungal biodiversity and the importance of conservation. Fungal Ecology. 2018;35:127-134. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2018.05.011>
- Tripp E., Zhang N., Schneider H., Huang Y., Mueller G. M., Hu Z., Häggblom M., Bhattacharya D. Reshaping Darwin's tree: impact of the symbiome. Trends in ecology & evolution. 2017;32(8):552-555. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2017.05.002>
- Senn-Irlet B., Heilmann-Clausen J., Dahlberg A. Guidance for the conservation of mushrooms in Europe. Council of Europe Publishing, Strasbourg. 2007. 34 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/259323515_Guidance_for_conservation_of_macrofungi_in_Europe
- Allen J. L., Lendemer J. C. Fungal conservation in the USA. Endangered species research. 2015;28(1):33-42. DOI: <https://doi.org/10.3354/esr00678>
- Nikolaev G. V., Kositsyn V. N. *Gribnye resursy Rossii*. [Mushroom resources of Russia]. *Lesnoe khozyaystvo*. 2000;(3):12. (In Russ.). URL: https://www.booksite.ru/les_hvo/2000.htm
- Adl S. M., Simpson A. G. B., Lane C. E., Lukeš J., Bass D., Bowser S. S., Brown M. W., Burki F., Dunthorn M., Hampl V., Heiss A., Hoppenrath M., Lara E., Le Gall L., Lynn D. H., McManus H., Mitchell E. A. D., Mozley-Stanridge S. E., Parfrey L. W., Pawłowski J., Rueckert S., Shadwick L., Schoch C. L., Smirnow A., Spiegel F. W. The revised classification of eukaryotes. Journal of eukaryotic microbiology. 2012;59(5):429-514. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1550-7408.2012.00644.x>
- Kirk P. M., Cannon P. F., Minter D. W., Stalpers J. A. Dictionary of the fungi. 10th ed. CABI Europe – UK. 2008. 771 p.

15. Gololobova M. A. *Polozhenie «nizshikh rasteniy» v sisteme organicheskogo mira*. [The position of "lower plants" on the tree of life]. *50 let bez K. I. Meyera: XIII Moskovskoe soveshchanie po filogenii rasteniy: mat-ly Mezhdunarod. konf.* [50 years without K.I. Meyer: XIII Moscow meeting on plant phylogeny: Proceedings of the International Conference]. Moscow: MAKS Press, 2015. pp. 99-104.
URL: https://istina.msu.ru/media/publications/article/873/c67/9307771/xiii_mosk_sovesch_filolog_rast_2015.pdf
16. Abrego N., Oivanen P., Viner I., Nordén J., Penttilä R., Dahlberg A., Heilmann-Clausen J., Somervuo P., Ovaskainen O., Schigel D. Reintroduction of threatened fungal species via inoculation. *Biological Conservation*. 2016;203:120-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.09.014>
17. Tedersoo L., Bahram M., Pöhlme S., Kõljalg U., Yorou N. S., Wijesundera R., Smith M. E., et al. Global diversity and geography of soil fungi. *Science*. 2017;346(6213):1256688. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1256688>
18. Bondartseva M. A. *Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok afilloforovye*. [Definitorium fungorum Rossiae. Ordo Aphyllophorales]. Saint-Petersburg: Nauka, 1998. 391 p. URL: <https://booksee.org/book/545674>
19. Zmitrovich I. V. *Opredelitel' gribov Rossii. Poryadok Afilloforovye. Vyp. 3. Semeystva Atelievye i Amilokortitsievye*. [The determinant of mushrooms of Russia. The order is Aphyllophorous. Issue 3. Atelium and Amylocorticium families]. Moscow-Saint-Petersburg: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. 287 p. URL: <http://www.bookposter.ru/info/booksonbiology/729.html>
20. Zmitrovich I. V., Malysheva E. F., Malysheva V. F. *Nekotorye terminy i ponyatiya mikogeografii: kriticheskii obzor*. [Some terms and concepts of mycogeography: a critical review]. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*. 2003;(4):173-188. (In Russ.).
21. Cooke R. C., Whipps J. M. The evolution of modes of nutrition in fungi parasitic on terrestrial plants. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*. *Biological Reviews*. 1980;55(3):341-362.
22. Perevedentseva L. G. *Agarikovye griby*. [Agaricoid fungi]. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*. 1999;5(3):69-76. (In Russ.).
23. Burova L. G. *Ekologiya gribov makromitsetov*. [Ecology of fungi of macromycetes]. Moscow: Ripol Klassik, 1986. 222 p. URL: <https://booksee.org/book/545166>
24. Malysheva V. F., Malysheva E. F. *Vysshie bazidiomitsety lesnykh i lugovykh ekosistem Zhiguley*. [Higher basidiomycetes of forest and meadow ecosystems of Zhiguli]. Moscow-Saint-Petersburg: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. 242 p. URL: <https://booksee.org/book/696242>
25. Van der Heijden M. G., Martin F. M., Selosse M. A., Sanders I. R. Mycorrhizal ecology and evolution: the past the present and the future. *New Phytologist*. 2015;205(4):1406-1423. DOI: <https://doi.org/10.1111/nph.13288>
26. Watkinson S. C., Boddy L., Money N. *The Fungi*. San Diego: Academic Press, 2016. 466 p. URL: <https://www.elsevier.com/books/the-fungi/watkinson/978-0-12-382034-1>
27. Smit S. E., Rid D. Dzh. *Mikoriznyy simbioz*. [Mycorrhizal symbiosis]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012. 776 p.
28. Karatygin I. V. *Koevolyutsiya gribov i rasteniy*. [Coevolution of fungi and plants]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1993. 118 p. URL: https://litgu.ru/knigi/estesstv_nauki/97370-koevolyuciya-gribov-i-rasteniy.html
29. Simard S. W., Durall D. M. Mycorrhizal networks: a review of their extent, function, and importance. *Canadian Journal of Botany*. 2004;82 (8): 1140-1165. DOI: <https://doi.org/10.1139/b04-116>
30. Simard S. W., Jones M. D., Durall D. M. Carbon and nutrient fluxes within and between mycorrhizal plants. In book: *Mycorrhizal Ecology*. Berlin: Springer-Verlag, 2002. pp. 33-74.
URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-540-38364-2_2
31. Mukhin V. A., Voronin P. Yu., Sukhareva A. V., Kuznetsov V. V. *Gribnoe razlozhenie drevesiny pri potepnenii klimata v boreal'no-gumidnoy lesorastitel'noy zone*. [Wood decomposition by fungi in the boreal-humid forest zone under the conditions of climate warming]. *Doklady Akademii nauk*. 2010;431(3):423-425. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=13727056>
32. Storozhenko V. G. *Mikotsenoz i mikotsenologiya. Teoriya i eksperiment*. [Mycocenosis and mycocenology. Theory and experiment]. Tula: *Grif i K*, 2012. 192 p.
33. Mukhin V. A. *Biota ksilotrofnykh bazidiomitsetov Zapadno-Sibirskoy ravniny*. [Biota of xylophilic basidiomycetes of the West Siberian Plain]. Ekaterinburg: Nauka, 1993. 479 p.
34. Yurtsev B. A. *Ekologo-geograficheskaya struktura biologicheskogo raznoobraziya i strategiya ego ucheta i okhrany*. [Ecological and geographical structure of biological diversity and the strategy of its accounting and protection]. *Biologicheskoe raznoobrazie: podkhody k izucheniyu i sokhraneniyu: mat-ly konf. BIN RAN i ZIN RAN*. [Biological diversity: approaches to the study and conservation]. Saint-Petersburg: BIN RAN, 1992. pp. 7-21.
35. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)*. [Red Data Book of the Russian Federation (plants and fungi)]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. 855 p.
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22689258&selid=29818517>
36. Arefev S. P. *O sistemnom podkhode k okhrane redkikh vidov gribov*. [On system approach to protection of rare plants]. *Vestnik ekologii, lesovedeniya i landshaftovedeniya*. 2008;(8):3-14. (In Russ.).
URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=11730088>

37. Safonov M. A., Safonova T. I. *Teoreticheskie i prakticheskie aspekty sokhraneniya bioraznoobraziya mikrobioty Yuzhnogo Priural'ya*. [Theoretical and practical aspects of preservation of biodiversity of the south Preural microbiota]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta* = Vestnik of the Orenburg State University. 2010;(6(112)):29-33. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15105505>
38. Begon M., Harper J. L., Townsend C. R. *Ecology: Individuals, populations and communities*. Oxford etc: Blackwell, 1986. 875 p.
39. Kolonin G. V., Gerasimov S. M., Morozov V. N. *Biologicheskoe zagryaznenie*. [Biological pollution]. *Ekologiya*. 1992;(2):8-94. (In Russ.).
40. Arefev S. P. *Rasprostranenie gribov-biozagryazniteley pri antropogennoy transformatsii zapadnosibirskoy taygi*. [The spread of bio-contaminant fungi during the anthropogenic transformation of the West Siberian taiga]. *Finno-ugorskiy mir: Sostoyanie prirody i regional'naya strategiya zashchity okruzhayushchey sredy: tez. dokl. Mezhdunar. konf.* [Finno-Ugric World: State of Nature and Regional Strategy for Environmental Protection. Proceedings Int. conf.]. *Pod red. A. I. Taskaev, I. V. Rapota*. Syktyvkar: IB Komi NTs UrO RAN, 1997. pp. 7.
41. *Krasnaya kniga Kirovskoy oblasti: zhivotnye, rasteniya, griby*. [Red Book of the Kirov Region: Animals, Plants, Fungi]. *Pod red. O. G. Baranovoy i dr. 2-e izd.* Kirov: Kirovskaya oblastnaya tipografiya, 2014. 336 p.
42. Svetasheva T. Yu. *O kriteriyakh otbora vidov gribov dlya Krasnoy knigi Rossii*. [On the selection criteria for fungi species for the Red Data Book of Russia]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii: mat-ly III Mezhdunarod. mikologicheskogo foruma*. [Current Mycology in Russia: Proceedings of the III International Mycological Forum]. Vol.4. Iss. 2. *Bioraznoobrazie i ekologiya gribov*. [Fungal biodiversity and ecology]. Moscow: *Natsional'naya akademiya mikologii*, 2015. pp. 121-123. URL: <http://www.mycology.ru/files/cmr2015vol4.pdf>
43. Ilyin D. Yu., Ivanov A. I., Morozova M. I., Ilyina G. V., Garibova L. V. *Problemy sokhraneniya vidov ksilotrofnyykh bazidiomitsetov, zanesennykh v Krasnuyu knigu Penzenskoy oblasti*. [Problems of conservation of the species of xylophilic basidiomycetes, listed in the red data book of Penza region]. *Niva Povolzh'ya* = Volga Region Farmland. 2012;(4):20-26. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=20145231>
44. Perevedentseva L. G., Shilkova T. A. *Redkie vidy gribov na territorii Chernyaevskogo lesa*. [Rare species of mushrooms on the territory of Chernyaevsky forest]. *Geograficheskiy vestnik* = Geographical Bulletin. 2014;(1(28)):109-111. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=21468175>
45. Novozhilov Yu. K., Malysheva V. F., Malysheva E. F., Shchepin O. N., Azarov D. V., Zmitrovich I. V., Volobuev S. V., Kovalenko A. E. *Skrytoe raznoobrazie gribov i griboobraznykh protistov v prirodnykh ekosistemakh: problemy i perspektivy*. [Hidden diversity of fungi and fungus-like protists in natural ecosystems: problems and prospects]. *Biosfera*. 2016;8(2):202-215. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26620021>
46. Thomsen P. F., Willerslev E. Environmental DNA – An emerging tool in conservation for monitoring past and present biodiversity. *Biological Conservation*. 2015;183:4-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.11.019>
47. Bergsten J., Bilton D. T., Fujisawa T., Elliott M., Monaghan M. T., Balke M., Hendrich L., Geijer J., Herrmann J., Foster G. N., Ribera I., Nilsson A. N., Barraclough T. G., Vogler A. P. The effect of geographical scale of sampling on DNA barcoding. *Systematic Biology*. 2012;61 (5):851-869. DOI: <https://doi.org/10.1093/Sysbio/Sys037>
48. Schoch C. L., Robbertse B., Robert V., Vu D., Cardinali G., Irinyi L., Federhen S. et al. Finding needles in haystacks: linking scientific names, reference specimens and molecular data for Fungi. *J. Biol. Databases Cur*. 2014;2014:1-21. DOI: <https://doi.org/10.1093/database/bau061>
49. Xu J. Fungal DNA barcoding. *Genome*. 2016;59(11):913-932. DOI: <https://doi.org/10.1139/gen-2016-0046>
50. Nguyen N. H., Song Z., Bates S. T., Branco S., Tedersoo L., Menke J., Schilling J. S., Kennedy P. G. FUNGuild: an open annotation database for parsing fungal community datasets by ecological guild. *Fungal Ecol*. 2016;20:241-248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2015.06.006>
51. Ratnasingham S., Hebert P. D. N. BOLD: the Barcode of Life Data System. *Mol. Ecol. Notes*. 2007;7:355-364. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01678.x>
52. Ding J., Zhang Y., Deng Y., Cong J., Lu H., Sun X., Yuan T., Van Nostrand J. D., Li D., Zhou J., Yang Y. Integrated metagenomics and network analysis of soil microbial community of the forest timberline. *Sci. Rep*. 2015;5:7994. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep07994>
53. Pochon X., Zaiko A., Fletcher L. M., Laroche O., Wood S. A. Wanted dead or alive? Using metabarcoding of environmental DNA and RNA to distinguish living assemblages for biosecurity applications. *PLoS One*. 2017;12(11):1-19. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187636>
54. Wu B., Hussain M., Zhang W., Stadler M., Liu X., Xiang M. Current insights into fungal species diversity and perspective on naming the environmental DNA sequences of fungi. *Mycology*. 2019;10(3):127-140. DOI: <https://doi.org/10.1080/21501203.2019.1614106>
55. Dahlberg A., Mueller G. M. Applying IUCN red-listing criteria for assessing and reporting on the conservation status of fungal species. *Fungal ecology* 2011;4(2):147-162. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2010.11.001>
56. Smith M. L., Bruhn J. N., Anderson J. B. The fungus *Armillaria bulbosa* is among the largest and oldest living organisms. *Nature*. 1992;356 (6368):428-431. DOI: <https://doi.org/10.1038/356428a0>

57. Anderson J. B., Bruhn J. N., Kasimer D., Wang H., Rodrigue N., Smith M. L. Clonal evolution and genome stability in a 2500-year-old fungal individual. *Proceedings of the Royal Society*. 2018;285 (1893):2018-2233. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.2233>
58. Li Yu, Wang Qi. The development of the fungal resources conservation system «One District, One Herbarium and Five Banks» and its application on Qinghai-Tibet plateau. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(1):29-35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.1.29-35>
59. *Lekarstvennye griby v traditsionnoy kitayskoy meditsine i sovremennykh biotekhnologiyakh*. [Medicinal mushrooms in traditional Chinese medicine and modern biotechnology]. Pod red. V. A. Sysueva. Kirov: O-Kratkoe, 2009. 320 p.
60. Arnolds E., Jansen A. E. Conclusions of the First Meeting of the European Committee on the Protection of fungi. Conservation of Fungi and other Cryptogams in Europe. Lodz. 1991. pp. 52-68.
61. Scheidegger C., Wolseley P. A., Thor G. Conservation Biology of Lichenised Fungi. Birmensdorf: Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft, 1995. 173 p.
62. Arnolds E. The future of fungi in Europe: threats, conservation and management. Edited by D. Moore, M. M. Nauta, S. E. Evans, M. Rotheroe. In book: Fungal Conservation. Cambridge: Cambridge University, 2001. pp. 64-80.
63. Moore D. Fungal conservation: issues and solutions. Cambridge: Cambridge University, 2001. 131 p.
64. Mueller G. M., Dahlberg A. The global fungal red list initiative. *Inoculum*. 2013;64:1-2.
65. Mueller G. M. Progress in conserving fungi: Engagement and red listing. *BGjournal*. 2017;14(1):30-33. URL: <https://www.jstor.org/stable/e26369164>
66. Hibbett D. S., Donoghue M. J. Implications of phylogenetic studies for conservation of genetic diversity in shiitake mushrooms. *Conservation Biology*. 1996;10(5):1321-1327. URL: <https://www2.clarku.edu/faculty/dhibbett/Reprints%20PDFs/Hibbett%20and%20Donoghue%201996%20Conserv%20Biol.pdf>
67. Vimba E. K. *Griby v «Krasnoy knige SSSR»*. [Mushrooms in the "Red Book of the USSR"]. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and Phytopathology*. 1986;20(6):522-524. (In Russ.).
68. *Krasnaya kniga SSSR*. [Red Data Book of the USSR]. *Izd. 2-e, dop. i pererab.* Moscow: *Lesnaya promyshlennost'*, 1984. Vol. 1. 392 p.; Vol. 2. 480 p.
69. Svetasheva T. Yu., Rebriev Yu. A., Voronina E. Yu., Kovalenko A. E., Bulakh E. M., Gorbunova I. A., Kiyashko A. A., Kudashova N. N., Morozova O. V., Pervedentseva L. G., Sarkina I. S., Shiryaeva O. S. *Predlozheniya v novoe izdanie Krasnoy knigi RF: agarikoidnye i gasteroidnye bazidiomitsety*. [Proposals for a new edition of the Red Book of the Russian Federation: agaricoid and gastrooid basidiomycetes]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii: mat-ly 4-go S"ezda mikologov Rossii*. [Modern Mycology in Russia: materials of the 4th Congress of mycologists of Russia]. Moscow: *Natsional'naya akademiya mikologii*, 2017. Vol. 6. pp. 156-158.
70. *Krasnaya kniga Leningradskoy oblasti. Ob"ekty rastitel'nogo mira*. [The Red Book of the Leningrad region. Objects of the plant world]. *Kollektiv avtorov*. Saint-Petersburg: *Marafon*, 2018. 848 p.
71. Ceci A., Angelini P., Iotti M., Lalli G., Leonardi M., Pacioni G., Perrone L., Pioli S., Siniscalco C., Spinelli V., Venturella G., Wagenommer R. P., Zotti M., Persiani A. M. Values and challenges in the assessment of coprophilous fungi according to the IUCN red list criteria: the case study of *Poronia punctata* (Xylariales, Ascomycota). *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 2020;155(2):1-5. DOI: <https://doi.org/10.1080/11263504.2020.1813833>
72. *Krasnaya kniga prirody Sankt-Peterburga*. [Red data book of nature of Saint-Petersburg]. Saint-Petersburg: *ANO NPO «Professional»*, 2004. 416 p.
73. Shirokikh A. A. *Novyy vid griba-askomitseta, obnaruzhenny v zapovednike «Nurgush»*. [A new species of ascomycete fungus found in the Nurgush reserve]. *Trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Nurgush»*. [Proceedings of the state natural reserve "Nurgush"]. Kirov: *OOO «Tipografiya «Staraya Vyatka»*, 2015. Vol. 3. pp. 167-169. URL: https://disk.yandex.ru/i/1Hhai_rHpiaCX
74. Filippova N., Arefyev S., Zvyagina E., Kapitonov V., Makarova T., Mukhin V., Sedelnikova N., Stavishenko I., Shiryaev A., Tolpysheva T., Ryabitseva N., Paukov A. Fungal literature records database of the Northern West Siberia (Russia). *Biodiversity data journal*. 2020;8:e52963. DOI: <https://doi.org/10.3897/BDJ.8.e52963>
75. Irga P. J., Dominici L., Torpy F. R. The mycological social network: a way forward for conservation of fungal biodiversity. *Environmental Conservation*. 2020;47(4):243-250. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0376892920000363>
76. Hawksworth D. L. Funga and fungarium. *IMA Fungus*. 2010;1(1):9-10. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF03449321>
77. Ando A. W., Camm J., Polasky S., Solow A. Species distributions, land values, and efficient conservation. *Science*. 1998;279 (5359):2126-2128. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.279.5359.2126>

78. Filippova N. V., Lapshina E. D. *Kollektsiya vauchernykh obraztsov gribov YuGU: znachenie i osnovy funkcionirovaniya*. [Voucher collection of fungi in YSU: value and the basic principles of functioning]. *Biologicheskie kollekcii Yugry: sbor, fiksatsiya, khranenie, vvedenie v nauchnyy oborot: mat-ly nauchno-metod. seminara v Muzee Prirody i Cheloveka*. [Biological collections of Yugra: organization and scientific activity. Materials of scientific-methodological workshop]. Khanty-Mansiysk: *izd-vo ISBN*, 2016. pp. 73-85.

URL: <https://www.ugrasu.ru/upload/iblock/3fb/rxtpz3nsirowvewm23q835tfbye4x6y0.pdf>

79. Filippova N. V., Bul'onkova T. M., Karpov D. V., Lapshina E. D. *Fungariy Yugorskogo universiteta i ego baza dannykh*. [Fungarium of Yugra state university and its database]. *Ispol'zovanie sovremennykh informatsionnykh tekhnologiy v botanicheskikh issledovaniyakh: mat-ly Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf.* [Proceedings of the International scientific and practical conference]. Apatity: *Kol'skiy NTs RAN*, 2017. pp. 137-142.

80. Psurtseva N. V., Kiyashko A. A., Gachkova E. Y., Belova N. V. *Basidiomycetes culture collection LE (BIN) catalogue of strains*. Moscow&Saint-Petersburg: KMK Scientific Press Ltd, 2007. 115 p.

81. Ilyina G. V., Ilyin D. Yu., Skobanev A. V. *Kollektsiya kul'tur bazidial'nykh makromitsetov (Basidiomycota) Penzenskoy GSKhA*. [Collection of cultures of basidial macromycetes (*Basidiomycota*) of the Penza State Agricultural Academy]. Penza: *Penzenskaya GSKhA*, 2009. 59 p.

82. Lo H. C., Hsieh C., Lin F. Y., Hsu T. H. A systematic review of the mysterious caterpillar fungus *Ophiocordyceps sinensis* in Dong-ChongXiaCao and related bioactive ingredients. *Journal of traditional and complementary medicine*. 2013;3(1):16-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24716152/>

Сведения об авторах

Широких Александр Анатольевич, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биотехнологии растений и микроорганизмов, 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7808-0376>

✉ **Широких Ирина Геннадьевна**, доктор биол. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений и микроорганизмов, 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3319-2729>, e-mail: irgenal@mail.ru

Information about the authors

Alexander A. Shirokikh, DSc in Biological Science, leading researcher, the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms, 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,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7808-0376>

✉ **Irina G. Shirokikh**, DSc in Biological Science, professor, leading researcher, Head of the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms, 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,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3319-2729>, e-mail: irgenal@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>

УДК 633.111.1(470.342):631.52

Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области© 2021. О. С. Амунова¹✉, Л. В. Волкова¹, Е. В. Зуев², А. В. Харина¹¹ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация,²ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В условиях Кировской области изучено 375 образцов мягкой яровой пшеницы из коллекции Федерального исследовательского центра Всероссийского института генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова (ВИР) различного эколого-географического происхождения (из 30 стран). Оценка исходного материала по урожайности, продолжительности вегетационного периода, высоте растений, устойчивости к полеганию, продуктивности колоса и растения, массе 1000 зерен представлена в виде 9-балльной системы выраженности признака за три года полевого изучения. В качестве источников для селекции рекомендованы сорта, сочетающие высокую урожайность (5,0...9,0 баллов) с высоким уровнем хозяйственно ценных признаков (7,0...9,0 баллов). Максимальный средний балл (9,0) по урожайности отмечен у сорта Карабалыкская 91 (Казахстан). Оптимальной высотой (53,9...74,0 см) и устойчивостью к полеганию характеризовались сорта: Эстивум 155 (Россия), Кворум (Украина), Eros, Ethos, Nandu, Schenk и KBC Аквилон (Германия), AC Phil и PT-741 (Канада), Hybrid (Мексика), Leguan (Чехия), PS-133 (Китай) и SSL 25-26 (США). Раннеспелостью отличались отечественные сорта Скала и Ирень (80...87 суток). Образцы Линия 3691h, Изида, ФПЧ-Ррд-т, Геракл и Сибирская 16 (Россия), Кворум (Украина), Attis и Nandu (Германия), Musket (Англия) выделялись по длине (7,3...8,8 см) и озерненности главного колоса (32,1...39,9 шт.). Сорта Воронежская 16, Геракл, Саратовская 72, Саратовская 73, Сибирская 16, Серебристая, ФПЧ-Ррд-т и Экада 6 (Россия), Анилаг и Кворум (Украина), AC Gabriel и Hoffman (Канада), Attis и Nandu (Германия) отличались высокой массой зерна с колоса (1,28...1,58 г). Сорта Закамская (Россия), Рассвет (Беларусь), AC Cadillac (Канада) и PS-95 (Китай) рекомендованы как источники высокобелковости. Показано, что урожайность пшеницы в регионе связана с высотой растений ($r = 0,67$), элементами продуктивности колоса и растения ($r = 0,24...0,41$), содержанием белка ($r = -0,49$) и не зависит от массы 1000 зерен ($r = 0,04$). Выделены 16 образцов с комплексной устойчивостью к доминирующим грибным болезням. Образцы Алтайская 110, Кинельская 61, Линия 2, Лютеценс 30 и Эстивум V313 (Россия) сочетали высокую урожайность с аллюмоустойчивостью. Сорта Алтайская 100, Базанская 95, Линия 3691h, Новосибирская 20 и Эстивум 155 (Россия), Klein Vencedor (Аргентина) и NOS Norko (Германия) характеризовались высокой урожайностью и засухоустойчивостью. На основании полученных результатов создан банк источников хозяйственно ценных признаков, позволяющий привлекать в селекционный процесс генотипы, адаптированные к условиям региона.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., генетические ресурсы, коллекция ВИР, сорт, источник, продуктивность, устойчивость, болезни

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема №0528-2019-0093).

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела эдафической устойчивости растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока за содействие в проведении лабораторной оценки сортов пшеницы на устойчивость к эдафическим факторам.

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Амунова О. С., Волкова Л. В., Зуев Е. В., Харина А. В. Исходный материал для селекции мягкой яровой пшеницы в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):661-675. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>

Поступила: 16.02.2021

Принята к публикации: 07.09.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Source for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Kirov region

© 2021. Oksana S. Amunova¹✉, Lyudmila V. Volkova¹, Evgeniy V. Zuev², Anastasiya V. Kharina¹

¹Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

²N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), Saint-Petersburg, Russian Federation

In the conditions of the Kirov region, 375 samples of soft spring wheat of various ecological and geographical origin (from 30 countries) of the Federal Research Centre N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) collection were studied. The assessment of the source material by yield, duration of the growing season, plant height, lodging resistance, productivity of the ear and plant, 1000-grain mass is presented in the form of a 9-point system of the severity of the trait for three years of field study. As sources for breeding, varieties that combine high yield (5.0...9.0 points) with a high level of economically valuable traits (7.0...9.0 points) were identified. The maximum average point (9.0) for yield capacity was noted by the variety Karabalykskaya 91 (Kazakhstan). The optimal height (53.9...74.0 cm) and lodging resistance were noted in the varieties: Estivum 155 (Russia), Kvorum (Ukraine), Epos, Ethos, Nandu, Schenk and KVS Akvilon (Germany), AC Phil and PT-741 (Canada), Hybrid (Mexico), Leguan (Czech), PS-133 (China) and SSL 25-2 (USA). Early maturation was distinguished in the domestic varieties Skala and Iren (80...87 days). The samples Line 3691h, Izida, FPCh-Ppd-m, Gerakl, Sibirskaya 16 (Russia), Kvorum (Ukraine), Attis and Nandu (Germany), Musket (England) were distinguished by the length (7.3...8.8 cm) and the number of grain of the main ear (32.1...39.9 pcs.). The varieties Voronezhskaya 16, Gerakl, Saratovskaya 72, Saratovskaya 73, Sibirskaya 16, Serebristaya, FPCh-Ppd-m and Ekada 6 (Russia), Anshlag and Kvorum (Ukraine), AC Gabrieland Hoffman (Canada), Attis and Nandu (Germany) were distinguished by a high grain weight per ear (1.28...1.58 g). The varieties Zakamskaya (Russia), Rassvet (Belarus), AC Cadillac (Canada) and PS-95 (China) are recommended as sources of high protein content. It is shown that the wheat yield in the region is closely related to the plant height ($r = 0.67$), the ear and plant productivity elements ($r = 0.24...0.41$), the protein content ($r = -0.49$) and does not depend on the 1000-grain mass ($r = 0.04$). Sixteen samples were identified with complex resistance to dominating fungal diseases. Samples Altajskaya 110, Kinelskaya 61, Line 2, Lutescens 30 and Estivum V313 (Russia) combined high yield with aluminum resistance. Varieties Altajskaya 100, Baganskaya 95, Line 3691h, Novosibirskaya 20 and Estivum 155 (Russia), Klein Vencedor (Argentina) and NOS Norko (Germany) were characterized by high yield and drought resistance. Based on the obtained results, a bank of sources of economically valuable traits was created, which allows to involve genotypes adapted to the conditions of the region in the breeding process.

Keywords: *Triticum aestivum* L., genetic resources, VIR collection, variety, source, productivity, resistance, plant diseases

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.0528-2019-093).

The authors thank the researchers of the Department of Plant Edaphic Resistance of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky for assistance in conducting a laboratory assessment of wheat varieties for resistance to edaphic factors.

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: Amunova O. S., Volkova L. V., Zuev E. V., Kharina A. B. Source for the breeding of soft spring wheat in the conditions of Kirov region. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):661-675. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.661-675>

Received: 16.02.2021

Accepted for publication: 07.09.2021

Published online: 27.10.2021

Яровая пшеница является важной продовольственной и фуражной культурой, посевы которой в России ежегодно занимают около 12 млн га. Основными регионами возделывания яровой пшеницы являются Поволжье, Западная и Восточная Сибирь, Урал. Наблюдается устойчивая тенденция продвижения культуры на север.

Агроклиматические условия восточной части европейской территории России, куда входит Кировская область, характеризуются неустойчивостью погоды либо из-за частой смены воздушных масс, либо длительного воздействия одной воздушной массы, создающей погодную аномалию на целые месяцы.

Пахотные угодья региона расположены преимущественно на дерново-подзолистых почвах невысокого плодородия [1, 2]. Среднее количество осадков составляет 544 мм в год, при этом наибольшая их часть приходится на июль или август. Значения гидротермического коэффициента (ГТК) широко варьируют, но среднее его значение говорит о превышении осадков над испарением и интенсивном формировании поверхностного стока [3]. В сентябре ГТК почти по всей зоне превышает 1,6, поэтому уборочные работы проводятся в неблагоприятных погодных условиях. Период активного роста растений колеблется от 100 до 130 дней [4].

Важной и актуальной задачей для стабилизации производства зерна на фоне широкого варьирования агроклиматических условий является создание сортов, обеспечивающих высокие урожаи и высокое качество продукции [5]. В Кировской области затребованы конкурентные сорта, обладающие комплексом адаптивно значимых признаков: коротким сроком вегетации, устойчивостью к полеганию, ранней засухе, повышенной кислотности почвы, листостебельным и колосковым инфекциям. Трудности в получении таких сортов связаны с тем, что все эти признаки должны сочетаться с ростом потенциала урожайности, который часто отрицательно с ними связан [6]. Необходим генетически разнообразный, хорошо охарактеризованный исходный материал, включающий источники и доноры селекционно-ценных признаков и являющийся хранилищем коадаптированных блоков генов адаптации к специфичным, в т. ч. экстремальным условиям среды [7, 8]. Расширенное изучение образцов яровой пшеницы из коллекции ВИР является основным условием для решения данной проблемы.

Цель исследований – изучение генетического разнообразия мягкой яровой пшеницы в Кировской области, создание банка генетических источников по комплексу хозяйственно ценных признаков, поиск новых эффективных источников устойчивости к абиотическим и биотическим стрессорам, в т. ч. на жестких инфекционных фонах.

Материал и методы. Исследования проводили в 2008...2019 гг. на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Образцы мягкой яровой пшеницы, полученные из коллекции ВИР, изучали в течение трех последовательных лет. Всего было изучено 375 образцов пшеницы из 30 стран мира, в т. ч. из России – 190, Казахстана и Канады – по 23, Украины – 21, Китая – 18, США – 17, Мексики – 15, Германии – 10, Швеции – 8, Алжира – 6, Беларуси и Польши – по 5 образцов и т. д.

Погодные условия в годы исследования характеризовались следующими значениями: средняя многолетняя сумма осадков с мая по август составила 262 мм, средняя многолетняя сумма эффективных температур – 1404 °С. Исходя из того, что среднемноголетнее значе-

ние ГТК составило 1,9, типичные для зоны условия сложились в 2008, 2009, 2011, 2012, 2015, 2018 и 2019 гг. (ГТК = 1,6...2,3). Недостаточное увлажнение отмечалось в 2010, 2013, 2014 и 2016 гг. (ГТК = 1,4), избыточное увлажнение наблюдалось в 2017 г. (ГТК = 3,0).

Посев образцов проводили по чистому пару в оптимальные сроки на делянках площадью 1,0 м² в двукратной повторности, норма высева 300 всхожих семян на 1 м². По мере включения в Государственный реестр сортов, допущенных к использованию в РФ, стандартами служили: раннеспелый сорт Ирень (к-62633, Свердловская обл.), среднеранний сорт Баженка (к-64870, Кировская обл.), среднеспелые сорта Приокская (к-62637, Московская обл.), Симбирцит (к-64548, Ульяновская обл.) и Маргарита (к-64851, Ульяновская обл.). Стандарты размещали через 20 номеров коллекции. Анализ структуры продуктивности и учет урожая проводили по методическим указаниям ВИР^{1,2}.

Главной задачей при создании и анализе оценочной базы данных было получение полной характеристики сортов и линий в условиях Кировской области. С целью выявления лучших образцов проводили их сравнение по селекционно-ценным признакам как в пределах одного года изучения, так и в разные годы. Была использована 9-балльная система выражения количественных признаков, применяемая отделом генетических ресурсов пшеницы ВИР с 1980 г. [9]: 9 – самое высокое, 7 – высокое, 5 – среднее, 3 – низкое, 1 – самое низкое значение признака (для признаков «продолжительность вегетационного периода» и «высота растения» больший балл соответствует минимальным значениям). Расчет баллов проводили по принципу: для каждого количественного признака в пределах одного года изучения определяются максимальные и минимальные значения, разница между значениями делится на 5 и определяется интервал балла. На основании этого интервала присваивается соответствующий балл каждому значению количественного признака. Для установления лучших по отдельным селекционно-ценным признакам образцов используется средний балл, рассчитанный как среднее за трехлетний период.

¹Градчанинова О. Д., Филатенко А. А., Руденко М. И. Изучение коллекции пшеницы. Методические указания. Л.: ВИР, 1985. 26 с.

²Мережко А. Ф., Удачин Р. А., Филатенко А. А., Сербин А. А., Ляпунова О. А. и др. Пополнение, сохранение в живом виде и изучение мировой коллекции пшеницы, эгилопса и тритикале. Методические указания. СПб.: ВИР, 1999. С. 32-35.

Изучение устойчивости пшеницы к болезням проводили на естественном и искусственном инфекционных фонах. Степень поражения бурой ржавчиной и мучнистой росой оценивали по 9-балльной шкале на естественном фоне при эпифитотийном развитии болезней [10]. Учёт степени поражения сортов септориозом листьев проводили по модифицированной шкале Сари-Прескотта³. Устойчивость образцов к пыльной головне оценивали на искусственном инфекционном фоне⁴. Содержание белка в зерне определяли на приборе «Inframatic 8620», оценивание в баллах проводили по году, в котором дифференциация признака у сортов была выражена сильнее. Оценку устойчивости сортов и линий пшеницы к ионам алюминия и засухе проводили лабораторным способом в фазу проростков соответственно по методикам Е. М. Лисицына⁵ и Н. Н. Кожушко, А. М. Волковой⁶. Данные лабораторных и полевых исследований обрабатывали статистически с использованием пакетов программ Microsoft Office Excel 2007. Математическую обработку данных по элементам урожайности образцов проводили по соответствующим методикам⁷.

Результаты и их обсуждение. Для мягкой яровой пшеницы, возделываемой в Кировской области, разработана сортовая модель [11], согласно которой при максимальной заданной урожайности высота стебля должна составлять 90...100 см, длина колоса – 8,0...8,5 см, озерненность колоса – 30...35 шт., масса зерна с колоса – 1,2...1,5 г, масса 1000 зерен – 40...42 г. При создании сорта важно стремиться к сочетанию в нем максимальной выраженности хозяйственно полезных признаков. Учитывая, что при выборе компонента для скрещивания яркая выраженность интересующего признака будет ценна только в случае, если ею обладает форма, сформировавшая урожайность не ниже 70 % к стандарту [12], в работе представлены и обсуждаются только такие генотипы.

Продолжительность вегетационного периода является показателем адаптивности пшеницы и играет важную роль в формировании урожая [13]. Период «всходы-восковая спелость» у образцов коллекции варьировал в зависимости от года и генотипа в пределах 66...111 суток. У раннеспелых стандартов Ирень и Баженка он изменялся от 69 до 100 суток, у среднеспелых – Приокская, Симбирцит и Маргарита – от 69 до 105 суток. Самый короткий период вегетации отмечен в 2013 г. – среднее значение по набору сортов составило 71 сутки с пределами варьирования 65...75 суток. Самый длительный вегетационный период был в 2019 г. – 104 суток с пределами варьирования 96...111 суток.

Короткий вегетационный период (8,3...9,0 баллов) имели 5 образцов из России: Ирень (к-62633, Свердловская обл.), Провинция (к-64999, Тюменская обл.), Тулунская 12 (к-64361), Тулун 15 (к-64599) и Скала (к-41173) (Иркутская область). Из зарубежных сортов выделились Скороспелка 99 (к-64474, Украина), AC Majestic (к-64979, Канада), Oslo (к-64448, Канада), RZ6003 (к-64570, Канада), Ranger (к-54856, США), Cahuide (к-57085, Перу) и PS-136 (к-64895, Китай). Всего выделено 29 раннеспелых образцов со средним периодом вегетации 75...89 суток, для включения в гибридизацию рекомендуются сорта Ирень и Скала.

Высота растения является одним из основных признаков, обеспечивающих устойчивость пшеницы к полеганию. Высота растений пшеницы изменялась от 34 см у сорта Соломия (к-65153, Украина) в 2014 г. до 127 см у сорта Алтайский простор (к-64454, РФ, Алтайский край) в 2008 г. У образцов, изученных в 2008 г., отмечен наибольший средний показатель высоты растений – 96 см с пределами варьирования 66...127 см. Наименьшее среднее значение признака отмечали в 2013 г. – 61 см с варьированием 43...74 см.

³Пыжикова Г. В., Санина А. А., Супрун Л. М., Курахтанова Т. И., Гогаева Т. И., Мепаришвали С. У. и др. Методы оценки устойчивости селекционного материала и сортов пшеницы к септориозу. М., 1989. 43 с.

⁴Кривченко В. И. Изучение устойчивости зерновых культур и расового состава возбудителей головневых болезней. Методические указания. Л., 1978. 107 с.

⁵Лисицын Е. М. Методика лабораторной оценки алюмоустойчивости зерновых культур. Доклады РАСХН. 2003;(3):5-7.

⁶Кожушко Н. Н., Волкова А. М. Определение относительной засухоустойчивости и жаростойкости образцов зерновых культур (пшеница, ячмень) способом проращивания семян в растворах сахарозы и после прогревания. Методические указания. Л., 1982. 19 с.

⁷Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

Низкорослыми и устойчивыми к полеганию (9,0 баллов) были отечественные сорта Пушкинская 1 (к-64478) и Пушкинская 2 (к-64479) (Ленинградская обл.), Эстивум С-6 (к-64562, Самарская обл.), а также зарубежные образцы СВ 163-1 (к-45410), Biggar (к-64561), Nekenzie (к-64563) и AC Taber (к-64699) из Канады, PS-131 (к-64597), Mian Young №1 (к-65809) и Yan Shi 4 (к-65815) из Китая, Peak 72 (к-54834), Ul Pettit (к-65808) и SSL 84-85 (к-65842) из США, Diamondbird (к-64697) из

Австралии, Nawra (к-64708) из Польши, Jaral F66 (к-45948) из Мексики, Josselin (к-65265) из Франции, Э-737 (к-65268) из Казахстана и Евдокия (к-64898) из Украины. Все низкорослые образцы сформировали низкую урожайность (1,0...4,3 балла).

Было выявлено 66 образцов, сочетающих среднюю высоту и устойчивость к полеганию, источниками для селекции могут стать 13 (табл. 1).

Таблица 1 – Коллекционные образцы мягкой яровой пшеницы, сочетающие оптимальную высоту и устойчивость к полеганию с урожайностью выше средней в условиях Кировской области (2008-2019 гг.) / Table 1 – Collection samples of soft spring wheat, combining optimal height and resistance to lodging with a yield above average in the conditions of the Kirov region, 2008-2019

Номер в каталоге ВИР, название, Происхождение / Number in the VIR catalog, name, origin	Высота растения / Plant height		Урожайность / Yield	
	см / cm	балл / point	ц/м ² / g/m ²	балл / point
64651, Эстивум 155, РФ, Самарская обл. / Estivum 155, Russia, Samara reg.	61,7±3,7	8,3	392,3±32,3	6,3
64387, Leguan, Чехия / Czech	62,7±2,8	8,3	372,7±77,3	5,7
60559, Schenk, Германия / Germany	58,3±4,3	8,3	223,3±89,6	5,7
65002, Ethos, Германия / Germany	53,1±4,4	8,3	242,7±81,9	5,0
64598, PS-133, Китай / China	72,0±4,0	7,7	422,0±46,4	6,3
65801, Epos, Германия / Germany	72,8±3,4	7,0	404,6±46,4	6,3
64888, Nandu, Германия / Germany	62,0±3,5	7,7	263,3±96,5	5,7
64978, AC Phil, Канада/Canada	53,7±1,8	7,7	247,7±64,3	5,7
45966, Hybrid, Мексика / Mexico	61,3±5,8	7,7	211,3±15,3	5,7
65258, Кворум, Украина / Kvorum, Ukraine	64,0±5,2	7,0	230,7±68,3	5,0
65821, КВС Аквилон, Германия / KVSAkvilon, Germany	68,7±4,3	7,0	351,9±53,0	5,0
65840, SSL 25-26, США / USA	62,9±3,2	7,7	378,4±91,3	5,0
64477, PT-741, Канада / Canada	74,0±1,7	7,0	374,3±13,2	5,0
Стандарты / Standards				
62633, Ирень, РФ, Свердловская обл. / Iren, Russia, Sverdlovsk reg.	83,7±4,5	4,0	332,1±49,1	6,0
64870, Баженка, РФ, Кировская обл. / Bazhenka, Russia, Kirov reg.	76,2±5,1	4,0	308,3±43,6	5,0
62637, Приокская, РФ, Московская обл. / Priokskaya, Russia, Moscow reg.	95,5±5,8	3,0	486,0±34,8	7,5
64548, Симбирцит, РФ, Ульяновская обл. / Simbircite, Russia, Ulyanovsk reg.	84,8±4,0	2,0	360,1±42,1	7,3
64851, Маргарита, РФ, Ульяновская обл. / Margarita, Russia, Ulyanovsk reg.	92,5±5,4	2,3	446,3±65,0	7,0
Среднее* / Average value*	76,5	-	283,6	-

* здесь и далее среднее значение рассчитано по всем изученным образцам за все годы исследования (n = 375) / * hereafter, the average value is calculated for all the studied samples for all the years of the study (n = 375)

Длина колоса имеет косвенное влияние на урожайность через число колосков и число зерен в колосе. Длина колоса изменялась с 4,0 см у сорта Э-737 (к-65268, Казахстан) в 2014 г. до 11,2 см у сорта Дуэт Черноземья (к-64863, РФ, Белгородская обл.) в 2011 г. Наибольшее среднее значение параметра отмечено в 2011 г. – 8,2 см с пределами варьирования 5,8...11,2 см. Самый мелкий колос образцы пшеницы сформировали в 2013 г. – в среднем 6,4 см с пределами 5,0...8,2 см. Всего было выделено 49 образцов, имеющих длинный колос, максимальным средним баллом (9,0) характеризовались сорта Эстер (к-64544) и Энгелина (к-64569) из Московской области, ФПЧ-Ррд-т (к-65124), ФПЧ-Ррд-0w (к-65127) из Ленинградской области, Геракл (к-65129) из Омской области РФ.

Число зерен с колоса изменялось от 10,2 шт. у образца к-65089 (Алжир) в 2015 г. до 50,2 шт. у образца Мутант Л-3-24 (к-58811, Эстония) в 2014 г. Наибольшее среднее значение параметра отмечено в 2019 г. – 34,2 шт. с пределами варьирования 18,6...45,7 шт. Наименьшее число зерен с колоса образцы сформировали в 2012 г. – 25,2 шт. с варьированием 14,2...36,3 шт. Было выделено 40 образцов пшеницы с высоким показателем числа зерен с колоса, наивысший средний балл (9,0) имели Линия 3672h (к-64880, РФ, Иркутская обл.) и Тулайковская 105 (к-65138, РФ, Самарская обл.).

Длинным, озерненным колосом характеризовались 18 образцов, однако селекционную ценность представляет половина из них: Линия 3672h (к-64880, РФ, Иркутская обл.), Изида (к-64457, РФ, Кемеровская обл.), ФПЧ-Ррд-т (к-65124, РФ, Ленинградская обл.), Геракл (к-65129, РФ, Омская обл.), Сибирская 16 (к-64990, РФ, Новосибирская обл.), Кворум (к-65258, Украина), Attis (к-64873) и Nandu (к-64888) (Германия), Musket (к-58957, Англия).

Масса зерна с колоса и зменялась с 0,40 г у сортов Meri (к-65014, Эстония) и India 239 (к-65114, Индия) в 2012 и 2013 гг. соответственно до 2,13 г у образца Mian Young № 1 (к-65809, Китай) в 2019 г. Наибольший средний показатель параметра был отмечен в 2019 г., он составил 1,38 г с пределами варьирования 0,70...2,13 г. Наименьший средний показатель массы зерна с колоса – 0,89 г с варьированием от 0,40 до 1,65 г отмечали в 2012 г.

Стабильно высоким баллом (9,0), выражающим массу зерна с растения, характеризовался сорт Тулайковская 105 (к-65138, РФ, Самарская обл.), но его урожайность оказалась ниже среднего значения. Высокий усредненный балл (8,0) имели 25 образцов, 15 из них представляют селекционную ценность (табл. 2).

Масса зерна с растения изменялась с 0,46 г у образца India 239 (к-65114, Индия) в 2013 г. до 3,95 г у образца Дуэт Черноземья (к-64863, РФ, Белгородская обл.) в 2011 г. Сорта, изученные в 2011 г., сформировали наибольший средний показатель параметра – 2,71 г с варьированием от 0,81 до 3,95 г. Наименьшее значение массы зерна с растения отмечалось в 2012 г. – 1,09 г, пределы варьирования составили 0,46...2,58 г. Высокий средний балл (8,0-9,0) имели 12 образцов, 9 из них рекомендуются как источники селекционного материала: Алтайский простор (к-64454) и Алтайская 100 (к-64661) (РФ, Алтайский край), Линия 3672h (к-64880, РФ, Иркутская обл.), Саратовская 72 (к-64555) и Саратовская 74 (к-65139) (РФ, Саратовская обл.), Соната (к-64691, РФ, Омская обл.), Сурэнта 7 (к-64466, РФ, Тюменская обл.), ФПЧ-Ррд-т (к-65124, РФ, Ленинградская обл.) и Schenck (к-60559, Германия).

Масса 1000 зерен зависит как от метеорологических условий, так и от биологических особенностей сорта. Успехи селекции во многом связаны с повышением и стабилизацией этого признака [14]. Признак «масса 1000 зерен» у образцов пшеницы варьировал в широких пределах – от 23,6 г у сортов Helle (к-65013) и Meri (к-65014) из Эстонии в 2012 г., а также SSL 19-24 (к-65839, США) в 2018 г. до 57,0 г у сорта Naamam 4 (к-65085, Сирия) в 2014 г. Наиболее крупные зернообразцы сформировали в 2015 г. – среднее значение параметра составило 43,7 г с пределами варьирования 34,2...54,8 г. Самое мелкое зерно было сформировано в 2012 г. – 34,7 г с варьированием от 23,6 до 47,6 г.

Максимальный средний балл (9,0) по признаку «масса 1000 зерен» имели 8 образцов: Алтайская 60 (к-64445, Алтайский край), Маргарита (к-64851, Ульяновская обл.) и Дуэт Черноземья (к-64863, Белгородская обл.) из России, AC Drummond (к-64564) и Hoffman (к-65006) из Канады, PS-96 (к-64600, Китай), Элегія Миронівська (к-64692, Украина) и Yahuaга F-77 (к-62068, Мексика). Средней и выше средней урожайностью характери-

зовались сорта AC Drummond, Hoffman и Алтайская 60. Высокий средний балл (8,0) имели 35 образцов, два из них – Альбидум 32 (к-64551, РФ, Самарская обл.) и Самгау (к-65823, Казахстан) – характеризовались высокой урожайностью.

Урожайность пшеницы варьировала от 40 г/м² у образца Meri (к-65014, Эстония)

в 2012 г. до 694 г/м² у сорта МИС (к-64567, РФ, Московская обл.) в 2019 г. Максимальный средний показатель параметра – 455 г/м² с пределами варьирования 222...694 г/м² – был отмечен в 2019 г. Самая низкая урожайность сформировалась у образцов, изученных в 2013 г. – среднее значение признака составило 138 г/м² с варьированием 40...430 г/м².

Таблица 2 – Коллекционные образцы мягкой яровой пшеницы, сочетающие массу зерна с колоса с урожайностью выше средней в условиях Кировской области (2008-2019 гг.) /

Table 2 – Collection samples of soft spring wheat, combining the weight of grain from the ear with a yield above the average in the conditions of the Kirov region (2008-2019)

Номер в каталоге ВИР, название, происхождение / Name, number in the VIR catalog, origin	Масса зерна с колоса / Weight of grain per ear		Урожайность / Yield	
	г / g	балл / point	г/м ² / g/m ²	балл / point
65258, Кворум, Украина / Kvorum, Ukraine	1,50±0,02	8,3	230,7±68,3	5,0
60559, Schenk, Германия / Germany	1,58±0,13	7,7	223,3±89,6	5,7
65006, Hoffman, Канада / Canada	1,51±0,08	8,3	330,7±62,6	7,0
65124, ФПЧ-Ррd-m, РФ, Ленинградская обл. / FPCh-Ppd-m, Russia, Leningrad reg.	1,46±0,20	8,3	274,4±64,9	5,7
64990, Сибирская 16, РФ, Новосибирская обл. / Sibirskaya 16, Russia, Novosibirsk reg.	1,41±0,04	7,7	255,7±55,3	5,0
65005, AC Gabriel, Канада / Canada	1,41 ±0,20	7,7	311,0±64,1	7,0
64873, Attis, Германия / Germany	1,37±0,22	7,7	250,0±85,2	5,7
64888, Nandu, Германия / Germany	1,38±0,19	7,7	263,3±96,5	5,7
64556, Саратовская 73, РФ, Саратовская обл. / Saratovskaya 73, Russia, Saratov reg.	1,36±0,09	8,3	448,0±93,0	6,3
65017, Аншлаг, Украина / Anshlag, Ukraine	1,37±0,13	8,3	268,3±93,4	5,7
65129, Геракл, РФ, Омская обл. / Gerakl, Russia, Omsk reg.	1,37±0,14	8,3	294,1±17,5	6,3
64994, Серебристая, РФ, Омская обл./ Serebristaya, Russia, Omsk reg.	1,30±0,09	7,7	304,3±58,7	6,3
64555, Саратовская 72, РФ, Саратовская обл. / Saratovskaya 72, Russia, Saratov reg.	1,29±0,06	7,7	466,7±22,3	6,3
64543, Экада 6, РФ, Ульяновская обл. / Ekada 6, Russia, Ulyanovsk reg.	1,28±0,01	7,7	492,3±68,2	7,0
64549, Воронежская 16, РФ, Воронежская обл. / Voronezhskaya 16, Russia, Voronezh reg.	1,29±0,05	7,7	440,7±57,3	5,7
Стандарты / Standards				
62633, Ирень, РФ, Свердловская обл. / Iren, Russia, Sverdlovsk reg.	1,11±0,09	5,0	332,1±49,1	6,0
64870, Баженка, РФ, Кировская обл. / Bazhenka, Russia, Kirov reg.	1,30±0,12	6,0	308,3±43,6	5,0
62637, Приокская, РФ, Московская обл. / Priokskaya, Russia, Moscow reg.	1,33±0,08	6,5	486,0±34,8	7,5
64548, Симбирцит, РФ, Ульяновская обл. / Simbircite, Russia, Ulyanovsk reg.	1,28±0,09	6,8	360,1±42,1	7,3
64851, Маргарита, РФ, Ульяновская обл. / Margarita, Russia, Ulyanovsk reg.	1,34±0,18	6,3	446,3±65,0	7,0
Среднее / Average value	1,12	-	283,6	-

Из всех изученных в разные годы образцов мягкой яровой пшеницы стабильно высоким баллом (9,0) по урожайности обладал сорт Карабалыкская 91 (к-65266, Казахстан). Это среднеранний сорт со средней урожайностью $345,0 \pm 65,6$ г/м². Примечательно, что стабильно высокая урожайность сорта сочеталась со средне выраженными показателями отдельных элементов продуктивности.

Высоким средним баллом по урожайности (8,0) характеризовались 15 образцов из России: Сурэнта 1 (к-64360) и Тюменская 26 (к-65133) из Тюменской области, Алтайская 65 (к-64455), Алтайская 99 (к-64456) и Алтайская 110 (к-65128) из Алтайского края, Волхитка (к-65145) из Красноярского края,

Изида (к-64457) из Кемеровской области, Альбидум 32 (к-64551) из Саратовской области, Лютесценс 101 (к-64648) и Кинельская 61 (к-64869) из Самарской области, Линия 3672h (к-64880) и Линия 2 (к-64882) из Иркутской области, Сударушка (к-65137) из Новосибирской области, Мелодия (к-65252) из Омской области, Симбирцит (к-64548) из Ульяновской области, а также 4 зарубежных образца – Торчинська (к-65151, Украина), Самгау (к-65823, Казахстан), Amaretto (к-65800, Германия) и AC Drummond (к-64564, Канада).

Корреляционный анализ, проведенный по средним значениям количественных признаков у 375 образцов пшеницы, позволил выявить их сопряженность с урожайностью (табл. 3).

Таблица 3 – Корреляционная связь (r) между урожайностью мягкой яровой пшеницы и хозяйственно ценными признаками (n = 375)/

Table 3 – Correlation (r) between the yield of soft spring wheat and economically valuable traits (n = 375)

<i>Признак / Characteristic</i>	<i>r</i>	<i>t_{факт} / t_{факт}</i>
Продолжительность вегетационного периода / Duration of the growing season	0,31	6,45***
Высота растения / Plant height	0,67	17,87***
Длина колоса / Length of the main ear	0,24	4,93***
Число зерен с колоса / Number of grain of the main ear	0,24	4,76***
Масса зерна с колоса / Grain weight per ear	0,25	5,00***
Масса зерна с растения / Grain weight per plant	0,41	8,83***
Масса 1000 зерен / 1000-grain mass	0,04	0,76
Содержание белка в зерне / Protein content in the grain	-0,49	10,71***

Примечание: $t_{факт}$ – критерий Стьюдента; *** – достоверно при $p < 0,001$ /

Note: $t_{факт}$ – Student's criterion; *** – reliable at $p < 0.001$

Выявлена средняя корреляционная зависимость урожайности от высоты растений ($r = 0,67$), массы зерна с растения ($r = 0,41$) и продолжительности вегетационного периода ($r = 0,31$). Урожайность пшеницы отрицательно коррелирует с содержанием белка в зерне ($r = -0,49$).

Содержание белка в зерне характеризует пищевую и кормовую ценность сорта пшеницы. Согласно классификационным нормам Центральной лаборатории Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур РФ, ценные сорта пшеницы должны содержать не менее 12 % белка [15]. Содержание белка у исследованных образцов изменялось с 7,4 % у сорта Воевода (к-64997, РФ, Саратовская обл.) в 2014 г. до 18,3 % у сорта India 239 (к-65114, Индия) в 2015 г. Наибольшее значение параметра отмечали

в 2013 г. – 14,1 % с варьированием 11,8...17,6 %. Низким содержанием белка характеризовались образцы пшеницы в 2014 г. – 10,1 % с пределами варьирования 7,4...14,1 %.

Высокое содержание белка (9,0 баллов) имели 25 образцов, у 4 из них отмечена урожайность 3,7 балла: Рассвет (к-64646, Беларусь), AC Cadillac (к-64565, Канада), PS-95 (к-64892, Китай) и Закамская (к-64854, Татарстан).

Кроме рассмотренных выше признаков, важными характеристиками исходного материала при включении его в гибридизацию являются устойчивость к биотическим и абиотическим стрессорам. В Кировской области среди листовых болезней мягкой яровой пшеницы преобладают бурая ржавчина, мучнистая роса, септориоз [16]. Широко распространена пыльная головня.

Среди изученных образцов выделены сорта, устойчивые к одной или нескольким болезням, имеющие урожайность 5,0 баллов и выше. Комплексной устойчивостью к бурой ржавчине, мучнистой росе и пыльной головне обладали сорта КВС Аквилон (к-65821, Германия) и Казанская юбилейная (к-64377, РФ, Татарстан). Устойчивость к трём основным листовым болезням проявили сорта Новосибирская 18 (к-65820, РФ, Новосибирская обл.), Терция (к-62639, РФ, Омская обл.) и Фора (к-64362, РФ, Курганская обл.). Сорта Тайна (к-65259, Украина), Ростань (к-64391, Беларусь) и Степная 50 (к-65824, Казахстан) совмещали устойчивость к мучнистой росе и пыльной головне. Устойчивость к пыльной головне и септориозу листьев выявлена у сорта Нива 2 (к-62640, РФ, Омская обл.), к бурой ржавчине и септориозу листьев – у сорта Тулайковская надежда (к-65827, РФ, Самарская обл.). Выделены образцы с совместной устойчивостью к бурой ржавчине и мучнистой росе: Башкирская 28 (к-64852, РФ, Башкортостан), Горноуральская (к-64701, РФ, Свердловская обл.), Оренбургская 23 (к-65826, РФ, Оренбургская обл.), Срібнянка (к-65148, Украина), Nandu (к-64888, Германия) и Womona (к-65254, Польша).

Выделено 10 высокоурожайных, устойчивых к мучнистой росе образцов: Скала (к-41173, Иркутская обл.), Биора (к-65358, Московская обл.), Росинка 2 (к-63208, Омская обл.), ЛТ-3 (к-65818, Ленинградская обл.) из России, Байтерек (к-65843), Кайыр (к-65822), Самгау (к-65823) из Казахстана, Waverly (к-59066) из США, Amaretto (к-65800) из Германии, Таава (к-57197) из Финляндии.

Устойчивостью к бурой ржавчине характеризовались 32 урожайных сорта, в т. ч. 18 из России: Кинельская отрада (к-64703), Лютесценс 13 (к-64649), Лютесценс 30 (к-64647), Кинельская 61 (к-64869) и Тулайковская надежда (к-65827) из Самарской области, Новосибирская 44 (к-64867) и Александрина (к-64855) из Новосибирской области, Омская 23 (к-64992), Омская 39 (к-64993), Омская 37 (к-64985), Геракл (к-65129) и Лавруша (к-64984) из Омской области, Челябинка степная (к-64872) и Челябинка золотистая (к-65143) из Челябинской области, Радуга (к-65240) из Курганской области, Саяногорская (к-64874) из Красноярского края, Фаворит (к-64998) из Саратовской области, Спрут (к-65140) из Татарстана;

14 зарубежных образцов: Актюбе 19 (к-64883) и Актюбе 92 (к-64885) из Казахстана, Аншлаг (к-65017), Сюита (к-65024), Харьковская 30 (к-65149), Срібнянка (к-65148) и Кворум (к-65258) из Украины, Triso (к-64981), Ethos (к-65002) и Attis (к-64873) из Германии, PS 90 (к-64891, Китай), AC Gabriel (к-64980) из Канады, Jasna (к-64982) из Польши, SW Vinjett (к-64436) из Швеции.

Выделено 17 устойчивых к пыльной головне урожайных образцов: Обская 14 (к-64363) и Сударушка (к-65137) из Новосибирской области РФ, Провинция (к-64999) и Тюменская 26 (к-65133) из Тюменской области РФ, ФПЧ-Ррр-т (к-65124) и ФПЧ-Ррр-0 (к-65121) из Ленинградской области РФ, Мелодия (к-65252, РФ, Омская обл.), Ульяновская 100 (к-65250, РФ, Ульяновская обл.), Елизавета (к-65146, РФ, Хабаровский край), Мария-1 (к-65130, РФ, Кемеровская обл.), Монастырская (к-65001, РФ, Красноярский край), Воевода (к-64997, РФ, Саратовская обл.), Мажор (к-65271, Украина), Hoffmann (к-64006, Канада), Leguan (к-64387, Чехия), Hybrid (к-45966, Мексика), Schenk (к-60559, Германия).

Выделены сорта, устойчивые (до 15 % поражения) к септориозу листьев: Туринская (к-64367, РФ, Тюменская обл.) и Sibia (к-64380, Мексика).

Для создания устойчивых к эдафическим факторам генотипов, способных обеспечивать высокий урожай и качество продукции вне зависимости от лимитов почвы, первоочередной задачей является тестирование сортов коллекции на средах с ионной токсичностью Al^{3+} и осмотическим стрессом. В полевых условиях оценка алюмоустойчивости затруднена из-за вариабельности значений pH почвенного раствора в разных слоях почвы. Полноценную характеристику устойчивости к засухе получить столь же сложно ввиду ее непредсказуемости. Лабораторная оценка сортов на устойчивость к стрессорам в фазу проростков позволяет выявить межсортовые различия, сохраняющиеся у взрослых растений [17].

Согласно лабораторной оценке, к алюмоустойчивым отнесены 28 образцов пшеницы [18]. Высокой урожайностью (7,0-8,0 баллов) на алюмокислых почвах (pH = 4,3; 5,40 мг Al^{3+} /кг почвы) характеризовались отечественные сорта Алтайская 110 (к-65128, Алтайский край), Линия 2 (к-64882, Иркутская обл.),

Лютесценс 30 (к-64647), Эстивум V313 (к-64650) и Кинельская 61 (к-64869) из Самарской области. Образцы Тулайковская 105 (к-65138, РФ, Самарская обл.), ФПЧ-Ррд-w (к-65126, РФ, Ленинградская обл.), Дуэт Черноземья (к-64863, РФ, Белгородская обл.), Attis (к-64837, Германия) сочетали аллюмоустойчивость с высокой продуктивностью главного колоса, а у образца Серебристая (к-64994, РФ, Омская обл.) – и массой зерна с растения. Образцы к-65089 (Алжир), Закамская (к-64854, РФ, Татарстан), ПХРСВ-03 (к-65152, США) сочетали устойчивость к ионам Al^{3+} с высоким содержанием белка в зерне, а сорта Горноуральская (к-64701, РФ, Свердловская обл.) и PS-89 (к-64890, Китай) – с устойчивостью к полеганию.

Лабораторная оценка засухоустойчивости пшеницы позволила выделить 18 образцов, 7 из которых подтвердили высокую устойчивость в полевых условиях при дефиците влаги (ГТК 0,35...1,16), сформировав урожайность выше средней (5,0-9,0 баллов): Алтайская 100 (к-64661, РФ, Алтайский край), Новосибирская 20 (к-65131, РФ, Новосибирская обл.), Баганская 95 (к-64864, РФ, Новосибирская обл.), Эстивум 155 (к-64651, РФ, Самарская обл.), Линия 3691h (к-64881, РФ, Иркутская обл.), KleinVencedor (к-29766, Аргентина) и NOS Norko (к-44967, Германия). Сорт NOS Norko характеризовался также коротким сроком вегетации, сорт Эстивум 155 – устойчивостью к полеганию, сорта Алтайская 100 и Баганская 95 сочетали комплекс признаков: высокие показатели длины и озерненности колоса, массы зерна с колоса и растения, массы 1000 зерен.

Важной биологической характеристикой, определяющей пригодность сорта пшеницы к возделыванию в той или иной климатической зоне, является продолжительность вегетационного периода [8]. В Кировской области возможен возврат весенних и ранних осенних заморозков, почти ежегодно наблюдается прохладная и дождливая погода в период налива и созревания зерна. Возделывание раннеспелых сортов позволяет сократить сроки уборки и затраты на досушивание зерна, а также экономить на средствах защиты растений. Однако селекция на скороспелость, как правило, связана с некоторой потерей продуктивности, поскольку сокращение периода

формирования генеративных органов ведет к уменьшению запасающей емкости ценоза [19]. Корреляционный анализ показал наличие средней зависимости урожайности от продолжительности вегетационного периода ($r = 0,31$, при $p < 0,001$), что согласуется с работами других авторов [20, 21]. Учитывая эти факторы, оптимальный вегетационный период у вновь создаваемых сортов должен составлять 85...95 суток. Из выделенных в результате исследования высокоурожайных образцов пятая часть характеризовалась коротким сроком вегетации, что указывает на возможность совмещать данные признаки.

Длина стебля, как показатель архитектуры растений, исключительно важна [8, 22, 23]. Характерная особенность этого признака – высокая степень изменчивости в зависимости от условий среды [24]. Высота растений контролируется несколькими генами, наиболее важные из которых – гены *Rht* [25] – эффективны в условиях достаточного увлажнения, внесения удобрений и наличия защитных мероприятий. Избыток осадков и сильный ветер приводят к полеганию высокорослых образцов и, как следствие, снижению продуктивности. У короткостебельных сортов ухудшаются условия работы фотосинтетического аппарата [26], они менее приспособлены к континентальным условиям и страдают от засухи [27]. Тесная связь высоты и урожайности ($r = 0,67$; $p < 0,001$) свидетельствует о том, что накопление биомассы надземной части растений является важнейшим условием продукционного процесса в условиях Кировской области.

Длина колоса и количество колосков в нем – ценные сортовые характеристики, дающие возможность дальнейшего повышения урожайности [28], поскольку отбор по колосу является главным принципом работы многих селекционеров⁸. Формирование данных признаков определяется генотип-средовыми взаимодействиями в фазу «трубкование-колошение» [29]. Исследованием показана слабая, но достоверная зависимость урожайности от длины и озерненности колоса ($r = 0,24$; $p < 0,001$). Согласно предыдущим исследованиям [30], вклад генотипа в длину колоса достаточно высокий (37,8%), чтобы проводить успешную селекцию на продуктивность.

⁸Драгавцев В. А. Генетика количественных признаков в решении селекционных задач: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1983. 36 с.

Урожайность пшеницы складывается из числа продуктивных колосьев на единицу площади и массы зерна с колоса. Многие авторы акцентируют внимание на корреляциях между урожайностью и массой зерна с колоса [31, 32, 33], тогда как связи между урожайностью и величиной продуктивного стеблестоя при общепринятых нормах высева не обнаружено [30]. В наших исследованиях выявлена значимая связь урожайности с массой зерна с колоса ($r = 0,25$; $p < 0,001$) и растения ($r = 0,41$; $p < 0,001$).

Крупность зерна в условиях Кировской области не коррелирует с урожайностью ($r = 0,04$), что дает возможность совмещать эти признаки на высоком уровне. Масса 1000 зерен обладает минимальной вариабельностью в меняющихся условиях среды и высокой генетической обусловленностью (вклад генотипа 68,1 %) [30]. Включение в скрещивание крупнозерных образцов в значительной степени предопределяет успех селекции.

Заключение. Потенциальная урожайность районированных в Кировской области

сортов пшеницы может достигать 7,0 т/га. При создании новых конкурентных сортов важно стремиться к оптимальному сочетанию наиболее важных хозяйственно полезных признаков. Изучение коллекционных образцов пшеницы позволило выделить генотипы, которые соответствуют параметрам, заданным сортовой моделью, и могут служить источниками для селекции в регионе. При включении в скрещивания рекомендованы образцы с максимальной выраженностью таких адаптивно значимых признаков, как короткий вегетационный период, устойчивость к полеганию, продуктивность колоса, масса 1000 зерен, формирующие при этом урожайность не ниже 70 % к стандарту, а также сорта, которые могут служить донорами высокобелковости. Многолетнее изучение коллекционных образцов пшеницы в разные по метеорологическим условиям годы позволило выявить источники устойчивости к биотическим и абиотическим стрессорам.

Список литературы

1. Тюлин В. В. Почвы Кировской области. Киров: Волго-Вятское кн. изд-во, 1976. 288 с.
2. Калинин А. И. Агрохимические свойства дерново-подзолистых почв и продуктивность растений. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2004. 219 с.
3. Иванов Д. А., Рубцова Н. Е. Адаптивные реакции сельскохозяйственных растений на ландшафтные условия Нечерноземья. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2007. 355 с.
4. Тихвинский С. Ф., Доронин С. В., Дудина А. Н., Тючкалов Л. В. Полевые культуры на Северо-Востоке Европейской части России. Киров, 2007. 352 с.
5. Зуев Е. В., Брыкова А. Н., Никифоров М. Н. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрально-Черноземной зоны России. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2013;(1):217-219. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18851838>
6. Давыдова Н. В., Казаченко А. О. Особенности подбора исходного материала для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального Нечерноземья. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013;(5):5-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19012020>
7. Жученко А. А. Мобилизация мировых ресурсов цветковых растений на основе создания систематизированных генетических коллекций. Овощи России. 2012;(4):4-13. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18648886>
8. 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>
9. Зуев Е. В., Ляпунова О. А., Брыкова А. Н., Сурганова Л. Д., Никифоров М. Н., Разумова И. И., Плотникова Л. Н., Потокина С. Н., Бородин Р. К., Иванова О. А., Кожушко Н. Н., Жукова А. Э., Чмелева З. В., Климентьева Н. Ф. Характер изменчивости скороспелых образцов яровой мягкой пшеницы в различных эколого-географических условиях. Каталог мировой коллекции ВИР. СПб.: ВИР, 1999. Вып. 708. С. 67.
10. Гешеле Э. Э. Основы фитопатологической оценки в селекции растений. М., 1978. 206 с.
11. Коряковцева Л. В., Волкова Л. В. Обоснование параметров модели высокоурожайного сорта яровой мягкой пшеницы для условий Нечерноземной зоны России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014;(6):13-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22484546>
12. Ильина Л. Г. Селекция яровой мягкой пшеницы на Юго-Востоке. Саратов, 1989. 132 с.
13. Гончаров Н. П. Генетические коллекции пшеницы: длина вегетационного периода. Генетические коллекции растений: сб. науч. тр. Новосибирск: ИЦиГ СО РАН, 1993. Вып.1. С.54-81.
14. Калыбекова Ж. Т., Цыганков В. И., Зуев Е. В. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы в условиях Западного Казахстана. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;(5):51-56. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41288875>

15. Сурин Н. А. Адаптивный потенциал сортов зерновых культур сибирской селекции и пути его совершенствования (пшеница ячмень, овес). Новосибирск: ИЦ ГНУ СибНСХБ РСХА, 2011. 708 с.
16. Шешегова Т. К. Анализ фитосанитарного состояния посевов яровых зерновых культур в Кировской области (аналитический обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;(5):10-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24113596>
17. Марченкова Л. А., Давыдова Н. В., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Казаченко А. О., Грачева А. В., Широколава А. В. Оценка адаптивности сортов и линий яровой пшеницы на фоне искусственно моделируемых стрессов. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2017;(5):9-15. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29220885>
18. Лисицын Е. М., Амунова О. С. Генетическое разнообразие сортов яровой мягкой пшеницы по алюмоустойчивости. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2014;18(3):495-505. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22479652>
19. Беспалова Л. А. Развитие генофонда как главный фактор третьей зеленой революции в селекции пшеницы. *Вестник Российской академии наук*. 2015;85(1):9-11. DOI: <https://doi.org/10.7868/S086958731501003X>
20. Ведров Н. Г., Халипский А. Н. Сравнительная оценка сортов яровой пшеницы Западно-Сибирской и Восточно-Сибирской селекции. *Вестник КрасГАУ*. 2009;(7):95-102. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12884884>
21. Мальчиков П. Н., Мясникова М. Г. Возможности создания сортов яровой твердой пшеницы (*Triticum durum* Desf.) с широкой изменчивостью параметров вегетационного периода. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2015;19(2):26-34. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23884393>
22. Тимошенкова Т. А., Самуилов Ф. Д. Зависимость продуктивности современных сортов яровой пшеницы от их морфологических особенностей в условиях степи Оренбургского Предуралья. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2011;6(3):154-158. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16961430>
23. Цыбенков Б. Б., Билтуев А. С. Связь урожайности яровой пшеницы с элементами продуктивности в аридных условиях Бурятии. *Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья*. 2016;(2):87-93. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27422630>
24. Юсов В. С., Евдокимов М. Г. Комбинационная способность сортов твердой пшеницы по признакам устойчивости к полеганию в условиях Западной Сибири. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2008;(4):6-9.
25. Лобачев Ю. В. Проявление генов низкорослости у яровых пшениц в Нижнем Поволжье. Саратов: Изд-во СГАУ, 2000. 262 с.
26. Образцов А. С. Биологические основы селекции растений. М.: Колос, 1981. 271 с.
27. Седловский А. И., Тюпина Л. Н., Кохметова А. М., Баймагамбетова К. К., Аbugалиев С. Г., Бабкенов А. Т., Бабкенова С. А., Цыганков В. И., Таженова А. И. Создание образцов яровой мягкой пшеницы, устойчивых к засухе. *Вестник Казанского национального университета. Серия биологическая*. 2014;60(2):116-119. Режим доступа: <https://bb.kaznu.kz/index.php/biology/article/view/140>
28. Ijaz U., Kashif S., Kashif M. Genetic Study of quantitative traits in spring white through generation means analysis. *American Eurasian J. Agric. & Environ Sci*. 2013;13(2):191-197. URL: [http://www.idosi.org/aejaes/jaes13\(2\)13/9.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes13(2)13/9.pdf)
29. Ковтун В. И. Озерненность, масса зерна с колоса и масса 1000 зерен в повышении урожайности озимой мягкой пшеницы. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2015;(3):27-29. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23828339>
30. Волкова Л. В., Лисицын Е. М., Амунова О. С. Роль генотипа и погодно-климатических условий в формировании морфобиологических и хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы. *Таврический вестник аграрной науки*. 2020;(3(23)):43-58. DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-3-23-43-58>
31. Розова М. А., Зиборов А. И. Корреляционные связи продуктивности с ее элементами и морфологическими признаками у сортов яровой твердой пшеницы в благоприятных условиях и при раннелетней засухе в Приобской лесостепи Алтайского края. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2012;(1):17-20. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17328019>
32. Коробейникова О. В., Красильников В. В. Сравнительное изучение сортов яровой пшеницы на сортоучастке ФГБОУ ВПО Ижевская ГСХА. *Зерновое хозяйство России*. 2015;(2):17-21. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23486950>
33. Коновалова И. В., Богдан П. М. Корреляция признаков у яровой мягкой пшеницы в условиях Приморского края. *Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья*. 2016;(3):75-79. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27422651>

References

1. Tyulin V. V. *Pochvy Kirovskoy oblasti*. [Soil of the Kirov Region]. Kirov: *Volgo-Vyatskoe kn. izd-vo*, 1976. 288 p.
2. Kalinin A. I. *Agrokhimicheskie svoystva dernovo-podzolistykh pochv i produktivnost' rasteniy*. [Agrochemical Properties of Sod-Podzolic Soils and Plant Productivity]. Kirov, 2004. 219 p.
3. Ivanov D. A., Rubtsova N. E. *Adaptivnye reaksii sel'skokhozyay-stvennykh rasteniy na landshaftnye usloviya Nechernozem'ya*. [Adaptive Responses of Agricultural Plants to Landscape Conditions of the Non-Chernozem Region]. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2007. 355 p.
4. Tikhvinskiy S. F., Doronin S. V., Dudina A. N., Tyuchkalov L. V. *Polevye kul'tury na Severo-Vostoke Evropeyskoy chasti Rossii*. [Field Cultures in the North-East of the European Part of Russia]. Kirov, 2007. 352 p.
5. Zuev E. V., Brykova A. N., Nikiforov M. N. *Iskhodnyy material dlya seleksii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Tsentral'no-Chernozemnoy zony Rossii*. [Original materials for soft spring wheat selection under the conditions of the Central-chernozem zone of Russia]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2013;(1):217-219. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18851838>
6. Davydova N. V., Kazachenko A. O. *Osobennosti podbora iskhodnogo materiala dlya seleksii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Tsentral'nogo Nechernozem'ya*. [Features of starting material selection for spring soft wheat selective breeding in the Central Nechernozemie (nonblack soil zone)]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2013;(5):5-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=19012020>
7. Zhuchenko A. A. *Mobilizatsiya mirovykh resursov tsvetkovykh rasteniy na osnove sozdaniya sistematizirovannykh geneticheskikh kollektiy*. [Mobilization of world flowering plants supplies based on development of systematized genetic collection of adaptive and agronomic valuable traits]. *Ovoshchi Rossii* = *Vegetable crops of Russia*. 2012;(4):4-13. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=18648886>
8. 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>
9. Zuev E. V., Lyapunova O. A., Brykova A. N., Surganova L. D., Nikiforov M. N., Razumova I. I., Plotnikova L. N., Potokina S. N., Borodina R. K., Ivanova O. A., Kozhushko N. N., Zhukova A. E., Chmeleva Z. V., Kliment'eva N. F. *Kharakter izmenchivosti skorospelykh obraztsovyarovoy myagkoy pshenitsy v razlichnykh ekologo-geograficheskikh usloviyakh. Katalog mirovoy kolleksii VIR*. [The Pattern of Variability of Early-ripening Soft Spring Wheat Accessions under Various Eco-geographical Conditions. VIR World Collection Catalog]. Saint-Petersburg: *VIR*, 1999. ISS. 708. p. 67.
10. Geshele E. E. *Osnovy fitopatologicheskoy otsenki v seleksii rasteniy*. [Fundamentals of Phytopathological Evaluation in Plant Breeding]. Moscow, 1978. 206 p.
11. Koryakovtseva L. V., Volkova L. V. *Obosnovanie parametrov modeli vysokourozhaynogo sorta yarovoy myagkoy pshenitsy dlya usloviy Nechernozemnoy zony Rossii*. [Ground of parameters of model of a high-yield variety of spring soft wheat for conditions of non-chernozem zone of Russia]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = *Agricultural Science Euro-North-East*. 2014;(6):13-18. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22484546>
12. Il'ina L. G. *Seleksiya yarovoy myagkoy pshenitsy na Yugo-Vostoke*. [Breeding of Spring Soft Wheat in the South-East]. Saratov, 1989. 132 p.
13. Goncharov N. P. *Geneticheskie kolleksii pshenitsy: dlina vegetatsionnogo perioda*. [Genetic collections of wheat: the length of the growing season]. *Geneticheskie kolleksii rasteniy: sb. nauch. tr.* [Genetic collections of plants: collection of scientific papers]. Novosibirsk: *ITsIG SO RAN*, 1993. Iss.1. pp. 54-81.
14. Kalybekova Zh. T., Tsygankov V. I., Zuev E. V. *Iskhodnyy material dlya seleksii yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Zapadnogo Kazakhstana*. [The basic material for spring soft wheat selection under the conditions of western Kazakhstan]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2019;(5):51-56. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=41288875>
15. Surin N. A. *Adaptivnyy potentsial sortov zernovykh kul'tur sibirskoy seleksii i puti ego sovershenstvovaniya (pshenitsa yachmen', oves)*. [Adaptive potential of grain varieties of Siberian selection and ways to improve it (wheat, barley, oats)]. Novosibirsk: *ITs GNU SibNSKhB RSKhA*, 2011. 708 p.
16. Sheshegova 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):10-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24113596>
17. Marchenkova L. A., Davydova N. V., Chavdar' R. F., Orlova T. G., Kazachenko A. O., Gracheva A. V., Shirokolava A. V. *Otsenka adaptivnosti sortov i liniy yarovoy pshenitsy na fone iskusstvenno modeliruemyykh stressov*.

[Adaptability evaluation of spring wheat varieties and breeding lines under the conditions of artificially modeled stress factors]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2017;(5):9-15. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29220885>

18. Lisitsyn E. M., Amunova O. S. *Geneticheskoe raznoobrazie sortov yarovoy myagkoy pshenitsy po alyumoustoychivosti*. [Genetic variability of spring common wheat varieties in aluminum tolerance]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2014;18(3):495-505. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22479652>

19. Bepalova L. A. *Razvitie genofonda kak glavnyy faktor tret'ey zelenoy revolyutsii v seleksii pshenitsy*. [The development of the gene pool as the main factor of the third green revolution in wheat breeding]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk* = Herald of the Russian Academy of Sciences. 2015;85(1):9-11. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S086958731501003X>

20. Vedrov N. G., Khalipkiy A. N. *Sravnitel'naya otsenka sortov yarovoy pshenitsy Zapadno-Sibirskoy i Vostochno-Sibirskoy seleksii*. [Comparative estimation of spring wheat sorts of the West and East Siberian selection]. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2009;(7):95-102. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=12884884>

21. Mal'chikov P. N., Myasnikova M. G. *Vozmozhnosti sozdaniya sortov yarovoy tverdoy pshenitsy (Triticum durum Desf.) s shirokoyizmenchivost'yu parametrov vegetatsionnogo perioda*. [Approaches to the development of durum wheat cultivars (*Triticum durum* Desf.) with wide variability of the growing season]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2015;19(2):26-34. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23884393>

22. Timoshenkova T. A., Samuilov F. D. *Zavisimost' produktivnosti sovremennykh sortov yarovoy pshenitsy ot ikh morfologicheskikh osobennostey v usloviyakh stepi Orenburgskogo Predural'ya*. [Yield dependence of modern varieties of spring wheat and its morphology in the steppe of Orenburg Cis-Ural region]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of the Kazan State Agrarian University. 2011;6(3):154-158. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=16961430>

23. Tsybenov B. B., Biltuev A. S. *Svyaz' urozhaynosti yarovoy pshenitsy s elementami produktivnosti v aridnykh usloviyakh Buryatii*. [Connection yielding capacity of spring wheat with elements of productivity in arid conditions Buryatia]. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya* = Bulletin of Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2016;(2):87-93. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27422630>

24. Yusov V. S., Evdokimov M. G. *Kombinatsionnaya sposobnost' sortov tverdoy pshenitsy po priznakam ustoychivosti k poleganiyu v usloviyakh Zapadnoy Sibiri*. [Combining ability for characters of resistance to a lodging of varieties of a durum wheat in the Western Sibire]. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*. 2008;(4):6-9. (In Russ.).

25. Lobachev Yu. V. *Proyavlenie genov nizkoroslosti u yarovykh pshenits v Nizhnem Povolzh'e*. [Manifestation of the Short Genes from Spring Wheat in the Lower Volga Region]. Saratov: *Izd-vo SGAU*, 2000. 262 p.

26. Obratsov A. S. *Biologicheskie osnovy seleksii rasteniy*. [Biological Foundations of Plant Breeding]. Moscow: *Kolos*, 1981. 271 p.

27. Sedlovskiy A. I., Tyupina L. N., Kokhmetova A. M., Baymagambetova K. K., Abugaliev S. G., Babkenov A. T., Babkenova S. A., Tsygankov V. I., Tazhenova A. I. *Sozdanie obraztsov yarovoy myagkoy pshenitsy, ustoychivyykh k zasukhe*. [Creation of summer soft wheat samples resistant to drought]. *Vestnik Kazanskogo natsional'nogo universiteta. Seriya biologicheskaya* = KazNU Bulletin. Biology series. 2014;60(2):116-119. (In Kazakhstan). URL: <https://bb.kaznu.kz/index.php/biology/article/view/140>

28. Ijaz U., Kashif S., Kashif M. Genetic Study of quantitative traits in spring white through generation means analysis. *American Eurasian J. Agric. & Environ Sci.* 2013;13(2):191-197. URL: [http://www.idosi.org/aejaes/jaes13\(2\)13/9.pdf](http://www.idosi.org/aejaes/jaes13(2)13/9.pdf)

29. Kovtun V. I. *Ozernennost', massa zerna s kolosa i massa 1000 zeren v povyshenii urozhaynosti ozimoy myagkoy pshenitsy*. [Correlation of grain content in an ear, grain mass of one ear and mass of 1000 grains with soft winter wheat yields increase]. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2015;(3):27-29. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23828339>

30. Volkova L. V., Lisitsyn E. M., Amunova O. S. *Rol' genotipa i pogodno-klimaticheskikh usloviy v formirovani morfolobicheskikh i khozyaystvenno tsennykh priznakov yarovoy myagkoy pshenitsy*. [Role of genotype and weather conditions in the formation morphobiological and economically valuable traits of spring soft wheat]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2020;(3(23)):43-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2020-3-23-43-58>

31. Rozova M. A., Ziborov A. I. *Korrelyatsionnyye svyazi produktivnosti s ee elementami i morfologicheskimi priznakami u sortov yarovoy tverdoy pshenitsy v blagopriyatnykh usloviyakh i pri ranneletney zasukhe v Priobskoy lesostepi Altayskogo kraya*. [Correlations of productivity with its elements and morphological characteristics in spring durum wheat varieties under favorable conditions and during early summer drought in the Priobskaya forest-steppe of the Altai Territory]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2012;(1):17-20. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17328019>

32. Korobeynikova O. V., Krasil'nikov V. V. *Sravnitel'noe izuchenie sortov yarovoy 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://elibrary.ru/item.asp?id=23486950>

33. Konovalova I. V., Bogdan P. M. *Korrelyatsiya priznakov u yarovoy myagkoy pshenitsy v usloviyakh Primorskogo kraya*. [Correlation of the quantitative traits of spring soft wheat in the conditions of Primorsky kraj]. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya = Bulletin of Northern Trans-Ural State Agricultural University*. 2016;(3):75-79. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27422651>

Сведения об авторах

✉ **Амунова Оксана Сергеевна**, кандидат биол. наук, научный сотрудник, 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8560-840X>, e-mail: yuzhnoe5@mail.ru

Волкова Людмила Владиславовна, кандидат биол. наук, ст. научный сотрудник, зав. лабораторией, 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0837-8425>

Зув Евгений Валерьевич, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская, д. 42-44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9259-4384>

Харина Анастасия Владимировна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166 а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0554-5814>

Information about the authors

✉ **Oksana S. Amunova**, PhD in Biology, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166 a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8560-840X>, e-mail: yuzhnoe5@mail.ru

Lyudmila V. Volkova, PhD in Biology, senior researcher, Head of the Laboratory, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166 a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0837-8425>

Evgeniy V. Zuev, PhD in Agricultural science, leading researcher, Federal Research Center 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9259-4384>

Anastasiya V. Kharina, PhD in Agricultural science, researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166 a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0554-5814>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Экологическое испытание оздоровленных *in vitro* сортов картофеля в условиях Центральной Якутии

© 2021. В. Г. Дарханова, Н. С. Строева, И. В. Воронов , Г. В. Филиппова

Институт биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», г. Якутск, Российская Федерация

Проведено экологическое испытание оздоровленных *in vitro* растений-регенерантов картофеля перспективных и районированных сортов в условиях Центральной Якутии на мерзлотной пойменной слоистой солончаковой почве. Для проведения полевого опыта адаптированные к почве клоны (2019 г.) и их клубневое потомство (2020 г.) высаживали в конце мая. Выявлено, что наиболее устойчивыми к условиям открытого грунта были регенеранты сорта Красавчик (выживаемость – 28,0 %), наименее устойчивым – Василёк (1,0 %). Установлено, что среди оздоровленных районированных сортов наиболее толерантным к засушливым условиям вегетации (ГТК = 0,4) и более продуктивным (средняя масса клубня 213,9 г) являлся сорт Адретта. Высокий показатель сохранности клубней (100,0±5,0 %) наблюдался у сорта Адретта (37 шт.) и перспективных сортов Ривьера (18 шт.) и Триумф (40 шт.), у сорта Родриго (16 шт., 94,1±4,7 %), у районированного сорта Василёк (12 шт., 80,0±4,0 %) и перспективного Ассоль (77,3±3,9 %, 17 шт.) данные показатели статистически не различались. Сохранность клубней сорта Красавчик составляла 69,1±4,0 % (241 шт.), у районированного сорта Розара (65 шт., 55,6±2,8 %) и перспективного Илона (21 шт., 55,3±2,8 %) сохранность клубней была одинаковой. Минимальный уровень сохранности клубней наблюдался у сорта Велина (18 шт., 33,3±1,7 %).

Ключевые слова: растения-регенеранты, клубневое потомство, оздоровление и размножение картофеля, метод апикальных меристем

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Федеральный исследовательский центр «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», Институт биологических проблем криолитозоны (тема №0297-2021-0023, ЕГИСУ НИОКТР № АААА-А21-121012190038-0).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Дарханова В. Г., Строева Н. С., Воронов И. В., Филиппова Г. В. Экологическое испытание оздоровленных *in vitro* сортов картофеля в условиях Центральной Якутии. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(5):676-681. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.676-681>

Поступила: 26.03.2021

Принята к публикации: 08.10.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Environmental test of improved *in vitro* potato varieties in the conditions of Central Yakutia

© 2021. Valentina G. Darkhanova, Natalya S. Stroeveva, Ivan V. Voronov , Galina V. Filippova

Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Yakutsk, Russian Federation

Ecological tests of improved *in vitro* plants - potato regenerants of promising and zoned in Central Yakutia varieties have been carried out on cryogenic flood plain fibrous saline soils. To conduct a field experiment, clones adapted to the soil (2019) and their tuberous offspring (2020) were planted at the end of May. It was revealed that the most resistant to open ground conditions were regenerants of the Krasavchik variety (survival rate - 28.0 %); the least adapted variety was Vasilek (1.0 %). It has been established that among improved zoned varieties the most tolerant to arid conditions of vegetation (hydrothermal coefficient 0.4) and more productive (average tuber weight 213.9 g) was the Adretta variety. High index of tuber safety (100.0±5.0 %) was observed in Adretta variety (37 pcs.) and promising varieties Riviera (18 pcs.), Triumf (40 pcs.) and Rodrigo variety (16 pcs., 94.1±4.7 %). Zoned variety Vasilek (12 pcs., 80.0±4.0 %) and promising variety Assol (77.3±3.9 %, 17 pcs.) had no statistical difference in these indexes. The safety of Krasavchik variety tubers was 69.1±4.0 % (241 pcs.). Zoned variety Rozard (65 pcs., 55.6±2.8 %) and promising Iona variety had the same tuber safety. Minimum level of tuber safety was observed in Velina variety (18 pcs., 33.3±1.7 %).

Key words: regenerant plants, tuberous offspring, improvement and reproduction of potato, apical meristem method

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 "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences" Institute for Biological Problems of Cryolithozone (theme No. 0297-2021-0023, Unified state information system for recording the results of research and development work № АААА-А21-121012190038-0).

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: Darkhanova V. G., Stroeva N. S., Voronov I. V., Filippova G. V. Environmental test of improved *in vitro* potato varieties in the conditions of Central Yakutia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):676-681. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.676-681>

Received: 26.03.2021

Accepted for publication: 08.10.2021

Published online: 27.10.2021

Картофель в продовольственном фонде страны имеет высокий уровень значимости, являясь важнейшей сельскохозяйственной культурой, используемой, в том числе как товарная и кормовая продукция [1]. Формирование стабильного уровня урожая в картофелеводстве путем использования здорового посадочного материала и применения новых сортов картофеля в регионах позволят обеспечить полноценный рацион питания граждан страны и использование кормовых сортов в животноводстве. Применение в картофелеводстве методов оздоровления и получение *in vitro* освобожденного от вирусных инфекций посадочного материала, как и апробация новых сортов, обладающих хозяйственно ценными признаками в условиях конкретного субъекта РФ, имеет высокую значимость [2, 3, 4, 5]. По данным Государственного реестра селекционных достижений¹, на сегодняшний день известно 490 сортов картофеля, из них 13 новых, при этом важной задачей является оценка сортов на безвирусной основе в конкретных почвенно-климатических условиях.

В настоящее время на территории Якутии отсутствуют мероприятия ежегодного мониторинга вирусного заражения используемых сортов картофеля в хозяйствах разного уровня организации, что влияет на распространение и поддержание вирусного пула в клубнях на протяжении долгого времени, при этом в производстве картофеля применяется узкий диапазон сортов из ряда районированных. Новые сорта картофеля не используются из-за непрогнозируемого влияния климатических условий Якутии на показатели урожайности и сохранности клубней.

Цель исследований – экологическое испытание в условиях Центральной Якутии оздоровленного *in vitro* посадочного материала районированных и перспективных сортов картофеля разного срока созревания.

В ходе исследования были получены новые данные по экологическому испытанию оздоровленного посадочного материала неко-

торых перспективных и районированных сортов картофеля с применением метода культуры ткани в условиях Центральной Якутии.

Материал и методы. В качестве объектов исследования были использованы клубни картофеля районированных на территории Центральной Якутии сортов: Розара, Адретта, Василек, семена перспективных сортов от производителя ООО «Агрофирма «СеДеК»: Велина, Илона, Триумф, Ассоль и асептические растения-регенеранты сортов Ривьера, Красавчик и Родриго, любезно предоставленные ВНИИКХ им. А. Г. Лорха.

Для введения в культуру *in vitro* использовали апексы верхушечных и пазушных почек клубней. Получение асептических растений, приготовление и стерилизацию сред проводили по общепринятым методикам [6, 7, 8, 9]. Для оздоровления сортов использовали комбинированный прием, включающий культуру апикальных меристем и химиотерапию с добавлением противовирусного препарата рибавирин в концентрации 50 мг/л в питательную среду [10, 11, 12, 13]. Культивирование растений осуществляли при фотопериоде 16 часов, интенсивности люминесцентного освещения 1-3 тыс. лк, температуре 24 °С. Оздоровленные растения-регенеранты с развитой корневой системой адаптировали к почве в условиях климатической камеры Binder KMF 720 (Германия) при температуре 25 °С и влажности 75 %. Клоны формировали по 10-18 листьев, высота стеблей составляла 14-23 см.

Рассаду сортов из индивидуальных пластиковых стаканчиков в 2019 году высаживали в открытый грунт с умеренным поливом на территории Научно-производственного стационара Марха рендомизированно в четырех повторностях (по 25 растений) [14]. Посадку по схеме 70x30 см проводили в третьей декаде мая, уборку – в первой декаде сентября. Площадь учетной делянки 6 м². Клубни разделяли на три фракции: мелкую (массой 1-21 г), среднюю (массой 22-60 г) и крупную (более 60 г).

¹Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т.1. «Сорта растений». М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.

Почва на полевом участке мерзлотная пойменная слоистая солончаковатая разной степени, глубина пахотного слоя 25-30 см. Содержание в почве гумуса составляет 3,1 %, общего азота – 0,21 %, обменного натрия – 11,2 % от ёмкости катионного обмена почвы, кислотность – 7,1 единиц pH. Уровень обменных оснований составлял: Ca²⁺ – 14,0; Mg²⁺ – 9,0; Na⁺ – 3,0; K⁺ – 0,8 мг-экв/100 г.

Для выявления слабозасухоустойчивых растений в первом поколении ирригация почвы не проводилась. Кусты растений-регенерантов и первого клубневого поколения индивидуально накрывались колпаками из агрила. Технология возделывания картофеля была общепринятой для данной территории [15]. Хранение клубней проводили в холодильных камерах при температуре 4 °С, при статистическом анализе показателя сохранности закладывали 5 % ошибку на метод. При проведении исследований в полевых условиях высаживали все фракции полученных клубней. Статистическую обработку данных проводили,

используя t-критерий Стьюдента при уровне значимости $p \leq 0,05$.

Результаты и их обсуждение. В ходе работы выявлено, что из всех исследованных в 2019 году сортов наиболее устойчивы к условиям открытого грунта регенеранты сорта Красавчик (выживаемость – 28,0 %), промежуточное положение занимали Розара и Триумф (7,0 %), Ривьера (4,0 %), Адретта, Велина и Ассоль (3,0 %), Родриго и Илона (2,0 %), наименее адаптированным сортом отмечен Василёк (1,0 %). Вследствие этого, рекомендацией при планировании работ с растениями-регенерантами на открытых грунтах в условиях Центральной Якутии может служить соразмерное увеличение посадочного материала.

Сравнение клубневой продуктивности районированных и перспективных оздоровленных сортов у первого клубневого поколения, оцениваемой по среднему количеству клубней на куст, показало одинаковое значение у сортов Розара, Адретта и перспективного сорта Велина (табл.).

Таблица – Показатели продуктивности оздоровленных сортов картофеля первого клубневого поколения / Table – Productivity indicators of improved potato varieties of the first tuberous generation

Сорт / Variety	Среднее количество клубней на один куст, шт. / Average number of tubers per bush, pieces	Фракция клубней, % / Tuber fraction, %			Средняя масса, г / Average weight, g	
		крупная / large	средняя / medium	мелкая / small	клубней с одного куста / of tubers per bush	одного клубня / of one tuber
Районированные сорта / Zoned varieties						
Розара / Rozara	7,0±0,4 ^d	-	14,5±0,7 ^b	85,5±4,3 ^g	64,0±3,2 ^b	8,9±0,4 ^b
Адретта / Adretta	7,0±0,4 ^d	7,4±0,4 ^c	39,9±1,9 ^g	52,8±2,6 ^c	213,9±10,7 ^f	29,2±1,5 ^e
Василёк / Vasilek	3,0±0,2 ^a	-	40,6±2,0 ^g	59,4±3,0 ^d	59,9±3,0 ^b	22,5±1,1 ^d
Перспективные сорта / Promising varieties						
Велина / Velina	7,0±0,4 ^d	-	11,2±0,6 ^a	88,8±4,4 ^g	59,4±3,0 ^b	8,0±0,4 ^a
Триумф / Triumph	6,0±0,3 ^c	4,1±0,2 ^b	21,8±1,1 ^d	74,1±3,7 ^f	91,5±4,6 ^d	15,1±0,8 ^e
Ассоль / Assol`	3,0±0,2 ^a	-	41,1±2,1 ^g	58,9±2,9 ^d	47,1±2,4 ^a	14,3±0,7 ^e
Илона / Илона	6,0±0,3 ^c	8,8±0,4 ^d	16,0±0,8 ^c	75,2±3,8 ^f	96,5±4,8 ^d	16,2±0,8 ^e
Красавчик / Krasavchik	6,0±0,3 ^c	2,9±0,1 ^a	30,2±1,5 ^e	66,9±3,3 ^e	103,1±5,2 ^d	16,3±0,8 ^e
Ривьера / Riv`era	3,0±0,2 ^a	26,7±1,3 ^f	35,0±1,7 ^f	38,3±1,9 ^a	124,6±6,3 ^e	37,4±1,9 ^f
Родриго / Rodrigo	4,0±0,2 ^b	13,3±0,7 ^c	41,7±2,1 ^g	45,0±2,3 ^b	71,9±3,6 ^e	21,6±1,1 ^d

Примечание: значения с одинаковыми надстрочными литерами статистически значимо не различались при $p < 0,05$ / Note: values with the same superscript letters did not have statistically significant difference at $p < 0.05$

Минимальная продуктивность наблюдалась у районированного сорта Василек и перспективных Ривьера и Ассоль. Следует отметить, у сортов Триумф, Илона и Красавчик клубневая продуктивность в сложившихся погодных условиях была на достаточно хорошем уровне. В 2020 г. агрометеорологические условия были неблагоприятными для роста и развития первого клубневого поколения изученных сортов, значение ГТК составляло $0,4^2$.

Анализ фракций клубней показал, что произрастание в засушливых условиях у первого поколения сортов отражалось на распределении клубней в структуре урожая. Наблюдалось преобладание количества мелких клубней (85,5 %) у сорта Розара, содержание средней фракции клубней у сортов Адретта и Василёк было одинаковым (около 40 %). Отмечено, что среди районированных сортов кусты первого клубневого поколения сорта Адретта имели крупные клубни, за счет которых сохранялась высокая урожайность (213,9 г/куст) и средняя масса клубня (29,2 г).

В ходе клубневых испытаний выявлено, что наиболее толерантным к засушливым условиям и более продуктивным, среди районированных, являлся сорт Адретта. В ходе полевого опыта у первого клубневого поколения перспективного сорта Ривьера выявлено максимальное количество крупных (26,7 %) и минимальное количество мелких (38,3 %) клубней, что отразилось на высокой урожайности (124,6 г/куст) и максимальной средней массе клубней (37,4 г) среди сортов. Перспективный сорт Велина по исследованным показателям был схож с районированным сортом Розара, незначительно уступая по показателям численности клубней среднего размера и средней массе одного клубня. В засушливых условиях у сверххранного сорта Ривьера наблюдалось максимальное количество крупных клубней и минимальное содержание мелкой фракции среди всех исследованных сортов в первом поколении. Исходя из полученных данных, можно предположить, что оздоровленный сверххранный сорт Ривьера может использоваться на территориях с более экстремальными условиями культивирования без дополнительного полива при условии соразмерного увеличения площади посадок. Следует отметить среднеранний сорт Родриго, который также

может использоваться в зонах рискованного земледелия, имея невысокую клубневую продуктивность при значительной доле крупных клубней. У этого сорта, как и у сорта Ривьера, в структуре урожая наблюдался высокий показатель суммы крупных и средних клубней относительно мелкой фракции.

Анализ сохранности клубней, сформированных растениями-регенерантами, показал высокие значения ($100,0 \pm 5,0$ %) у районированного сорта Адретта (37 шт.) и перспективных сортов Ривьера (18 шт.), Триумф (40 шт.) и Родриго (16 шт., $94,1 \pm 4,7$ %), также статистически она не отличалась у районированного сорта Василёк (12 шт., $80,0 \pm 4,0$ %) и перспективного сорта Ассоль (17 шт., $77,3 \pm 3,9$ %). Сохранность клубней у перспективного сорта Красавчик (241 шт., $69,1 \pm 4,0$ %), районированного сорта Розара (65 шт., $55,6 \pm 2,8$ %) и перспективного сорта Илона (21 шт., $55,3 \pm 2,8$ %) была одинаковой. Минимальный уровень сохранности клубней наблюдался у раннеспелого сорта Велина (18 шт., $33,3 \pm 1,7$ %), что может объясняться наличием большего количества мелкой фракции.

Выводы. Проведено экологическое испытание оздоровленного посадочного материала перспективных и районированных сортов картофеля с применением комплексного метода апикальных меристем и химиотерапии. Выявлено, что регенеранты сорта Красавчик характеризовались как наиболее устойчивые к условиям открытого грунта (выживаемость – 28,0 %), наименее адаптированным сортом являлся Василёк (1,0 %).

По предварительным данным установлено, что наиболее толерантным к засушливым условиям вегетации ($ГТК = 0,4$) и более продуктивным среди оздоровленных районированных являлся сорт Адретта.

Полученные данные дают возможность предположить, что сверххранный сорт Ривьера и среднеранний сорт Родриго могут использоваться на территориях с более экстремальными условиями культивирования. Учитывая разные погодные условия Центральной Якутии, предложено одновременно использовать в хозяйстве сорта с разной продолжительностью вегетационного периода для компенсации непрогнозируемых проявлений условий произрастания на урожай.

²Климатический мониторинг. Справочно-информационный портал «Погода и климат». 2004-2021. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru> (дата обращения 11.10.2020).

По показателю сохранности клубней выявили, что высокими значениями (100,0±5,0 %) характеризовались районированный сорт Адретта (37 шт.) и три перспективных сорта:

Ривьера (18 шт.), Триумф (40 шт.) и Родриго (16 шт., 94,1±4,7 %), минимальный уровень сохранности клубней наблюдался у сорта Велина (18 шт. 33,3±1,7 %).

Список литературы

1. Смирнов Н. А. Значимость картофелеводства в аграрной экономике и обеспечении продовольственной независимости региона. Азимут научных исследований: экономика и управление. 2016;5(3(16)):183-188. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27198795>
2. Артюхова С. И., Киргизова И. В. Биотехнология оздоровления сибирского картофеля от вирусов. Омск: изд-во ОмГТУ, 2015. 136 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26197993>
3. Коршунов А. В., Симаков Е. А., Лысенко Ю. Н., Анисимов Б. В., Митюшкин А. В., Гаитов М. Ю. Актуальные проблемы и приоритетные направления развития картофелеводства. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(3):12-20. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10303>
4. Барсукова Е. Н., Ким И. В., Чекушкина Т. Н. Оздоровление и микроразмножение *in vitro* сортов картофеля для безвирусного семеноводства. Дальневосточный аграрный вестник. 2018;(4(48)):20-26. DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-14076>
5. Усков А. И. Воспроизводство оздоровленного исходного материала для семеноводства картофеля: 3. размножение исходных растений. Достижения науки и техники АПК. 2009;(12):17-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14873175>
6. Бутенко Р. Г. Культура изолированных тканей и физиология морфогенеза растений. М.: Наука, 1964. 272 с.
7. Калинин Ф. Л., Сарнацкая В. В., Полищук В. Е. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений. Киев: Наукова думка, 1980. 488 с.
8. Антонова О. Ю., Апаликова О. В., Ухатова Ю. В., Крылова Е. А., Шувалов О. Ю., Шувалова А. Р., Гавриленко Т. А. Оздоровление микрорастений трех культурных видов картофеля (*Solanum tuberosum* L., *S. phureja* Juz. & Buk. и *S. stenotomum* Juz. & Buk.) от вирусов методом комбинированной термо-химиотерапии. Сельскохозяйственная биология. 2017;52(1):95-104. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.95rus>
9. Cassels A. C., Long R. D. The elimination of potato viruses X, Y, S and M in meristem and explant cultures of potato in the presence of Virazole. Potato Res. 1982;25:165-173. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02359803>
10. Faccioli G., Loebenstein G., Berger P. H., Brunt A. A., Lawson R. H. Control of potato viruses using meristem and stem-cutting cultures, thermotherapy and chemotherapy. In: Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes. Springer Netherlands, 2001. pp. 365-390. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0842-6_28
11. Kornova K., Michailova J. Optimizing the rooting process in propagation of kasanlak oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) *in vitro*. Propagation of Ornamental Plants. 2008;8(4):224-229. URL: http://www.journal-pop.org/2008_8_4_224-229.html
12. Thomas P., Prabhakara B. S., Pitchaimuthu M. Cleansing the long-term micropropagated triploid watermelon cultures from covert bacteria and field testing the plants for clonal fidelity and fertility during the 7-10 year period *in vitro*. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2006;85:317-329. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11240-006-9083-5>
13. Tyukavin G. B., Shmykova N. A., Monakhova M. A. Cytological study of embryogenesis in cultured carrot anthers. Russian journal of Plant physiology. 1999;46(6):767-773.
14. Байрамбеков Ш. Б., Галкин А. Н., Гарьянова Е. Д. Использование рассады для получения сверхурожая картофеля. Научный журнал КубГАУ. 2016;121(07):1-10. DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-121-084>
15. Технология возделывания семенного картофеля в условиях Якутии: методические рекомендации. Отв. ред.: П. П. Охлопкова. Составители: П. П. Охлопкова, С. П. Ефремова, Н. С. Яковлева, Т. В. Слепцова, М. Н. Иванова. РАСХН СО, Якутский НИИСХ. Якутск, 2010. 56 с. Режим доступа: <https://e.nlrs.ru/online/view/14004/files/assets/basic-html/page-4.html#>

References

1. Smirnov N. A. *Znachimost' kartofelevodstva v agrarnoy ekonomike i obespechenii provodol'stvennoy nezavisimosti regiona*. [The importance of potato in the agricultural economy and ensuring food independence of the region]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie* = Azimuth of scientific research: economics and administration. 2016;5(3(16)):183-188. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27198795>
2. Artyukhova S. I., Kirgizova I. V. *Biotehnologiya ozdorovleniya sibirskogo kartofelya ot virusov*. [Biotechnology for the recovery of Siberian potatoes from viruses]. Омск: изд-во ОмГТУ, 2015. 136 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26197993>
3. Korshunov A. V., Simakov E. A., Lysenko Yu. N., Anisimov B. V., Mityushkin A. V., Gaitov M. Yu. *Aktual'nye problemy i prioritetye napravleniya razvitiya kartofelevodstva*. [Actual problems and priority directions of innovative development of potato breeding]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(3):12-20. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10303>
4. Barsukova E. N., Kim I. V., Chekushkina T. N. *Ozdorovlenie i mikrorazmnozhenie in vitro sortov kartofelya dlya bezvirusnogo semenovodstva*. [Improvement and *in vitro* micropropagation of potato varieties for disease-free seed growing]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik* = Far Eastern Agrarian Herald. 2018;(4(48)):20-26. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-14076>
5. Uskov A. I. *Vosproizvodstvo ozdorovlennogo iskhodnogo materiala dlya semenovodstva kartofelya: 3. Razmnozhenie iskhodnykh rasteniy*. [Reproduction of basic material for seed potato production: 3. basic plants propagation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2009;(12):17-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=14873175>
6. Butenko R. G. *Kul'tura izolirovannykh tkaney i fiziologiya morfogeneza rasteniy*. [Isolated tissue culture and physiology of plant morphogenesis]. Moscow: Nauka, 1964. 272 p.

7. Kalinin F. L., Sarnatskaya V. V., Polishchuk V. E. *Metody kul'tury tkaney v fiziologii i biokhimii rasteniy*. [Tissue culture methods in plant physiology and biochemistry]. Kiev: *Naukova dumka*, 1980. 488 p.
8. Antonova O. Yu., Apalikova O. V., Ukhatova Yu. V., Krylova E. A., Shuvalov O. Yu., Shuvalova A. R., Gavrilenko T. A. *Ozдорovlenie mikrorasteniy trekh kul'turnykh vidov kartofelya (Solanum tuberosum L., S. phureja Juz. & Buk. i S. stenotomum Juz. & Buk.) ot virusov metodom kombinirovannoy termo-khimioterapii*. [Eradication of viruses in microplants of three cultivated potato species (*Solanum tuberosum* L., *S. phureja* Juz. & Buk., *S. stenotomum* Juz. & Buk.) using combined thermochemotherapy method]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2017;52(1):95-104. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.1.95rus>
9. Cassells A. C., Long R. D. The elimination of potato viruses X, Y, S and M in meristem and explant cultures of potato in the presence of Virazole. *Potato Res.* 1982;25:165-173. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02359803>
10. Faccioli G., Loebenstein G., Berger P. H., Brunt A. A., Lawson R. H. Control of potato viruses using meristem and stem-cutting cultures, chemotherapy and chemotherapy. In: *Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes*. Springer Netherlands, 2001. pp. 365-390. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-0842-6_28
11. Kornova K., Michailova J. Optimizing the rooting process in propagation of kazanlak oil-bearing rose (*Rosa damascena* Mill.) *in vitro*. *Propagation of Ornamental Plants*. 2008;8(4):224-229. URL: http://www.journal-pop.org/2008_8_4_224-229.html
12. Thomas P., Prabhakara B. S., Pitchaimuthu M. Cleansing the long-term micropropagated triploid watermelon cultures from covert bacteria and field testing the plants for clonal fidelity and fertility during the 7-10 year period *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 2006;85:317-329. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11240-006-9083-5>
13. Tyukavin G. B., Shmykova N. A., Monakhova M. A. Cytological study of embryogenesis in cultured carrot anthers. *Russian journal of Plant physiology*. 1999;46(6):767-773.
14. Bayrambekov Sh. B., Galkin A. N., Gar'yanova E. D. *Ispol'zovanie rassady dlya polucheniya sverkhannogo urozhaya kartofelya*. [Usage of seedlings for receiving ultraearly harvests of potato]. *Nauchnyy zhurnal KubGAU*. 2016;121(07):1-10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-121-084>
15. *Tekhnologiya vozdeleyvaniya semennogo kartofelya v usloviyakh Yakutii: metodicheskie rekomendatsii*. [Technology of cultivation of seed potatoes in the conditions of Yakutia: methodological recommendations]. *Otv. red.*: P. P. Okhlopko. *Sostaviteli*: P. P. Okhlopko, S. P. Efremova, N. S. Yakovleva, T. V. Sleptsova, M. N. Ivanova. *RASKhN SO, Yakutskiy NIISKh*. Yakutsk, 2010. 56 p. URL: <https://e.nlrs.ru/online/view/14004/files/assets/basic-html/page-4.html#>

Сведения об авторах

Дарханова Валентина Гаврильевна, инженер-исследователь Ботанического отдела Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», пр. Ленина, д. 41, г. Якутск, Российская Федерация, 677980, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8789-5147>

Строева Наталья Семеновна, инженер-исследователь Ботанического отдела Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», пр. Ленина, д. 41, г. Якутск, Российская Федерация, 677980, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2803-4440>

✉ **Воронов Иван Васильевич**, кандидат биол. наук., старший научный сотрудник Ботанического отдела Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», пр. Ленина, д. 41, г. Якутск, Российская Федерация, 677980, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5460-4024>, e-mail: viv_2002@mail.ru

Филиппова Галина Валерьевна, кандидат биол. наук., старший научный сотрудник Ботанического отдела Института биологических проблем криолитозоны Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБУН Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», пр. Ленина, д. 41, г. Якутск, Российская Федерация, 677980, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2024-6062>

Information about the authors

Valentina G. Darhanova, research engineer, the Botanical Department, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Ave. 41, Yakutsk, 677980, Russian Federation, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8789-5147>

Natalya S. Stroevea, research engineer, the Botanical Department, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Ave. 41, Yakutsk, 677980, Russian Federation, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2803-4440>

✉ **Ivan V. Voronov**, PhD in Biological Science, senior researcher, the Botanical Department, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Ave. 41, Yakutsk, 677980, Russian Federation, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5460-4024>, e-mail: viv_2002@mail.ru

Galina V. Filippova, PhD in Biological science, senior researcher, the Botanical Department, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, Federal Research Center "Yakutsk Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences", Lenin Ave. 41, Yakutsk, 677980, Russian Federation, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, e-mail: bio@ibpc.ysn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2024-6062>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Получение микроклубней картофеля на основе оптимизации условий культивирования *in vitro*

© 2021. Е. Н. Сомова, М. Г. Маркова ✉, Е. А. Власевская

ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Ижевск, Удмуртская Республика, Российская Федерация

В 2018-2020 гг. проведена поисковая работа по оптимизации таких условий культивирования картофеля *in vitro*, как фотопериод, объем питательной среды, выбор источника углеводного питания и его концентрации, а также регуляторов роста ауксиновой и цитокининовой природы. Микро растения картофеля раннеспелых (Алена, Латона, Ред-Скарлетт), среднеранних (Адретта, Чародей, Свитанок киевский) и среднеспелых (Наяда, Ладожский, Скарб) сортов культивировались при освещенности 75-85 мМоль/м² с⁻¹, 6500 К, температуре воздуха 22...25 °С, относительной влажности воздуха 70-75 % и фотопериоде от 4 до 16 ч. По результатам трехлетних исследований установлено, что при культивировании картофеля *in vitro* всех групп спелости оптимальными для микроклубнеобразования являлись питательная среда Мурашиге-Скуга в модификации Всероссийского НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха с 6-процентной концентрацией сахарозы в объеме 10 мл на одно микро растение и 12-часовой фотопериод. Взаимодействие данных условий культивирования позволило получить в среднем на одно микро растение 2,5 шт. микроклубней по раннеспелым сортам картофеля, 2,4 шт. по среднеранним и 3,2 шт. по среднеспелым. Оптимальные приемы культивирования картофеля *in vitro* послужили основой для новой методики получения микроклубней картофеля, при соблюдении которой возросла доля микро растений с микроклубнями на 6 % у раннеспелых, на 12 % у среднеранних и на 9 % у среднеспелых сортов, а также сократилась продолжительность периода микроклубнеобразования на 14 суток у среднеранних и на 28 суток у раннеспелых и среднеспелых сортов картофеля. Также отмечено, что микро растения раннеспелых и среднеранних сортов картофеля образовывали более крупные микроклубни, тогда как среднеспелые лидировали по количественному выходу.

Ключевые слова: картофель, клональное микро размножение, микроклубнеобразование, фотопериод, регуляторы роста

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Удмуртский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (тема № 0427-2019-0033).

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Сомова Е. Н., Маркова М. Г., Власевская Е. А. Получение микроклубней картофеля на основе оптимизации условий культивирования *in vitro*. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(5):682-688. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.682-688>

Поступила: 16.04.2021

Принята к публикации: 08.09.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

The obtaining potato microtubers on the basis of optimization of *in vitro* cultivation conditions

© 2021. Elena N. Somova, Marina G. Markova ✉, Elena A. Vlasevskaya

Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Udmurt Republic, Russian Federation

Search work for optimization of such conditions for *in vitro* cultivation of potatoes as photoperiod, volume of nutrient medium, choice of a source of carbohydrate nutrition and its concentration, as well as growth regulators of auxin and cytokinin nature, was carried out in 2018-2020. Potato microplants of early-ripening (Alena, Latona, Red-Scarlett), middle-early (Adretta, Charodei, Svitanok Kievsky) and mid-season (Naiada, Ladozhskiy, Skarb) varieties were cultivated at illumination of 75-85 mMol/m² s⁻¹, 6500 K, air temperature 22...25 °C, relative air humidity 70-75 % and photoperiod from 4 to 16 hours. The results of three years of research have shown that the Murashige-Skooga nutrient medium modified by the Russian Potato Research Center with a 6 % sucrose concentration in a volume of 10 ml per microplant and a 12-hour photoperiod were optimal for micro-tuberization during *in vitro* cultivation of potatoes of all ripeness groups. The interaction of these cultivation conditions made it possible to obtain an average of 2.5 pcs. of microtubers per microplant of early-ripening potato varieties, 2.4 pcs. – middle-early and 3.2 pcs. – mid-season varieties. Optimal methods of *in vitro* cultivation of potatoes served as the basis for a new technique for obtaining potato microtubers. If this method was followed, the share of microplants with microtubers of early-ripening varieties increased by 6 %, middle-early varieties – by 12 % and mid-season ones – by 9 %. In addition, the duration of the micro-tuberization period in middle-early varieties was reduced by 14 days, in early-ripening and mid-season potato varieties by 28 days. Microplants of early-ripening and middle-early potato varieties formed larger microtubers, while mid-season varieties were in the lead in terms of quantitative yield.

Key words: potato, clonal micropropagation, microtuber formation, photoperiod, growth regulators

Acknowledgements: the work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0427-2019-0033).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Somova E. N., Markova M. G., Vlasevskaya E. A. The obtaining potato microtubers on the basis of optimization of *in vitro* cultivation conditions. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):682-688. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.682-688>

Received: 16.04.2021

Accepted for publication: 08.09.2021

Published online: 27.10.2021

В оригинальном семеноводстве картофеля все большее внимание уделяется одному из перспективных способов ускоренного размножения – получению микроклубней в культуре *in vitro*, который широко применяется для массового размножения оздоровленного пробирочного материала в системе семеноводства [1]. Микроклубни облегчают хранение коллекционных образцов, их транспортировку, могут быть использованы для накопления размножаемого материала в межсезонье, а также для непосредственного высаживания в теплицу и поле [2, 3].

Способность микрорастений к индукции клубнеобразования во многом зависит от светового режима: при длинном световом дне (16-часовом) микроклубни растениями пробирочной культуры образуются слабо, а при коротком восьмичасовом периоде микроклубни образуются у 89-95 % пробирочных растений [4, 5].

Возможность клубнеобразования у картофеля в условиях *in vitro* связана с генотипическими, видовыми и сортовыми свойствами. Более высокая эффективность столоно- и клубнеобразования выявлена у микрорастений среднеспелых сортов [6].

Оптимальный углевод для столоно- и корнеобразования у картофеля *in vitro* – сахара, в то время как для формирования микроклубней предпочтительнее фруктоза. Высокое содержание сахарозы в культуральной среде является основным условием инициации микроклубней. По данным исследований [7], при низких концентрациях сахарозы (2 %) в среде культивирования инициации микроклубней не происходит. По другим данным, оптимальным является содержание не менее 5 % сахарозы в питательной среде [8, 9].

Экзогенные фитогормоны группы цитокининов увеличивают эффективность столоно-

и клубнеобразования у картофеля *in vitro*. Оптимальным для стимулирования этих процессов является внесение в питательную среду кинетина в концентрации 2 мг/л. Также доказано, что применение кинетина в определенных концентрациях в качестве регуляторных факторов способствует улучшению процесса микроклубнеобразования *in vitro* [10].

Традиционным индуктором корнеобразования для культивирования картофеля *in vitro* является индолилуксусная кислота (ИУК). Установлено, что небольшая дозировка 0,5 мг/л индолилмасляной кислоты (ИМК) наиболее эффективно увеличивает количество междоузлий, а концентрация 1 мг/л стимулирует ризогенез. Также данный регулятор роста повышает размер микроклубней до 12 мм по наибольшему поперечному диаметру в зависимости от концентрации [11].

Таким образом, для увеличения выхода микроклубней с одного микрорастения необходимо оптимизировать такие условия культивирования картофеля *in vitro*, как фотопериод, объем питательной среды, выбор источника углеводного питания и его концентрации, а также выбор регуляторов роста ауксиновой и цитокининовой природы [12].

Цель исследований – изучить влияние условий культивирования картофеля *in vitro* (фотопериод, объем питательной среды, источник углеводного питания, концентрация сахарозы, регуляторы роста) на выход микроклубней с одного микрорастения.

Новизна исследований заключается в разработке новой методики получения микроклубней картофеля различных групп спелости.

Материал и методы. Исследования проведены согласно рекомендациям «Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля»¹ и в соответствии с ГОСТ 33996-2016².

¹Симаков Е. А., Усков А. И., Варицев Ю. А. Новые технологии производства оздоровленного исходного материала в элитном семеноводстве картофеля (рекомендации). М.: «Агропрогресс», 2000. 80 с.

²ГОСТ 33996-2016 «Картофель семенной. Технические условия и методы определения качества». М.: Стандартинформ, 2016. 41 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200143601>

Поисковая работа осуществлена на базе лаборатории по оздоровлению картофеля Удмуртского НИИСХ. Объект исследований – микро-растения картофеля раннеспелых (Алена, Латона, Ред-Скарлетт), среднеранних (Адретта, Чародей, Свитанок киевский) и среднеспелых (Наяда, Ладожский, Скарб) сортов³. Стерильные работы проведены в ламинар-боксе, культивирование микро-растений – в светоконнате лаборатории при освещенности 75-85 мМоль/м² с⁻¹, 6500 К, температуре воздуха 22...25 °С, относительной влажности воздуха 70-75 % и фотопериоде согласно схеме опыта. Использовали питательную среду Мурасиге-Скуга⁴ в модификации Всероссийского НИИ картофельного хозяйства им. А. Г. Лорха.

Экспериментальную работу по получению микроклубней картофеля *in vitro* проводили обособленно по каждому из изучаемых условий культивирования:

- фотопериод – 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 (контроль) часов;
- объем питательной среды – 6, 8, 10, 12 (контроль) мл;
- источник углеводного питания – глюкоза (контроль), фруктоза, сахароза (сахар

тостниковый нерафинированный), сахароза (сахар свекловичный нерафинированный), ксилит, сорбит, крахмал водорастворимый;

- концентрация сахарозы – 0, 2 (контроль), 4, 6, 8, 10 %;

- регулятор роста (мг/л) – без регуляторов; индолилуксусная кислота (ИУК) – 2 (контроль); 2,4-дихлорфеноксиуксусная кислота (2,4-Д) – 0,1; 2,4-динитрофенол (ИД-82) – 2; индолилмасляная кислота (ИМК) – 2; 6-бензиламинопури (6-БАП) – 2; ИМК – 1 + 6-БАП – 1; ИМК – 1 + форхлорфенурон (ФХФ) – 1; ИУК – 1 + ФХФ – 1; ИМК – 1 + кинетин – 1; ИУК – 1 + кинетин – 1.

Ростовые параметры растений определяли путем измерения линейкой. Статистическую обработку экспериментальных данных провели методом дисперсионного анализа⁵.

Результаты и их обсуждение. В результате исследований по каждому из условий культивирования (фотопериод, объем питательной среды, источник углеводного питания, концентрация сахарозы, регуляторы роста) выявлены параметры, обеспечивающие максимальный выход микроклубней с одного микро-растения (табл. 1).

Таблица 1 – Максимальный выход микроклубней на одно микро-растение картофеля разных групп спелости в зависимости от условий культивирования, шт. / Table 1 – The maximum yield of microtubers per one microplant of potatoes of different ripeness groups, depending on the cultivation conditions, pcs.

Условия культивирования / Cultivation conditions	Сорта картофеля / Potato varieties			Среднее/ Average
	раннеспелые/ early maturing	среднеранние/ mid-early	среднеспелые/ mid-season	
Фотопериод 12 час. / Photoperiod 12 hour HCP ₀₅ 0,2 / LSD ₀₅ 0.2	1,4	1,3	1,4	1,4
Объем питательной среды 10 мл / The volume of nutrient medium 10 ml, HCP ₀₅ 0,1 / LSD ₀₅ 0.1	1,4	1,4	1,5	1,4
Источник углеводного питания (сахар свекловичный нерафинированный) / Source of carbohydrate nutrition (unrefined beet sugar) HCP ₀₅ 0,2 / LSD ₀₅ 0.2	1,4	1,2	1,1	1,2
Концентрация сахарозы 6 % / Concentration of sucrose 6 % HCP ₀₅ 0,2 / LSD ₀₅ 0.2	1,6	1,6	1,8	1,7
ИМК 1 мг/л + кинетин 1 мг/л / Indolyl-3-butyric acid 1 mg/l + kinetin 1 mg/l HCP ₀₅ 0,4 / LSD ₀₅ 0.4	1,3	1,4	2,8	1,8

³Анисимов Б. В., Еланский С. Н., Зейрук В. Н., Кузнецова М. Ф., Симаков Е. А., Складорова Н. П., Филиппов С. Н., Яшина И. М. Сорта картофеля, возделываемые в России: справочное издание. М.: Агроспас, 2013. 144 с.

⁴Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 1962;5(95):473-497.

⁵Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2011. 352 с.

Независимо от группы спелости сортов картофеля, наименьшее влияние на микроклубнеобразование оказали фотопериод, объем питательной среды и источник углеводного питания.

При 12-часовом световом дне в среднем на одно микрорастение сформировалось 1,4 микроклубня. Количество микрорастений, способных образовывать микроклубни, уменьшалось при фотопериоде 10 часов и менее во всех группах сортов картофеля. Более чувствительными к фотопериоду проявили себя среднеспелые сорта картофеля: доля микрорастений с микроклубнями у них составила 52,9 %, но это не отразилось на количественном выходе микроклубней. Более склонными к микроклубнеобразованию являлись сорта раннеспелой и среднеранней групп, у которых доля микрорастений с микроклубнями составила 80,4 и 81,0 % соответственно.

Различий в количестве микроклубней на одно микрорастение картофеля в зависимости от объема питательной среды не наблюдалось, выход составил в среднем по сортам 1,4 шт. Уменьшение объема питательной среды не влияло на выживаемость микрорастений картофеля и на процесс корнеобразования. Тем не менее, увеличение объема питательной среды с 6 до 10 мл способствовало увеличению числа микрорастений, способных формировать микроклубни, с 85,8 до 93,0 % в среднем. Сорта среднеспелой группы картофеля формировали в среднем 1,5 шт. микроклубней на одно микрорастение, раннеспелые и среднеранние – 1,4 шт. Наибольшая средняя сырая масса одного микроклубня отмечена у сортов раннеспелой группы – 251,8 мг, наименьшая с существенной разницей у среднеспелых – 183,0 мг. Таким образом, увеличение объема питательной среды до 10 мл положительно повлияло на долю микрорастений с микроклубнями и среднюю сырую массу микроклубня.

На фоне различных изучаемых источников углеводного питания использование сахарозы (сахар свекловичный нерафинированный) положительно повлияло на количественный выход микроклубней, обеспечив максимальный их выход 1,2 шт. в среднем по сортам. Причем раннеспелые сорта картофеля активнее отреагировали на сахарозу, сформировав 1,4 шт. микроклубня на одно микрорастение.

Существенное влияние на микроклубнеобразование оказала концентрация сахарозы в питательной среде и регуляторы роста.

Отсутствие источника углеводного питания отрицательно влияло на рост и развитие микрорастений картофеля. Наилучшим источником углеводного питания являлась сахароза (сахар свекловичный нерафинированный), обеспечившая в 2-процентной концентрации выход микроклубней в среднем на одно микрорастение 1,4 шт. Увеличение концентрации сахарозы до 6-10 %, в сравнении с контролем (2 %), не влияло на выживаемость микрорастений картофеля (98 %) и корнеобразование (99 %), но существенно увеличило клубнеобразующую способность микрорастений в среднем на 6-7 %. Независимо от группы сортов, 6-процентное содержание сахарозы в питательной среде существенно увеличило количество микроклубней с микрорастения в среднем до 1,7 шт. Доля микрорастений с микроклубнями при концентрациях сахарозы 6-10 % оказалась значительно выше, чем при 2-процентной концентрации, но не превышала в среднем 92,5 %. Наибольшая средняя сырая масса одного микроклубня отмечалась у сортов ранней группы – 197,7 мг, что существенно выше, чем у среднеранних (144,0 мг) и среднеспелых (124,6 мг). Таким образом, можно выделить по комплексу признаков оптимальную 6-процентную концентрацию сахара в питательной среде для микроклубнеобразования.

Формированию корней способствовало добавление в питательную среду таких индукторов ризогенеза группы ауксинов, как ИУК и ИМК. При использовании в питательной среде регуляторов роста группы ауксинов у микрорастений картофеля увеличивались высота и количество междоузлий, а при использовании регулятора роста группы цитокининов 6-БАП образовывались невысокие микрорастения с небольшим количеством междоузлий. Совместное использование регуляторов роста группы ауксинов и цитокининов существенно увеличивало по всем сортам картофеля количество микрорастений, способных образовывать микроклубни, в среднем на 20,4-49,8 %.

Установлено, что для улучшения индукции микроклубнеобразования необходимо добавлять в питательную среду: для раннеспелых сортов – ИУК 1 мг/л + 6-БАП 1 мг/л, среднеранних – ИУК 2 мг/л, среднеспелых – ИМК 1 мг/л + кинетин 1 мг/л. Наибольший выход микроклубней с одного микрорастения картофеля обеспечило совместное внесение в питательную среду ИМК 1 мг/л + кинетин

1 мг/л, который составил в среднем по сортам 1,8 шт. Данное сочетание регуляторов роста способствовало также увеличению доли микрорастений с микроклубнями в среднем до 91,1-98,3 % и сырой массы микроклубня с 175,6 до 380,4 мг. Микрорастения раннеспелых и среднеранних сортов картофеля образовывали более крупные микроклубни, тогда как количественный выход был больше у среднеспелых сортов.

Таким образом, при культивировании картофеля *in vitro* всех групп спелости оптимальными для микроклубнеобразования являлись питательная среда с 6-процентной концентрацией сахарозы в объеме 10 мл на одно микрорастение и 12-часовой фотопериод (табл. 2). Оптимальные приемы культивирования картофеля *in vitro* послужили основой для новой методики получения микроклубней картофеля различных групп спелости.

Таблица 2 – Оценка получения микроклубней картофеля различных групп спелости по традиционной⁶ и новой методикам культивирования *in vitro* / Table 2 – Evaluation of the production of potato microtubers of various ripeness groups according to traditional⁶ and new methods of *in vitro* cultivation

Показатель / Parameter	Раннеспелые / Early maturing		Среднеранние / Mid-early		Среднеспелые / Mid-season	
	методика / method					
	традиционная / traditional	новая / new	традиционная / traditional	новая / new	традиционная / traditional	новая / new
Выход микроклубней, шт. / микрорастение/ Yield of microtubers, pcs/microplant	1,4	2,5	1,4	2,4	1,5	3,2
Средняя сырая масса микроклубня, мг / Average wet weight of microtubers, mg	295,1	565,3	279,3	387,5	128,8	188,5
Доля микрорастений с микроклубнями, % / Proportion of micro-plants with microtubers, %	77,0	83,0	80,0	92,0	84,5	93,6
Продолжительность микроклубнеобразования, сут / Duration of microtubers formation, days	74	46	60	46	88	60

Известно, что влияние различных факторов на клубнеобразование картофеля *in vitro* проявляется при их взаимодействии, а не в отдельности [13, 14]. Взаимодействие оптимальных приемов культивирования картофеля *in vitro* способствовало увеличению микроклубнеобразования и позволило получить в среднем на одно микрорастение 2,5 шт. у раннеспелых сортов картофеля, 2,4 шт. – среднеранних и 3,2 шт. – среднеспелых. При этом доля микрорастений с микроклубнями выросла на 6 % у раннеспелых, на 12 % у среднеранних и на 9,1 % у среднеспелых сортов картофеля. Увеличилась средняя сырая масса микроклубня в 1,9 раза у раннеспелых, в 1,4 раза у среднеранних и в 1,5 раза у среднеспелых сортов картофеля. Продолжи-

тельность периода микроклубнеобразования сократилась на 28 суток у раннеспелых и среднеспелых сортов, на 14 суток у среднеранних сортов картофеля.

Выводы. Установлено, что при культивировании *in vitro* картофеля изучаемых групп спелости оптимальными для микроклубнеобразования являлись питательная среда в объеме 10 мл на одно микрорастение с 6-процентной концентрацией сахарозы, совместным внесением ауксина ИМК 1мг/л и цитокинина кинетин 1 мг/л при 12-часовом фотопериоде. Взаимодействие данных условий культивирования позволило получить в среднем на одно микрорастение 2,5 шт. у раннеспелых сортов картофеля, 2,4 шт. – среднеранних и 3,2 шт. – среднеспелых.

⁶Симаков Е. А., Усков А. И., Варицев Ю. А. Указ. соч.

Список литературы

1. Терентьева Е. В., Ткаченко О. В. Получение мини-клубней картофеля аэропонным способом. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2018;(4):61-72. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-61-72>
2. Кокшарова М. К. Микроклубни как посадочный материал. Картофель и овощи. 2016;(3):31-32. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25691978>
3. Oves E. V., Gaitova N. A., Shishkina O. A. In vitro tuberization in potato varieties of different ripe time. Research on crops. 2021;22(S):22-25. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.006>
4. Кокшарова М. К., Лепп Ф. Р., Келик Л. А. Влияние продолжительности светового периода на образование микроклубней *in vitro*. АПК России. 2017;24(3):596-599. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30777438>
5. Chen L., Xue X., Yang Ya., Chen F., Zhao J., Wang X., Khan A. T., Hu Yu. Effects of red and blue LEDs on in vitro growth and microtuberization of potato single-node cuttings Front. Agr. Sci. Eng. 2018;(5(2)):197-205. DOI: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018224>
6. Овэс Е. В., Гаитова Н. А., Шишкина О. А. Индуцирование микроклубнеобразования новых перспективных сортов картофеля в асептической культуре. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2020;15(4(60)):48-54. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-48-54>
7. Oves E. V., Zhevora S. V., Gaitova N. A., Boyko Y. P., Fenina N. A., Shishkina O. A. Assessment of potato in vitro morphogenesis. Iop conference series: earth and environmental science International Conference on Engineering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. Bristol, 2021;659(1): 012093. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012093>
8. Бондарев Н. И., Козлова Н. Ю., Бондарева Т. А., Ульянова А. А., Мельникова А. А. Регуляция клубнеобразования у картофеля (*solanum tuberosum* L.) в условиях *in vitro*. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2020;(4 (63)):3-7. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43363334>
9. Етдзаева К. Т., Овэс Е. В., Марзоев З. А., Карданова И. С. Влияние различных технологий на процесс образования *in vitro* микроклубней картофеля. Вестник АПК Ставрополя. 2018;(2 (30)):138-142. DOI: <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2018-7-30-138-142>
10. Тустубаева Ш. Т., Кузьмина Г. Н., Акзамбек А. М. Применение технологии получения микроклубней картофеля *in vitro* для оригинального семеноводства. Актуальные научные исследования в современном мире. 2018;(1-8 (33)):33-39. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32366649>
11. Булдаков С. А., Плеханова Л. П. Влияние индолилмасляной кислоты на рост растений и образование микроклубней в культуре картофеля *in vitro*. Международный научно-исследовательский журнал. 2019;(8-1 (86)):89-92. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.86.8.015>
12. Овэс Е. В., Колесова О. С., Жевора С. В. Инновационный способ выращивания микроклубней картофеля *in vitro*. Картофелеводство: сб. научн. тр. Минск, 2016. С. 353-361. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37205196>
13. Власевская Е. А., Мухаметшин И. Г. Влияние питательной среды и фотопериода на клубнеобразование микроклубней картофеля в культуре *in vitro*. Бюллетень науки и практики. 2019;(12):177-181. DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/18>
14. Галушка П. А., Кравченко Д. В. Особенности формирования микроклубней картофеля в зависимости от фотопериода и температурного режима. Картофелеводство: сб. научн. тр. Минск, 2018. С. 267-271.

References

1. Terent'eva E. V., Tkachenko O. V. *Poluchenie mini-klubney kartofelya aeroponnym sposobom*. [Aeroponic production of potato mini-tubers]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2018;(4):61-72. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2018-4-61-72>
2. Koksharova M. K. *Mikroklubni kak posadochnyy material*. [Microtubers as a seed material]. *Kartofel' i ovoshchi* = *Potato and Vegetables*. 2016;(3):31-32. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25691978>
3. Oves E. V., Gaitova N. A., Shishkina O. A. In vitro tuberization in potato varieties of different ripe time. *Research on crops*. 2021;22(S):22-25. DOI: <https://doi.org/10.31830/2348-7542.2021.006>
4. Koksharova M. K., Lepp F. R., Kelik L. A. *Vliyanie prodolzhitel'nosti svetovogo perioda na obrazovanie mikroklubney in vitro*. [Effect of lighting period on the formation of microtubers *in vitro*]. *APK Rossii* = *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2017;24(3):596-599. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30777438>
5. Chen L., Xue X., Yang Ya., Chen F., Zhao J., Wang X., Khan A. T., Hu Yu. Effects of red and blue LEDs on in vitro growth and microtuberization of potato single-node cuttings *Front. Agr. Sci. Eng.* 2018;(5(2)):197-205. DOI: <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2018224>
6. Oves E. V., Gaitova N. A., Shishkina O. A. *Indutsirovanie mikroklubneobrazovaniya novykh perspektivnykh sortov kartofelya v asepticheckoy kul'ture*. [Induction of microtubing of new promising potato varieties in aseptic culture]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2020;15(4(60)):48-54. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-48-54>
7. Oves E. V., Zhevora S. V., Gaitova N. A., Boyko Y. P., Fenina N. A., Shishkina O. A. Assessment of potato in vitro morphogenesis. *Iop conference series: earth and environmental science International Conference on Engi-*

neering Studies and Cooperation in Global Agricultural Production. Bristol, 2021;659(1): 012093. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/659/1/012093>

8. Bondarev N. I., Kozlova N. Yu., Bondareva T. A., Ul'yanova A. A., Mel'nikova A. A. *Regulyatsiya klubneobrazovaniya u kartofelya (Solanum tuberosum L.) v usloviyakh in vitro*. [Regulation of tuberization in potatoes (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro*]. *Tekhnologiya i tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov*. 2020;(4 (63)):3-7. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43363334>

9. Etdzaeva K. T., Oves E. V., Marzoev Z. A., Kardanova I. S. *Vliyanie razlichnykh tekhnologiy na protsess obrazovaniya in vitro mikroklubney kartofelya*. [Ehe impact of different technologies on the process of *in vitro* formation of potato microtubers]. *Vestnik APK Stavropol'ya = Agricultural Bulletin of Stavropol Region*. 2018;(2 (30)):138-142. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31279/2222-9345-2018-7-30-138-142>

10. Tustubaeva Sh. T., Kuzmina G. N., Akzambek A. M. *Primenenie tekhnologii polucheniya mikroklubney kartofelya in vitro dlya original'nogo semenovodstva*. [Production technology of potato microtubules *in vitro* for the original seed]. *Aktual'nye nauchnye issledovaniya v sovremennom mire*. 2018;(1-8 (33)):33-39. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32366649>

11. Buldakov S. A., Plekhanova L. P. *Vliyanie indolilmaslyanoy kisloty na rost rasteniy i obrazovanie mikroklubney v kul'ture kartofelya in vitro*. [Influence of indole butiric acid on plant growth and formation of microtubers in potato culture *in vitro*]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Research Journal*. 2019;(8-1 (86)):89-92. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.86.8.015>

12. Oves E. V., Kolesova O. S., Zhevora S. V. *Innovatsionnyy sposob vyrashchivaniya mikroklubney kartofelya in vitro*. [Innovative method of microtubers growing of potatoes *in vitro*]. *Kartofelevodstvo: sb. nauchn. tr.* [Potato growing: a collection of scientific papers]. Minsk, 2016. pp. 353-361. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37205196>

13. Vlasevskaya E. A., Mukhametshin I. G. *Vliyanie pitatel'noy sredy i fotoperioda na klubneobrazovanie mikrorasteniy kartofelya v kul'ture in vitro*. [Influence of the nutrient medium and photoperiod on tuberization of potato micro-plants of promising potato varieties *in vitro* culture]. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*. 2019;(12):177-181. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33619/2414-2948/49/18>

14. Galushka P. A., Kravchenko D. V. *Osobennosti formirovaniya mikroklubney kartofelya v zavisimosti ot fotoperioda i temperaturnogo rezhima*. [Formation of potatoes microtubers depending on the photoperiod and temperature]. *Kartofelevodstvo: sb. nauchn. tr.* [Potato growing: a collection of scientific papers]. Minsk, 2018. pp. 267-271.

Сведения об авторах

Сомова Елена Николаевна, старший научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7917-8738>

✉ **Маркова Марина Геннадьевна**, научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9427-6766>, e-mail: markovamg@udman.ru

Власевская Елена Александровна, научный сотрудник, Удмуртский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – структурное подразделение ФГБУН «Удмуртский Федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Ленина 1, с. Первомайский, Завьяловского района, Российская Федерация, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8037-0199>

Information about the authors

Elena N. Somova, senior researcher, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Lenin st., 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7917-8738>

✉ **Marina G. Markova**, researcher, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Lenin st., 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9427-6766>, e-mail: markovamg@udman.ru

Elena A. Vlasevskaya, researcher, Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – structural subdivision of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences», Lenin st., 1, v. Pervomaisky, Zaviyalovsky district, Russian Federation, 427007, e-mail: ugniish@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8037-0199>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Формирование урожая и качество зеленой массы кукурузы в условиях центрального агроклиматического района Республики Коми

© 2021. Г. Н. Табаленкова, Е. В. Силина, О. В. Дымова[✉], И. В. Далькэ, Т. К. Головки

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Российская Федерация

В полевом опыте на площади 100 м² исследовали влияние погодных условий на формирование и химический состав зеленой массы раннеспелого трёхлинейного гибрида кукурузы Дорка МГТ при выращивании в центральном агроклиматическом районе Республики Коми. Результаты трех сезонов вегетации (2018-2020 гг.) показали, что в условиях северного Нечерноземья при сумме активных температур свыше 10 °С (САТ₁₀) около 1500 °С и величине гидротермического коэффициента (ГТК) около 2 растения кукурузы способны формировать до 56,5 т/га зеленой массы. Снижение САТ₁₀ на 30 % и умеренное выпадение осадков (ГТК = 2,3) приводило к пропорциональному уменьшению урожайности зеленой массы. В сезон вегетации с обильным выпадением осадков (ГТК = 4) эффективность реализации продукционного потенциала растений кукурузы значительно падала, о чем свидетельствует снижение урожайности более чем в 4 раза. Средняя за 3 года урожайность зеленой массы составила 35,5 т/га. Не выявили существенного влияния условий вегетации на содержание в биомассе растений основных химических элементов и питательных веществ (сахаров, протеина). Скорость видимого фотосинтеза листьев растений достигала 13-14 мкмоль СО₂/(м²с) в период интенсивного вегетативного роста (фаза пяти листьев) и снижалась при переходе к генеративному развитию (фаза вымётывания метелки). В целом полученные данные свидетельствуют о возможности выращивания в условиях центрального агроклиматического района Республики Коми раннеспелого гибрида кукурузы Дорка МГТ для получения качественного зеленого корма и силосования.

Ключевые слова: Zea mays L., рост, биомасса, урожайность, минеральный состав, аминокислоты, холодный климат

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (тема №ГР АААА-А17-1170330110038-7) и проекта Комплексной программы УрО РАН (тема №18-4-4-20). Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Табаленкова Г. Н., Силина Е. В., Дымова О. В., Далькэ И. В., Головки Т. К. Формирование урожая и качество зеленой массы кукурузы в условиях центрального агроклиматического района Республики Коми. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2021;22(5):689-697. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.689-697>

Поступила: 28.06.2021 Принята к публикации: 14.09.2021 Опубликована онлайн: 27.10.2021

Crop formation and green mass quality of maize under the conditions of central agroclimatic region of Komi Republic

© 2021. Galina N. Tabalenkova, Ekaterina V. Silina, Olga V. Dymova[✉], Igor V. Dalke, Tamara K. Golovko

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation

In the field experiment on the area of 100 m² the impact of weather conditions on green mass formation and chemical composition of early ripe three-line maize hybrid DorkaMGT grown in the central agroclimatic region of the Komi Republic was studied. According to the data of three vegetation seasons (2018-2020), the maize plants can form up to 56.5 t/ha green mass in the northern non-black earth region with the sum of average daily active temperatures over 10 °C (GDD₁₀) of about 1500 °C and a hydrothermal coefficient (HTC) of about 2. The decrease in GDD₁₀ of 30 % and moderate precipitation (HTC = 2.3) resulted in a proportional decrease in green mass yield. During the growing season with abundant precipitation (HTC = 4), the production potential efficiency of maize plants fell significantly as evidenced by a decrease in yield by more than 4 times. The average yield of green mass over 3 years was 35.5 t/ha. No significant effects of vegetation conditions on the content of basic chemical elements and nutrients (sugars, protein) in plant biomass have been revealed. The rate of visible photosynthesis of maize leaves reached 13-14 μmol CO₂/(m²s) during the period of intensive vegetative growth (phase of five leaves) and decreased during the transition to generative development ("heading of panicle" phase). In general, the data obtained indicate the possibility of growing early ripe maize hybrid Dorka MGT in the central agroclimatic region of the Komi Republic to obtain high-quality green feed and silage.

Keywords: Zea mays L., growth, biomass, yield, mineral composition, amino acids, cold climate

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 IB FRC Komi SCUBRAS (themeNo. AAAA-A17-117033010038-7) and the Project of the Integrated Program of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (theme No. 18-4-4-20).

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

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Tabalenkova G. N., Silina E. V., Dymova O. V., Dalke I. V., Golovko T. K. Crop formation and green mass quality of maize under conditions of central agroclimatic region of Komi Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka*=Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):689-697. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.689-697>

Received: 28.06.2021

Accepted for publication: 14.09.2021

Published online: 27.10.2021

Специализация сельскохозяйственного производства на Севере и спектр возделываемых культур ограничиваются низкой теплообеспеченностью и коротким вегетационным периодом, бедностью и повышенной кислотностью почв. Наблюдаемое в последние два десятилетия в центральных и южных районах Республики Коми потепление климата привело к увеличению суммы активных температур выше 10 °С (САТ₁₀) с 1400 до 1560 °С, а продолжительность вегетационного периода со среднесуточными температурами выше 10 °С увеличилась с 88 до 95 дней [1]. Это создает условия для расширения ассортимента культивируемых растений, повышения продуктивности и эффективности растениеводства.

Кукуруза (*Zeamays* L.) – растение с С4 типом фотосинтеза, который эффективен в условиях теплого климата. Для роста и развития растений кукурузы требуется определенное количество тепла, которое может быть выражено в виде суммы активных температур – САТ₁₀ [2, 3]. Прорастание семян кукурузы возможно при минимальной температуре 8-10 °С [4], всходы в фазе «два листа» выдерживают кратковременные заморозки до -2 °С. Прирост вегетативной массы кукурузы начинается при температурах выше +10 °С, но наиболее благоприятны для роста и развития растений в период «всходы-выбрасывание метелок» среднесуточные температуры 20...23 °С. Для успешного культивирования скороспелых сортов необходимо, чтобы САТ₁₀ составляла 1800-2000 °С.

Кукурузу выращивают не только на зерно, но и для получения зеленой массы. По данным FAOSTAT¹, мировое производство зеленой массы кукурузы в 2019 г. составило 8,3 млн т, а посевы занимали более 1 млн га. Кукурузный силос ценится из-за высокого содержания полезных веществ, сахаров, белка, каротина, витаминов, минеральных элементов.

Попытки выращивания кукурузы в Республике Коми были предприняты в середине прошлого века [5]. Однако культура не получила распространения из-за риска потери урожая в годы с холодным летом. В настоящее время появление новых раннеспелых гибридов и более холодоустойчивых сортов способствовало продвижению кукурузы в районы Сибири и Нечерноземья, где ее выращивают для получения сочных кормов [6, 7, 8]. Около десятка сортов и гибридов кукурузы недавно было испытано в Институте агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УРО РАН. Опыты показали, что продуктивность зеленой массы исследованных сортообразцов составляла в среднем 300 ц/га, а у некоторых достигала 400 ц/га [1].

Актуальность исследований продукционного процесса кукурузы в условиях средне-таежной зоны обусловлена необходимостью выявления наиболее общих физиологических взаимосвязей между параметрами фотосинтетического аппарата, метаболизмом и накоплением биомассы растений. Это позволит объяснить многие закономерности функционирования растительного организма и формирования продуктивности в условиях северного Нечерноземья для получения урожая зеленой массы.

Цель исследований – изучить влияние теплообеспеченности вегетационного периода на формирование и качество зеленой массы раннеспелого трёхлинейного гибрида кукурузы Дорка МГТ при выращивании в центральном агроклиматическом районе Республики Коми.

Материал и методы. Опыты проводили в 2018-2020 гг. на базе Института биологии ФИЦ Коми НЦ УРО РАН. В качестве объекта использовали раннеспелый трёхлинейный гибрид Дорка МГТ, характеризующийся на начальных этапах быстрым ростом, холодо- и засухоустойчивостью и включенный в Госреестр по Восточно-Сибирскому региону для выращивания на силос².

¹Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org> (дата обращения: 20.04.2021).

²Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 516 с.

Площадь опытного участка (опытная и учетная) составляла 100 м². По данным агрохимического анализа, почва участка типичная среднеокультуренная с низким естественным плодородием. Содержание гумуса – 4,5 %, P₂O₅ – 320 мг/кг, K₂O – 209 мг/кг, Ca_{обм.} – 115 ммоль/кг, Mg_{обм.} – 28 ммоль/кг, Na_{обм.} – 0,46 ммоль/кг, рН_{водн.} – 6,8.

Семена кукурузы высевали вручную в гряды на глубину 6 см с шагом 0,15 м; расстояние между рядами – 0,7 м, норма высева – 6 штук семян на 1 м². Перед севом вносили минеральные удобрения в дозе N₆₀P₆₀K₆₀ д. в./га. Посев семян проводили с учетом погодных условий весеннего периода: в 2018 г. – 20 июня, 2019 г. – 31 мая, 2020 г. – 15 июня. Всходы появлялись спустя 18-20 дней, цветение метелок отмечали через 45-50 дней после полных всходов. Для характеристики накопления биомассы отбирали рандомизированно по 10-15 типичных растений, разделяли на органы, образцы взвешивали и высушивали при 105 °С. Уборку проводили через 84, 67 и 70 суток после посева в 2018, 2019 и 2020 гг. соответственно. Урожайность зелёной массы кукурузы (т/га) была рассчитана на основании данных по накоплению сырой надземной биомассы (г/на растение).

Содержание общего азота и углерода определяли с помощью элементного CHNS-O анализатора «EA-1110» (Чехия) в лиофильно высушенном материале. Для определения в растительных пробах содержания калия, кальция, фосфора и магния использовали метод оптической эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе «SPECTRO CIROS-CCD» (Германия). Пробы предварительно минерализовали 65%-ой HNO₃ в присутствии H₂O₂. Аминокислотный состав сухой биомассы определяли на аминокислотном анализаторе «AAA T-339» (Чехия) после гидролиза навески в 6н HCl при 105 °С в течение 24 ч.

Интенсивность CO₂-газообмена и транспирации в средней части отделенного листа определяли с помощью ИК-газоанализатора LI-7000 («LI-COR», США) при температуре 20 °С и плотности светового потока от 0 до 1600 мкмоль квантов/(м²с). В качестве источника света использовали матрицу на основе

красных (максимум при 634 нм) и синих (максимум при 447 нм) светоизлучающих диодов в соотношении 1:11. Зависимость скорости нетто-фотосинтеза (Фв) от интенсивности света анализировали, как описано в работах [9, 10].

Оценку метеорологических условий вегетационного сезона проводили на основе показателей суммы среднесуточных температур воздуха выше +10 °С (САТ₁₀) и гидротермического коэффициента увлажнения Г. Т. Селянинова (ГТК)³, характеризующего отношение суммы осадков в мм за период с температурами выше +10 °С к сумме температур за то же время. Для расчета САТ₁₀ и ГТК использовали данные гидрометеорологической станции г. Сыктывкар⁴ (индекс ВМО 23804).

Результаты обрабатывали статистически в программе Statistica 10 (StatSoft Inc., США). Все расчеты проводили при заданном уровне значимости $P \leq 0.05$. В таблицах и на рисунках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки.

Результаты и их обсуждение. Годы проведения исследований отличались по температурному режиму и количеству осадков. Наиболее прохладным и влажным был вегетационный период 2019 г., сравнительно теплыми и сухими выдались 2018 и 2020 гг. (табл. 1). Для сезона 2018 г. характерны наиболее высокие значения САТ₁₀ и низкие ГТК. В 2020 г. количество дней со среднесуточной температурой воздуха более 10 °С было на 10 % больше, чем в среднем за базовый период, в 2019 г. таких дней было на 5 % меньше. Сезон 2019 г. отличался высоким значением ГТК, что было больше связано с количеством осадков, чем с температурой. При близких значениях САТ₁₀ величина ГТК в 2019 г. была в 2 раза больше, чем в 2020 г.

Скорость линейного роста растений кукурузы зависела от погодных условий сезона вегетации. В теплом и умеренно сухом 2020 г. высота растений была в 2 раза больше, чем в более прохладном и влажном 2019 г. (рис.). При этом темпы прироста растений в течение первых недель после всходов были низкими в оба года, что вероятно обусловлено ограниченным поступлением тепла в июне. Среднесуточная температура воздуха в этот

³Селянинов Г. Т. Мировой агроклиматический справочник. Л.: Гидрометеиздат, 1937. 420 с.

⁴«Расписание Погоды». [Электронный ресурс]. URL: <https://rp5.ru> (дата обращения 26.04.2021).

период была немного выше +13 °С. Фаза 2-3 листьев считается критической для формирования урожая зеленой массы, так как на данном этапе происходит дифференциация

зачаточного стебля. Интенсивный рост растений в высоту у кукурузы наблюдался с фазы 9-11 листьев и достигал максимума в период выметывания метелок.

Таблица 1 – Погодные условия вегетационных сезонов 2018-2020 гг. в сравнении со средними многолетними показателями за период 1990-2020 гг. (ГМС Сыктывкар, индекс ВМО 23804) /

Table 1 – Weather conditions of the growing seasons 2018-2020 in comparison with the average long-term indicators for the period of 1990-2020 (GMS Syktvykar, WMO index 23804)

Месяц / Month	Средние многолетние значения (1990-2020 гг.) / Long-term average values (1990-2020)		2018 г.		2019 г.		2020 г.	
	T, °C	осадки, мм / precipitation, mm	T, °C	осадки, мм / precipitation, mm	T, °C	осадки, мм / precipitation, mm	T, °C	осадки, мм / precipitation, mm
Май / May	9,0	53	8,1	80	10,9	84	10,2	66
Июнь / June	14,2	72	13,5	75	13,6	94	13,8	41
Июль / July	17,5	70	19,4	91	15,4	134	20,0	58
Август / August	14,0	80	14,5	51	11,4	111	13,7	71
CAT ₁₀ май-август / GDD ₁₀ may-august	-		1483		1024		1037	
Количество осадков, мм / Precipitation, mm	275		297		423		236	
Количество дней с T _{ср} > 10 °C / Number of days T > 10 °C	107		104		101		118	
ГТК за вегетацию / HTC for the growing season	-		2,0		4,1		2,3	

Примечание: CAT₁₀ – сумма активных температур, T – среднесуточная температура воздуха, ГТК – гидротермический коэффициент / Notes: GDD₁₀ – Growing degree-day, T – the average daily air temperature, HTC – hydrothermal coefficient.

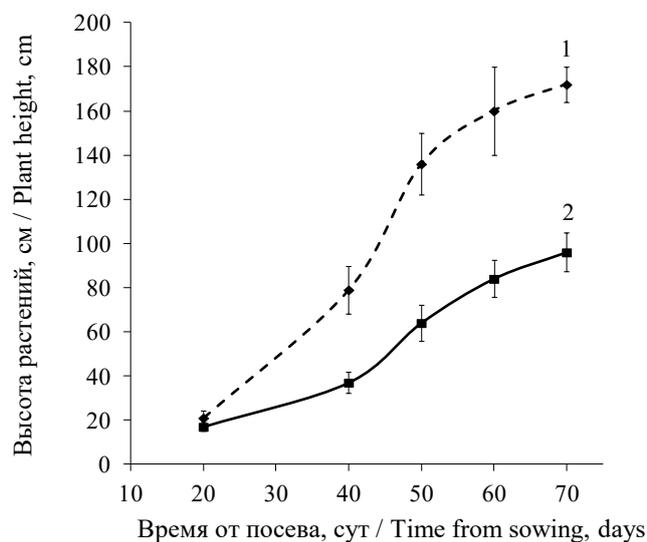


Рис. Динамика линейного роста растений кукурузы (гибрид Дорка МГТ): 1 – 2019 г., 2 – 2020 г. /

Fig. Dynamics of linear growth of maize plants (hybrid Dorka MGT): 1 – 2019, 2 – 2020

Кукуруза – светолюбивое растение короткого дня. Быстрее всего зацветает при продолжительности дня 8-9 ч. При фотопериоде более 12-14 ч фаза вегетативного роста удлиняется. В районе исследований, где продолжительность светлой части суток в июне-

июле свыше 18 ч, цветение метелок отмечали через 45-50 дней после полных всходов.

Погодные условия вегетации оказали существенное влияние на накопление биомассы растений. Как видно из данных таблицы 2, в период уборки сырая биомасса растений

различалась в разы: в 2018 г. превышала 1000 г, в 2019 г. была в 7 раз меньше. Основная часть биомассы (53-68 %) приходилась на стебли (с влагалищами листьев). Доля корней в общей биомассе растения варьировала от 10 (в 2019 г. и 2020 г.) до 18 % (в 2018 г.). Листья составляли

от 15 % (в 2018 г. и 2020 г.) до 34 % (2019 г.). Независимо от года проведения опытов и срока уборки зеленой массы количество листьев было равно $10 \pm 0,2$ шт/растение. Початки образовались только в 2018 г., их вклад в общую биомассу составил 13 %.

Таблица 2 – Накопление сырой и сухой биомассы растениями кукурузы (гибрид Дорка МГТ), г/растение /

Table 2 – Accumulation of fresh and dry biomass by maize plants (hybrid Dorka MGT), g/plant

Год / Year	Листья / Leaves	Стебли с влагалищами листьев/ Stems with leaf sheaths	Корни / Roots	Метелка / Panicle of maize	Початок / Ear of corn	Целое растение / Whole plant
Сырая масса / Raw weight						
2018	173,1 \pm 25,4	608,2 \pm 88,6	202,3 \pm 30,3	11,2 \pm 4,4	148,8 \pm 88,6	1143 \pm 161,9
2019	55,6 \pm 1,2	89,5 \pm 4,1	16,3 \pm 1,2	-	-	161,4 \pm 14,2
2020	128,7 \pm 7,5	547,2 \pm 67,8	104,8 \pm 11,0	15,6 \pm 2,2	-	796,3 \pm 82,8
Сухая масса / Dry weight						
2018	45,0 \pm 6,6	109,5 \pm 15,9	52,2 \pm 7,8	5,6 \pm 2,2	16,7 \pm 9,9	229,0 \pm 32,1
2019	8,6 \pm 0,2	6,6 \pm 0,3	1,2 \pm 0,1	-	-	16,4 \pm 1,4
2020	24,3 \pm 1,4	62,0 \pm 8,6	18,8 \pm 1,9	3,2 \pm 0,4	-	108,3 \pm 10,5

Урожайность надземной зеленой массы в 2018, 2019 и 2020 гг. составила 56,5, 8,7 и 41,5 т/га соответственно. Средняя на три года урожайность составляла 35,5 т/га. При этом количество биомассы пожнивных остатков в почве (корни) равнялось 6,4 т/га и сильно варьировало в зависимости от года (от 0,9 до 12,0 т/га). Урожай зеленой массы кукурузы, полученные в центральном агроклиматическом районе Республики Коми, сопоставимы со средними урожаями по РФ⁵.

Погодные условия оказали существенное влияние на накопление сухого вещества в растениях. Оводненность органов растений возрастала с увеличением ГТК. При уборке растений в более дождливом 2019 г. листья и стебли содержали в 1,5-2,5 раза меньше сухого вещества, чем в 2018 и 2020 гг. В опытах, проведенных в условиях Тюменской обл., между суммой атмосферных осадков и урожайностью зеленой массы кукурузы показана положительная корреляционная связь средней степени ($r = 0,43-0,48$) [11].

Качество хозяйственно полезной части биомассы зависит от содержания в ней питательных веществ и биологически ценных

соединений. Основную массу сухого вещества растений образует органическое вещество, состоящее из органогенных элементов: углерода, водорода, кислорода и азота. Мы не выявили существенного эффекта погодных условий на концентрацию основных элементов в надземной массе кукурузы, в таблице 3 приведены усредненные данные за все годы исследований. Содержание азота в листьях было вдвое выше, чем в стеблях, следовательно, они накапливали больше протеина. Содержание протеина в расчете на надземную массу целого растения варьировало от 2,5 % (в 2019 г.) до 15,6 % (в 2018 г.), что обусловлено в основном различиями в продуктивности. В среднем за 3 года выход протеина с урожаем зеленой массы составил 525 кг/га. Листья сильнее обогащены кальцием и магнием, но мало отличаются от стеблей по содержанию калия и фосфора. Содержание углерода в листьях и стеблях составляло в среднем 43 %. Генеративные органы (метелка) содержали примерно столько же азота, магния и фосфора, что и листья. Однако с учетом их вклада в биомассу не играли существенной роли в качестве источника полезных веществ.

⁵ Урожайность кукурузы на корм – всего (вес зеленой массы в 2016 году, ц/га). Росстат. [Электронный ресурс]. URL: <https://agrovesti.net/lib/industries/forage/urozhajnost-kukuruzy-na-korm-vsego-ves-zelenoj-massy-v-2016-godu-ts-ga.html> (дата обращения: 20.04.2021).

Таблица 3 – Содержание элементов минерального питания и аминокислот в надземной массе кукурузы (гибрид Дорка МГТ)/
Table 3 – The content of mineral nutrition elements and amino acids in the above-groundmass of maize plants (hybrid Dorka MGT)

Показатель / Indicator	Листья / Leaves	Стебли с влагалищами листьев / Stems with leaf sheaths	Метелка / Panicle of maize
<i>Элементы минерального питания, мг/г сухой массы*/ Mineral nutrition elements, mg/g of dry mass</i>			
N	28,1±5,4	14,1±5,4	23,5±4,5
Ca	6,1±1,9	4,0±0,1	3,4±0,1
Mg	2,0±0,2	1,1±0,1	2,1±0,1
K	22,3±10	24,0±8,0	17±1,4
P	4,4±1,6	3,1±0,7	4,5±0,1
<i>Аминокислоты, % от суммы аминокислот**/ Amino acids, % from the sum of amino acids</i>			
Дикарбоновые / Dicarbon	24,5±2,6	29,7±2,8	23,4±2,4
Моноаминомонокарбоновые / Моноaminopocarbon	35,1±3,7	35,7±3,6	31,3±3,2
Оксиаминокислоты / Оxy-amino acids	10,0±1,2	8,0±0,8	10,2±0,9
Основные / Basic amino acids	12,7±1,1	9,1±1,1	12,7±1,3
Ароматические / Aromatic	10,7±1,4	12,1±1,3	9,2±1,0
Серосодержащие / Serus-containing	1,5±1,3	1,3±0,9	1,1±0,2
Иминокислота / Iminoic acid	5,5±4,9	4,1±4,3	12,1±1,0

*Средние данные за 2018-2020 гг.; ** средние данные за 2018-2019 гг. /

*Average data for 2018-2020; **Average data for 2018-2019

Биомасса кукурузы хорошо сбалансирована по аминокислотному составу. По данным, полученным нами в 2018 г. и 2019 г., в надземной массе было обнаружено 17 аминокислот, среди них преобладающими были моноаминодикарбоновые (аспарагиновая и глютаминовая) и моноаминомонокарбоновые кислоты (глицин, аланин, валин, изолейцин, лейцин) (табл. 3). Сумма аминокислот в сухой надземной массе колебалась в пределах 9-10 г/растение, около 40 % из них составляли незаменимые аминокислоты, что сопоставимо с произрастающими в регионе кормовыми злаками [12]. При использовании биомассы на силос большое значение имеет содержание в ней углеводов. По нашим данным, к уборке урожая в зеленой массе кукурузы содержалось до 36 г растворимых сахаров, из которых более 50 % составляют моносахара [13]. Выход углеводов с урожаем определялся количеством сформировавшейся надземной массы.

Как уже отмечалось, кукуруза относится к видам с С4 типом фотосинтеза. Такие растения хорошо приспособлены к теплоте, засуш-

ливому климату и отличаются от С3-видов умеренного климата высокой фотосинтетической продуктивностью. Наши данные показали, что в условиях Севера максимальные значения скорости видимого фотосинтеза (Фв) листьев растений в период интенсивного вегетативного роста (фаза пяти листьев) составляли около 13 мкмоль СО₂/(м²с) (табл. 4). При переходе к генеративному развитию (фаза выметывания метелок) фотосинтетическая активность была ниже на 23 %, несмотря на значительное увеличение удельной поверхностной плотности листьев (УППЛ). В пересчете на единицу сухой массы скорость Фв листьев в фазу вегетативного роста составляла более 60 мг СО₂/(г ч), а в фазу появления метелки – около 25 мг СО₂/(г ч). Такие величины Фв ранее были отмечены нами для листьев картофеля – типичного С3-растения, культивируемого на Севере [13]. Сравнительно низкая фотосинтетическая активность листьев кукурузы при культивировании на Севере обусловлена недостатком тепла для эффективного функционирования фермента фосфоенолпируваткарбоксилазы

(ФЕП-карбоксилазы) в клетках мезофилла. Как известно, температурный оптимум ФЕП-карбоксилазы на 10-15 °С выше, чем температурный оптимум основного фотосинтетического фермента рибулезобифосфаткарбоксилазы. Следует отметить также, что низкой фотосин-

тетической активности листьев соответствовало сравнительно небольшое накопление фотосинтетических пигментов. По полученным нами данным [13], содержание хлорофиллов составляло в среднем 2,9 мг/г, каротиноидов – не превышало 0,7 мг/г сухой биомассы.

Таблица 4 – Показатели фотосинтетической активности листьев кукурузы гибрида Дорка МГТ в разные фазы развития растений (2020 г.) / Table 4 – Indicators of photosynthetic activity of maize leaves of hybrid Dorka MGT at different stages of plant development (2020)

Фаза развития / Development phase	Фв макс. / Pn max	ДТ / Rd	СКП / LCP	КВ / QE	УППЛ, г/дм ² / LSM, g/m ²
	мкмоль CO ₂ /(м ² с) / μmol CO ₂ /(m ² s)		мкмоль квантов/(м ² с) / μmol quanta/(m ² s)		
5 листьев / 5 leaves	13,5±0,3 ^a	1,6±0,0 ^a	53±3 ^a	0,030±0,002 ^a	0,26±0,01 ^a
Выметывание метелки / Heading of panicles	10,0±0,3 ^b	1,1±0,1 ^b	40±3 ^b	0,029±0,003 ^a	0,61±0,02 ^b

Примечание: Фв макс. – максимальная скорость видимого фотосинтеза, ДТ – скорость темнового дыхания, СКП – световой компенсационный пункт, КВ – квантовый выход Фв, УППЛ – удельная поверхностная плотность листьев. Разными латинскими буквами (а, б) обозначены статистически значимые различия между однородными группами /

Note: Pn max – is the maximum rate of net photosynthesis, R_D – is the rate of dark respiration, LCP – is the light compensation point, QE – is the quantum yield of net photosynthesis, LSM – is the leaf specific mass. Different Latin letters (a, b) indicate statistically significant differences between groups.

Скорость темнового дыхания листьев составляла 11-12 % от видимого фотосинтеза. Переход от выделения к поглощению CO₂ наблюдался при плотности светового потока ФАР 40-50 мкмоль квантов/м²с (эквивалентно 10-12 Вт/м²). Квантовый выход Фв, характеризующий количество световой энергии, необходимой для ассимиляции 1 мкмоль CO₂, составил 0,03 мкмоль квантов. Скорость транспирации листьев не превышала 0,9 ммоль H₂O/м²с, а эффективность использования воды на фотосинтез снижалась в течение вегетации от 15 до 9 ммоль CO₂/моль H₂O.

Заклучение. На севере Нечерноземья в центральном агроклиматическом районе Республики Коми при САТ₁₀ около 1500 °С раннеспелый гибрид кукурузы Дорка МГТ формировал до 56,5 т/га зеленой массы, что сопоставимо (по данным Росстата за 2016 г.) с урожайностью в среднем по Российской Федерации. Снижение САТ₁₀ на 30 % при умеренном выпадении осадков приводило к пропорциональному уменьшению урожай-

ности зеленой массы. В сезон вегетации с обильным выпадением осадков и двукратным увеличением ГТК эффективность реализации продукционного потенциала кукурузы значительно падала, о чем свидетельствует снижение урожайности более чем в 4 раза. Средняя за три года (2018-2020 гг.) урожайность составляла 35,5 т/га. Не выявили существенного влияния условий вегетации на содержание в биомассе растений основных химических элементов и питательных веществ. Выход с 1 га протеина, сахаров, минеральных элементов коррелировал с урожайностью зеленой массы. В целом, по содержанию сухого вещества и составу биомассы гибрид кукурузы Дорка МГТ сравним с продуктивностью наиболее используемых в сельскохозяйственном производстве кормовых трав. Следовательно, в центральном агроклиматическом районе РК при САТ₁₀ ниже 1600 °С возможно выращивание кукурузы для получения качественного зеленого корма и силосования.

Список литературы

1. Головки Т. К., Далькэ И. В., Шморгунов Г. Т., Триандафилов А. Ф., Тулинов А. Г. Рост растений и продуктивность кукурузы в холодном климате. Российская сельскохозяйственная наука. 2019;(2):19-23. DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019219-23>
2. Ahmad L., Habib Kanth R., Parvaze S., Sheraz Mahdi S. Growing Degree Days to Forecast Crop Stages. Experimental Agrometeorology: A Practical Manual. Springer, Cham. 2017. P. 95-98. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5_14

3. Ерёмин Д. И., Дёмин Е. А. Агроэкологическое обоснование выращивания кукурузы на зерно в условиях лесостепной зоны Зауралья. Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. 2016;(1):6-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26124930>
4. Дёмин Е. А., Ерёмина Д. В. Влияние минеральных удобрений и сроков посева на урожайность зелёной массы кукурузы в лесостепной зоне Зауралья. Вестник КрасГАУ.2020;(10):27-33. DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-10-27-33>
5. Вавилов П. П., Болотова Е. С. Особенности роста и развития кукурузы. Труды Коми филиала АН СССР. 1967;(16):4-25.
6. Ильин В. С., Логинова А. М., Губин С. В., Гетц Г. В. Кукуруза в Сибири. Успехи селекции. АПК России. 2016;23 (3):664-668. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27192855>
7. Пестерева Е. С., Павлова С. А., Захарова Г. Е., Кузьмина А. В., Жиркова Н. Н. Урожайность и питательная ценность кукурузы и их смесей для заготовки сочных кормов в условиях центральной Якутии. Аграрная наука. 2018;(9):54-56. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35644085>
8. Аветисян А. Т., Данилов В. П., Мудрова В. Е. Продуктивность кукурузы и основные приемы ее возделывания в условиях лесостепи Красноярского края. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017;47 (6):57-65. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2017-6-8>
9. Кайбейнен Э. Л. Параметры световой кривой фотосинтеза у *Salix dasyclados* и их изменение в ходе вегетации. Физиология растений. 2009;56 (4): 490-499. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12449933>
10. Lobo F., de Barros M. P., Dalmagro H. J., Dalmolin A. C., Pereira W. E., de Souza E. C., Vourlitis G. L., Rodriguez Ortiz C. E. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel – a critical look at the models Photosynthetica. 2013;51(3):445-456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0045-y>
11. Лазарев А. П., Митриковский А. Я. Продуктивность зелёной массы кукурузы в зависимости от агроклиматических условий, основной обработки и предшественников. Современные проблемы науки и образования. 2014;(5):740. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567154>
12. Табаленкова Г. Н., Головки Т. К. Продукционный процесс культурных растений в условиях холодного климата. СПб.: Наука, 2010. 231 с.
13. Табаленкова Г. Н., Дымова О. В., Головки Т. К. Продуктивность и состав биомассы кукурузы в условиях центрального агроклиматического района Республики Коми. Аграрный вестник Урала. 2020;194(3):57-65. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-194-3-57-65>

References

1. Golovko T. K., Dalke I. V., Shmorgunov G. T., Triandafilov A. F., Tulinov A. G. *Rost rasteniy i produktivnost' kukuruzy v kholodnom klimate*. [Growth of plants and productivity of corn in cold climate]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2019;(2):19-23. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S2500-26272019219-23>
2. Ahmad L., Habib Kanth R., Parvaze S., Sheraz Mahdi S. Growing Degree Days to Forecast Crop Stages. *Experimental Agrometeorology: A Practical Manual*. Springer, Cham. 2017. P. 95-98. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-69185-5_14
3. Eremin D. I., Demin E. A. *Agroekologicheskoe obosnovanie vyrashchivaniya kukuruzy na zerno v usloviyakh lesostepnoy zony Zaural'ya*. [Agroecological substantiation of corn cultivation in the conditions of the Trans-Urals forest-steppe zone]. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya* = Bulletin of Northern Trans-Ural State Agricultural University. 2016;(1):6-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26124930>
4. Demin E. A., Eremina D. V. *Vliyanie mineral'nykh udobreniy i srokov poseva na urozhaynost' zelenoy massy kukuruzy v lesostepnoy zone Zaural'ya*. [The influence of mineral fertilizers and sowing terms on the yield of green mass of corn in the forest-steppe zone of the Trans-Urals]. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2020;(10):27-33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-10-27-33>
5. Vavilov P. P., Bolotova E. S. *Osobennosti rosta i razvitiya kukuruzy*. [Features of the growth and development of corn]. *Trudy Komi filiala AN SSSR*. 1967;(16):4-25. (In Russ.).
6. Il'in V. S., Loginova A. M., Gubin S. V., Getts G. V. *Kukuruza v Sibiri. Uspekhi seleksii*. [Maize in Siberia. The success of selection]. *APK Rossii* = Agro-Industrial Complex of Russia. 2016;23 (3):664-668. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27192855>
7. Pestereva E. S., Pavlova S. A., Zakharova G. E., Kuzmina A. V., Zhirkova N. N. *Urozhaynost' i pitatel'naya tsennost' kukuruzy i ikh smesey dlya zagotovki sochnykh kormov v usloviyakh tsentral'noy Yakutii*. [The yield and nutritive value of maize and their mixtures for harvesting succulent fodder in conditions of central Yakutia] *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2018;(9):54-56. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35644085>
8. Avetisyan A. T., Danilov V. P., Mudrova V. E. *Produktivnost' kukuruzy i osnovnye priemy ee vozdelvaniya v usloviyakh lesostepi Krasnoyarskogo kraya*. [Productivity of maize and basic cultivation techniques under conditions of the Krasnoyarsk forest steppe]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2017;47 (6):57-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2017-6-8>

9. Kaybeyaynen E. L. *Parametry svetovoy krivoy fotosinteza u Salix dasyclados i ikh izmenenie v khode vegetatsii*. [Parameters of the light curve of photosynthesis in *Salix dasyclados* and their changes during the growing season]. *Fiziologiya rasteniy*. 2009;56 (4): 490-499. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12449933>

10. Lobo F., de Barros M. P., Dalmagro H. J., Dalmolin A. C., Pereira W. E., de Souza E. C., Vourlitis G. L., Rodriguez Ortiz C. E. Fitting net photosynthetic light-response curves with Microsoft Excel – a critical look at the models *Photosynthetica*. 2013;51(3):445-456. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0045-y>

11. Lazarev A. P., Mitrikovskiy A. Ya. *Produktivnost' zelenoy massy kukuruzy v zavisimosti ot agroklimaticheskikh usloviy, osnovnoy obrabotki i predshestvennikov*. [Productivity green mass corn depending on agro-climatic conditions, basic processing and predecessors]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2014; (5):740. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22567154>

12. Tabalenkova G. N., Golovko T. K. *Produksionnyy protsess kul'turnykh rasteniy v usloviyakh kholodnogo klimata*. [The production process of cultivated plants in a cold climate]. Saint-Petersburg: *Nauka*, 2010. 231 p.

13. Tabalenkova G. N., Dymova O. V., Golovko T. K. *Produktivnost' i sostav biomassy kukuruzy v usloviyakh tsentral'nogo agroklimaticheskogo rayona Respubliki Komi*. [Productivity and composition of maize biomass in the central agroclimatic region of the Komi Republic]. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2020;194(3):57-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-194-3-57-65>

Сведения об авторах

Табаленкова Галина Николаевна, доктор биол. наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений, Институт биологии Коми научный центр УрО РАН, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1147-2746>

Силина Екатерина Валерьевна, старший лаборант-исследователь лаборатории экологической физиологии растений, Институт биологии Коми научный центр УрО РАН, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Коми Республика, Российская Федерация, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9632-3431>

✉ **Дымова Ольга Васильевна**, доктор биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений, Институт биологии Коми научный центр УрО РАН, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Коми Республика, Российская Федерация, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2008-6350>, e-mail: dymovao@ib.komisc.ru

Далькэ Игорь Владимирович, кандидат биол. наук, заведующий лаборатории экологической физиологии растений, Институт биологии Коми научный центр УрО РАН, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Коми Республика, Российская Федерация, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5711-9916>

Головко Тамара Константиновна, доктор биол. наук, профессор главный научный сотрудник лаборатории экологической физиологии растений, Институт биологии Коми научный центр УрО РАН, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7993-9541>

Information about the authors

Galina N. Tabalenkova, DSc in Biology, associate professor, leading researcher, the Laboratory of Ecological Physiology of Plants, Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the UB RAS, Kommunisticheskaya st., 28, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1147-2746>

Ekaterina V. Silina, senior research assistant, the Laboratory of Ecological Physiology of Plants, Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the UB RAS, Kommunisticheskaya st., 28, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9632-3431>

✉ **Olga V. Dymova**, DSc in Biology, leading researcher, the Laboratory of Ecological Physiology of Plants, Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the UB RAS, Kommunisticheskaya st., 28, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2008-6350>, e-mail: dymovao@ib.komisc.ru

Igor V. Dalke, PhD in Biology, head of the Laboratory of Ecological Physiology of Plants, Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the UB RAS, Kommunisticheskaya st., 28, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5711-9916>

Tamara K. Golovko, DSc in Biology, professor, chief researcher, the Laboratory of Ecological Physiology of Plants, Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the UB RAS, Kommunisticheskaya st. 28, Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation, 167982, e-mail: directorat@ib.komisc.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7993-9541>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.698-705>
УДК:633.791: 631.527



Создание нового сорта хмеля методом клонового отбора

© 2021. В. В. Леонтьева ✉

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

В статье изложены результаты селекционной работы за 2004-2020 гг. по созданию новых высокоурожайных сортов хмеля горько-ароматического типа с высоким содержанием альфа-кислот в условиях Чувашской Республики на серых лесных почвах. Работа проводилась индивидуальным клоновым отбором лучших растений хмеля из коллекционного питомника. Отобрано семь высокоурожайных селекционных номеров с высоким содержанием альфа-кислот. После прохождения всех стадий изучения в каждом из надлежащих питомников из семи номеров выделено два клона для создания новых сортов. Получены данные о параметрах исходного клонового селекционного материала в зависимости от погодных условий и возраста насаждений. Выделенные клоны (1-17 горько-ароматического типа и 6-26 горького типа) соответствуют заданным показателям: сбор сырого хмеля не менее 4,0 кг с куста, продолжительность вегетационного периода 100-120 дней, содержание альфа-кислот не менее 5,0 %. Документация по клону 1-17 направлена в Госсорткомиссию для регистрации нового сорта Салампи с урожайностью 30,0 ц/га (4,0 кг/куст) и содержанием альфа-кислот 9,3 %. Урожайность стандартного сорта Подвязный 26,4 ц/га (3,5 кг/куст), содержание альфа-кислот 8,8 %. Испытания клона 6-26 будут продолжены для получения полных и объективных данных.

Ключевые слова: сорт, клон, селекционный питомник, урожайность, продуктивность, содержание альфа-кислот

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого (тема № 0528-2019-0092).

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

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Леонтьева В. В. Создание нового сорта хмеля методом клонового отбора. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22 (5):698-705. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.698-705>

Поступила: 11.03.2021 Принята к публикации: 30.09.2021 Опубликована онлайн: 27.10.2021

Creating a new variety of hop by clone selection method

© 2021. Valentina V. Leontieva ✉

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

The article presents the results of breeding work for the creation of new high-yielding varieties of bitter-aromatic hops with a high content of alpha-acids carried out in 2004-2020 in the Chuvash Republic on gray forest soils. The work was done by individual clonal selection of the best hop plants from the collection nursery. Seven high-yielding breeding numbers with a high alpha-acid content were selected from the collection nursery. After passing through all the stages of study in each of the appropriate nurseries from seven numbers, two clones were selected to create new varieties. Data were obtained on the parameters of the initial clonal breeding material, depending on weather conditions and the age of plantings. The selected clones (1-17 bitter-aromatic type and 6-26 bitter type) correspond to the specified indicators: collection of raw hops is not less than 4.0 kg from a bush, the duration of the growing period is 100-120 days, the content of alpha acids is not less than 5.0 %. Documentation on clone 1-17 was sent to the State Variety Commission for registration of a new variety Salampi. The variety is characterized by stable performance and quality indicators. The productivity of the variety is 30.0 c/ha (4.0 kg/bush) with a content of alpha-acids of 9.3 %. The Podvyazny standard variety has 26.4 c/ha (3.5 kg/bush), the content of alpha-acids is 8.8 %. Testing of clone 6-26 will be continued to obtain complete and objective data.

Key words: variety, clone, breeding nursery, yield, productivity, alpha-acid content

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 Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0092).

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

Conflict of interest: the author declared no conflict of interest.

For citations: Leontieva V. V. Creating a new variety of hop by clone selection method. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):698-705. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.698-705>

Received: 11.03.2021 Accepted for publication: 30.09.2021 Published online: 27.10.2021

Хмель является ценной сельскохозяйственной культурой. Шишковое хмелевое сырьё используется во многих областях промышленного производства: пивоварение, пряно-вкусовая, рыбная, косметическая, медицинская, лакокрасочная и другие [1, 2]. До 80 % хмелевого сырья применяется в пивоваренной промышленности, поэтому основная масса сортов должна соответствовать требованиям пивоварения. Задача селекционеров – создать сорта, которые удовлетворят потребности пивоваров.

В селекционной работе с хмелем существует два основных метода. Первый фундаментальный метод – гибридизация, которая позволяет получить разнообразные формы хмеля с потенциальной возможностью создания в дальнейшем новых сортов, представляющих интерес для производства.

Второй метод – клоновый отбор, в результате которого создается сорт с закрепленными положительными качествами. Сорта, созданные клоновой селекцией, обладают большей консервативностью в сохранении сортовых признаков в течение их использования. В то время как гибридные сорта подвержены расщеплению во времени.

Наиболее важные признаки при селекции хмеля – длина вегетационного периода, урожайность, качество шишки (плотность, цвет, аромат), биохимический состав и соотношение компонентов в шишках хмеля, содержание горьких веществ, устойчивость к болезням и вредителям [3].

Впервые селекцией хмеля в бывшем СССР начали заниматься в 1924 году на Украине. В России работы по селекции проводились на базе селекционной станции Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева с 1926 по 1934 год. В 1937 году была создана Республиканская научно-исследовательская хмелеводческая станция в поселке Калистово Московской области, где была начата целенаправленная работа по селекции хмеля. Клоновая селекция начата в 1938 году. Селекция велась по схеме, утвержденной в 1948 году и имеющей актуальность, с небольшими изменениями, по сей день [4, 5, 6].

С 1980 года селекцией хмеля стали заниматься в Чувашской Республике на базе Всероссийского научно-исследовательского и проектно-технологического института хмелеводства (ВНИПТИХ). Селекционерами инсти-

тута создано 13 сортов, 9 из которых включены в Государственный реестр [7, 8, 9].

В настоящее время селекционная работа по хмелю ведется отделом хмелеводства на базе Чувашского НИИСХ [10, 11].

В России в основном возделываются ранние ароматические сорта хмеля. В хмелеводческих районах, в зависимости от климатических условий, а также в целях уменьшения напряженности при уборке урожая и проведения осенних работ, на хмельниках необходимо возделывать различные по срокам созревания сорта хмеля. Раннеспелые сорта характеризуются коротким периодом технической спелости и предназначены для ранней уборки. Поэтому актуально создание среднеранних (период вегетации 100-110 дней) и среднеспелых (110-120 дней) сортов горько-ароматического и горького типов с содержанием альфа-кислот в шишках не менее 5,0 %, сбором сырого хмеля с куста не менее 4,0 кг, сохраняющие свои технологические качества до окончания уборочных работ, устойчивых к основным болезням и вредителям хмеля, к вымоканию и вымерзанию [9, 12].

Цель исследований – выделить в питомнике конкурсного сортоиспытания хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) новые перспективные генетические источники горького и горько-ароматического типов для создания сорта со сбором сырого хмеля не менее 4,0 кг с куста, продолжительностью вегетационного периода 100-120 дней, содержанием альфа-кислот не менее 5,0 %.

Новизна исследований заключается в том, что в мировой и отечественной практике не имеется аналога выделения и закрепления в вегетативном потомстве ценных хозяйственных признаков из интродукционных популяций, характеризующихся высоким уровнем полиморфизма.

Материал и методы. Начальная интродукционная популяция хмеля была взята из коллекционного материала Чувашского НИИСХ. Коллекция института – это систематизированное и задокументированное собрание сортов, которые являются ценным материалом, сохраняемым в живом виде в естественных местах произрастания. Питомник оценки исходных растений был заложен в 2002 году по результатам изучения коллекционного питомника в 1985-2000 годах и состоит из 7 селекционных

номеров (всего 170 растений). В 2008-2009 годы от исходных растений отобраны клоны (всего 560 растений) и заложены питомники их испытания. В 2014 году осенью заложен питомник конкурсного сортоиспытания (480 клонов) для создания нового селекционного материала хмеля горького и ароматического типов. Стандартами в питомниках хмеля являются сорта, включенные в Госреестр: среднеспелый горько-ароматический сорт Подвязный (St_1) и раннеспелый высокоурожайный ароматический сорт Факир (St_2), лучший из последней серии выведенных сортов [13].

Исследования проводили, начиная с 2002 года, на хмелеплантациях Научно-исследовательского и проектно-технологического института хмелеводства (НИПТИХ), а с 2010 года по настоящее время – Чувашского НИИСХ. Учеты вели согласно принципам ведения клонового отбора, селекционные работы проводили методом индивидуального отбора. Перспективные исходные растения и полученные от них клоны размножали вегетативно стеблевыми черенками, заготовленными при весенней обрезке главных корневищ. Клоны изучали по основным хозяйственно ценным признакам, проводили оценку на отличимость, однородность и стабильность (ООС) сортовых признаков. Определяли устойчивость хмеля к основным болезням и вредителям. Вес сырых шишек с одного куста определяли в фазе технической спелости, содержание альфа-кислот в шишках кондуктометрическим методом¹. Растения хмеля на опытном участке выращивали с соблюдением всех элементов агротехники.

Отмечено, что погодные условия влияют на качественные и количественные характеристики хмеля. Так, сумма активных температур может быть такой же, как в хмелеводческих районах Германии, где вызревают позднеспелые сорта, но при низкой влагообеспеченности урожай хмеля и его качество будет на порядок хуже, чем в условиях умеренного климата. По своим характеристикам Цивильский район Чувашской Республики соответствует оптимальным климатическим требованиям растения хмеля [14].

Продолжительность вегетационного периода хмеля колеблется в среднем около 120 дней. Лучший температурный режим во время веге-

тации характеризуется среднесуточной температурой воздуха от 17,0 до 19,0 °С при сумме активных температур не ниже 2200 °С. Общая сумма осадков в течение года должна быть не ниже 450 мм, из них за вегетационный период – не менее 250-300 мм [15].

Результаты и их обсуждение. В ходе проведения индивидуального клонового отбора хмеля было выделено два клона (1-17 и 6-26), соответствующих планируемому показателю.

Условия перезимовки для хмеля в испытываемые годы складывались благоприятно. Различия наблюдались в вегетационные периоды роста и развития растений хмеля.

Погодные условия мая 2018 года были благоприятными для всходов растений хмеля. Вегетация хмеля началась во второй, третьей декадах мая и сопровождалась сухими холодными погодными условиями. Осадков в мае выпало 85 % от средней многолетней нормы. В целом за период активной вегетации растений (май-август) средняя температура воздуха составляла 18,7 °С, что на 5 °С выше средней многолетней (13,7 °С). Сумма выпавших осадков – 155,3 мм при средней многолетней 215,2 мм. Сумма активных температур была на уровне 2646 °С.

Оценка состояния испытываемых в 2018 году клонов показала, что растения развивались равномерно. Массовые всходы отмечены 18 мая. Верхушки растений достигли в I-II декадах июля. Цветение началось в конце июля-начале августа. Формирование шишек проходило со II декады августа по I декаду сентября. Эти фазы развития проходили в условиях недостатка влаги на фоне высокого температурного режима. Основная масса шишек формировалась в верхней и средней третях растения. В связи с установившейся жарой созревание шишек наступило на 4-5 дней раньше. Вегетационный период составил 105 дней (St_1 – 102 дня, St_2 – 99 дней). Особенностью выделенного клона 6-26 является наличие большого количества шишек на растении, но в условиях 2018 года некоторые из них из-за недостатка влаги не полностью сформировались (мягкие, рыхлые с растопыренными лепестками). Однако, несмотря на это и не совсем благоприятные погодные условия, сформировался достаточно высокий биологический урожай хмеля – до 40,6 ц/га (табл. 1)

¹Либакский Е. П. Хмелеводство. М.: Колос, 1984. С. 46-56.

Таблица 1 – Продуктивность выделенных клонов хмеля (2018-2020 гг.) /
Table 1 – Productivity of isolated hop clones (2018-2020)

Клон / Clone	2018 г.			2019 г.			2020 г.			Среднее / Average		
	сбор шишек с куста, кг / hop harvest per bush, kg	урожайность, ц/га / yield, c/ha	содержание α-кислот, % / α-acid content, %	сбор шишек с куста, кг / hop harvest per bush, kg	урожайность, ц/га / yield, c/ha	содержание α-кислот, % / α-acid content, %	сбор шишек с куста, кг / hop harvest per bush, kg	урожайность, ц/га / yield, c/ha	содержание α-кислот, % / α-acid content, %	сбор шишек с куста, кг / hop harvest per bush, kg	урожайность, ц/га / yield, c/ha	содержание α-кислот, % / α-acid content, %
St1*	2,9	21,9	7,8	5,0	37,3	9,7	2,7	20,1	9,0	3,5	26,4	8,8
St2**	3,4	25,9	5,2	6,3	47,2	5,4	2,6	19,5	5,0	4,1	30,9	5,2
1-17	4,3	32,2	8,5	6,0	44,4	10,4	4,2	31,5	8,7	4,8	36,0	9,2
6-26	5,4	40,6	9,5	6,5	49,0	11,0	2,5	18,8	9,5	4,8	36,8	10,0
HCP05/ LSD05	0,3	19,4	0,6	1,1	8,7	1,5	0,5	10,5	0,8	0,6	12,9	0,9

* Горько-ароматический сорт-стандарт Подвязный / Bitter-aromatic standard variety Podvazny

** Ароматический сорт-стандарт Факир / aromatic standard variety Fakir

Основным показателем, характеризующим качество шишек хмеля, является содержание альфа-кислот. В жарких засушливых условиях 2018 года клоны хмеля 1-17 и 6-26 накопили высокое содержание альфа-кислот – 8,5 и 9,5 % соответственно, что существенно превысило сорта-стандарты. Но эти показатели для них не предел. В благоприятные годы содержание альфа-кислот может достигать 13,3 % (табл. 3). Выделенные номера отличались высокой урожайностью – более 30,0 ц/га.

Весна 2019 года выдалась ранней. К полевым работам приступили в середине второй декады апреля. Vegetация хмеля началась в первой декаде мая и сопровождалась сухими теплыми погодными условиями вплоть до установления дождливого периода с середины мая. Осадков в мае выпало 138,2 % от средней многолетней нормы. На протяжении всего вегетационного периода температурный режим был благоприятным для роста и развития растений хмеля, средняя температура воздуха составляла 17,9 °С (средняя многолетняя 13,7 °С). Сумма выпавших осадков (243,3 мм) была близка к средней многолетней (250,3 мм). Сумма активных температур – 2303 °С.

Сложившиеся климатические условия позволили испытываемым клонам максимально реализовать свой потенциал. Оценка состояния испытываемых в 2019 году клонов показала, что растения развивались равномерно. Массовые всходы отмечены 5-9 мая. Верхушки растения достигли в III декаде июня - I декаде июля. Цветение началось в конце июля-начале августа. Период цветения проходил своеобразно – заведенные с одного куста две поддержки созревали по-разному. Если хмель на одной поддержке еще цвел, то на второй уже сформировались полноценные шишки. Формирование шишек проходило в большом разбросе – с I декады августа (горько-ароматический клон 1-17) по I декаду сентября (горький клон 6-26). Цветение и формирование шишек проходили в период избыточного влагообеспечения, что способствовало формированию большого количества шишек хмеля и соответственно высоких урожаев. У клона 1-17 шишки крупные 4,0-4,5 см и очень крупные до 5,0 см. Основная масса шишек формировалась в верхней и средней трети растений. Благоприятные погодные условия способствовали формированию достаточно высокого биологического урожая хмеля – до 49,0 ц/га.

Качество шишек хмеля выделенных клонов 1-17 и 6-26 остается высоким – содержание альфа-кислот 10,4 и 11,0 % соответственно (существенное превышение St_2). Выделенные клоны отличались высокой урожайностью, однако значимое ее превышение (+11,7 ц/га) над St_1 отмечено только у клона 6-26. Вегетационный период клона 1-17 – 112, клона 6-26 – 125 дней. Вегетационный период St_1 – 110 дней, St_2 – 102 дня.

На протяжении всего вегетационного периода 2020 года температурный режим был ниже среднегодовалого показателя на 2,8 °C (13,7 °C против 16,5 °C), сумма выпавших осадков превысила многолетние показатели – 296,8 мм против 215,2 мм. Сложившиеся погодные условия были холодными и влажными. Сумма активных температур была на уровне 2230 °C.

Условия вегетационного периода, сложившиеся в 2020 году, не способствовали хорошему и равномерному развитию растений хмеля. Всходы были отмечены с первой по третью декады мая. В опытном питомнике хмеля оценка состояния растений проводилась в фазе технической спелости. Развитие растений проходило с опозданием на 7-10 дней. Многолетними наблюдениями отмечено, что достижение растениями хмеля верхней сетки шпалеры и образования «шапки», является одним из показателей хорошего урожая шишек. Этого не наблюдалось в отчетном году. Цветение проходило с опозданием на неделю с III декады июля по II декаду августа и совпало с засушливым периодом. Техническая спелость шишек наступила в I-II декадах сентября, продолжительность вегетационного периода составила: клон 1-17 – 112 дней, клон 6-26 – 125 дней, St_1 – 110 дней, St_2 – 102 дня.

Цветение и формирование шишек пришлось на период с недостаточным влагообеспечением, что не способствовало формированию большого количества шишек хмеля. В таких условиях изучаемые клоны не реализовали свой потенциал, основные хозяйственно ценные показатели были ниже по сравнению с предыдущими годами, особенно у клона 6-26 (табл. 1). Растения клона 6-26 выделяются обилием шишек на кусте, однако, несмотря на поздние сроки уборки, большинство шишек не успели полностью сформироваться. В результате получена более низкая биологическая урожайность шишек хмеля – на

уровне 18,8 ц/га, что не характерно для клона 6-26. Среднее содержание альфа-кислот в 2020 году у клона 6-26 составило 9,5 %, что существенно (на 4,5 %) превысило St_2 . По этому клону наблюдения будут продолжены для получения полных и объективных данных.

Качество шишек хмеля клона 1-17 в 2020 г. ниже многолетних данных. Содержание альфа-кислот составило 8,7 %, что в пределах ошибки опыта в сравнении со значениями стандарта 1, но существенно превышает стандарт 2. Выделенный клон отличается высокой урожайностью – более 30,0 ц/га. Урожайность клона 1-17 значимо превышает оба стандарта на 11,4-12,0 ц/га. При неблагоприятных условиях 2020 года клон 1-17 остался высокоурожайным со стабильным содержанием альфа-кислот в шишках. Клон 6-26 имел стабильно высокое значение альфа-кислот, но урожайность ниже потенциально заложенной, так как для формирования шишки требуется более продолжительный тёплый период.

По комплексу хозяйственно ценных признаков выделенный клон 1-17 соответствует запланированным показателям (продолжительность вегетационного периода 110-114 дней, сбор шишек с куста не менее 4 кг/куст, содержание альфа-кислот не менее 5 %) и отличается стабильностью этих показателей по годам. Отклонения наблюдались в проявлении количественных признаков (табл. 2).

Первый боковой побег закладывается низко, в пределах 0,50 м от земли. Высота закладки первой плодовой ветки у каждого сорта своя, у выделенных клонов высокая. Так, у клона 1-17, как и St_1 высота заложения первой плодовой ветки 0,45-0,90 м с небольшим количеством шишек (от 6 до 9 шт. на ветку), у 6-26 и St_2 первая плодовая ветка развивается высоко – 1,30 и 1,20 м соответственно с небольшим количеством шишек на один боковой побег (от 12 до 16 шт.).

Согласно данным таблицы 2, исследуемые клоны 1-17 и 6-26 показали большую длину боковых побегов во всех трёх ярусах в сравнении с контрольными растениями.

Общее количество шишек на них также во всех ярусах превышает контроль. Шишки клона 1-17, как и у стандартов, крупные, плотные, чешуйки закрытые. У клона 6-26 шишки меньших размеров, легкие, рыхловатые, чешуйки приоткрытые. Шишки всех изучаемых клонов имеют выраженный хмелевой аромат.

Таблица 2 – Морфологические признаки клонов хмеля (среднее за 2018-2020 гг.) / Table 2 – Morphological characteristics of hop clones (average for 2018-2020)

<i>Признак / Characteristic</i>	<i>Номер клона / Clone number</i>	<i>Среднее значение / Average value</i>
Первый плодовой побег: высота заложения, м / First fruit shoot: placement height, m	1-17	0,45
	6-26	1,30
	St ₁	0,90
	St ₂	1,20
Боковой побег из нижней трети растения / Lateral shoot from the lower third of the plant:		
длина, м / length, m	1-17	1,20
	6-26	1,10
	St ₁	0,96
	St ₂	0,70
общее число шишек, шт. / total number of cones, pcs.	1-17	90
	6-26	42
	St ₁	27
	St ₂	15
Боковой побег из средней трети растения / Lateral shoot from the middle third of the plant:		
длина, м / length, m	1-17	1,10
	6-26	1,29
	St ₁	0,57
	St ₂	0,88
общее число шишек, шт. / total number of cones, pcs.	1-17	178
	6-26	271
	St ₁	90
	St ₂	164
Боковой побег из верхней трети растения / Lateral shoot from the upper third of the plant:		
длина, м / length, m	1-17	1,14
	6-26	1,39
	St ₁	0,45
	St ₂	0,68
общее число шишек, шт. / total number of cones, pcs.	1-17	189
	6-26	637
	St ₁	106
	St ₂	149
Шишка: размер, длина×ширина, см / Cone: size, length×width, cm	1-17	4,7×1,9
	6-26	2,6×1,8
	St ₁	3,5×1,7
	St ₂	4,1×1,5

Экспериментальные данные изучения клона в питомниках разных лет закладки представлены в таблице 3.

Предуборочное описание клона 1-17. Продолжительность вегетационного периода

105-114 дней, относится к среднеспелой группе спелости. Растение рослое, стебель сильно вьющийся, 38-40 витков на поддержке, средняя длина междоузлий основного стебля 14,0-15,0 см, количество узлов 33-35. Антоциановая окраска основного побега слабая. Листовая пластинка среднего размера, сердцевидная, трех-пятылопастная, зеленая, пузырчатость отсутствует.

Куст цилиндрической формы, в отдельные годы образует «шапку» среднего размера. Первый боковой побег закладывается на высоте 0,35-0,45 м, первая плодовая ветка – на 4-ом междоузлии. Боковые побеги по длине: из нижней трети – 0,8-1,20 м, из средней трети – 0,90-1,10 м, из верхней трети – 0,93-1,16 м, количество узлов 8-10, облиственность сильная. Цветение наступает во II-III декадах июля, в нижней трети расположено среднее число соцветий, в средней трети – много, в верхней трети – очень много.

Формирование шишек начинается в I-II-III декадах августа, гроздь шишек средней плотности, по 8-12 шт., порядок ветвления – I-II-III. Фаза технической спелости отмечается во II-III декадах августа - I декаде сентября. Шишки овальной формы (цилиндрические), без граней, крупные (длина 3,1-5,2 см, ширина 2,4-3,5 см). Масса 100 сухих шишек – 14,7 г. Чешуйки закрытые, с коротким кончиком, грубые, стерженек зеленый, толстый с редким расположением коленец (5-6 на 1 см). Цвет лупулиновых зерен – золотистый. Цвет шишек светло-золотисто-зеленый, аромат – чисто хмелевой. Средняя урожайность 30 ц/га, среднее содержание альфа-кислот 9,3 %.

Заключение. В результате длительного изучения отобранных клонов получены данные о параметрах исходного клонового селекционного материала для выведения новых сортов хмеля горько-ароматического типа с содержанием альфа-кислот в шишках выше запланированного показателя – 5,0 % и стабильной урожайностью более 30 ц/га. Клон 1-17 соответствует этим требованиям. На него отправлена документация в Госсорткомиссию для регистрации нового сорта Салампи, характеризующегося стабильными показателями продуктивности. Урожайность сорта в среднем за 16 лет составила 30,0 ц/га (сбор шишек с куста 4,0 кг/куст) с содержанием альфа-кислот 9,3 %. Средний показатель за последние 3 года – 36,0 ц/га, содержание альфа-кислот – 9,2 %.

Таблица 3 – Продуктивность клона хмеля 1-17 (2004-2020 гг.) /
Table 3 – Productivity and quality of hop clone 1-17 (2004-2020)

Год исследований / Year of research	Сбор шишек с куста, кг / Hop harvest per bush, kg	Урожайность, ц/га / Yield, c/ha	Содержание α -кислот, % / The content of α -acids, %
2004	3,8	28,5	10,7
2005	2,7	20,3	6,4
2006	8,0	60,0	13,1
2007	3,8	28,5	13,3
2009	2,0	15,0	5,8
2010	0,6	4,5	5,1
2011	4,2	31,5	11,3
2012	4,1	30,7	8,0
2013	6,5	48,7	11,4
2014	3,0	22,5	10,7
2016	3,6	27,0	6,3
2017	3,3	24,7	9,8
2018	4,3	32,3	8,5
2019	6,0	45,0	10,4
2020	4,2	31,5	8,7
Среднее / Average	4,0	30,0	9,3

Регистрируемый сорт Салампи (клон 1-17) показал положительные результаты в ходе исследований и пригоден к возделыванию в самом северном регионе выращивания данной культуры. Урожайность клона, хоть и не превышала наименьшую существенную разность в сравнении с контролем, тем не менее,

за последние 3 года исследований была почти на 1 тонну выше стандартного сорта Подвязный. Качественный показатель также был выше запланированного и превышал оба стандарта. Клон 6-26 в засушливых условиях 2020 года изучения не смог реализовать заложенный потенциал и требует дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Рупошев А. Р. Хмелю, эфиромасличным и лекарственным – новые возможности. Ваш сельский консультант. 2009;(3):29-30. Режим доступа: http://mcx-consult.ru/hmelyu_efiromaslichnym
2. Герасимчук В. И., Рейтман И. Г., Ежов И. С. Хмель в медицине, быте и народном хозяйстве. Киев: «Урожай», 1994. 352 с.
3. Scomra U. Genetic resources of hops in Poland: collection, evaluation and utilization in breeding. Proceeding of the International Scientific Meeting. Zatec: ChmelarskyInstitut, 2008. pp. 13-18.
4. Нечипорчук И. Д. Основы селекции и размножения хмеля. Киев: Радянська Житомирщина, 1947. 264 с.
5. Белороссова Н. В. Клоновая селекция хмеля. Труды РНИСХС. М.: Пищепромиздат, 1954. С. 5-38.
6. Данилов С. С. Особенности культуры хмеля и потенциал новых отечественных сортов. Вестник российской академии сельскохозяйственных наук. 2007;(2):50-53.
7. Данилова Ю.С., Крофта К., Рыжова Т. П. Отбор на экологическую устойчивость в селекции хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2010;(4(19)):4-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15266692>
8. Данилова Е. С., Данилова Ю. С., Никонова З. А. Мониторинг хозяйственно ценных признаков коллекции отечественных и зарубежных сортов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2011;(6 (25)):18-22. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17039040>
9. Леонтьева В. В. Предварительные результаты выделения клонов хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.) для создания новых сортов горького и ароматического типов. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(1(62)):42-46. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.42-46>
10. Леонтьева В. В. Оценить и выделить по хозяйственно-ценным признакам клоны хмеля из питомника предварительного сортоиспытания. Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2016;2(4 (8)):26-30. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27506382>
11. Фадеев А. А., Никонова З. А. Оценка сортообразцов коллекции хмеля обыкновенного по фенологическим и морфологическим признакам. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2018;(2):40-42. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/2/40-42>
12. Demytyev D., Valentina L., Ivanova I. The specific features of the chuvash hop. Norwegian Journal of Development of the International Science. 2019;33:6-8. URL: http://thermonuclear.ru/scien/NJD_33_1.pdf

13. Леонтьева В. В. Биохимическая характеристика сортов хмеля, возделываемых в Чувашской Республике. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2020;(3):17-19. DOI: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-13042>
14. Иванова А. О., Дементьев Д. А. Состояние хмелеводства в Чувашской Республике. *Международный научный сельскохозяйственный журнал*. 2019;(2):20-25. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39204995>
15. Осипова Ю. С., Иванова И. Ю., Леонтьева В. В. Оценка экологической устойчивости сортообразцов хмеля обыкновенного. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020;50(1):32-39. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-4>

References

1. Ruposhev A. R. *Khmelyu, efiromaslichnym i lekarstvennym – novye vozmozhnosti*. [New opportunities for hops, essential oil and medicinal plants]. *Vash sel'skiy konsul'tant*. 2009;(3):29-30. (In Russ.). URL: http://mcx-consult.ru/hmelyu_efiromaslichnym
2. Gerasimchuk V. I., Reytman I. G., Ezhov I. S. *Khmel' v meditsine, byte i narodnom khozyaystve*. [Hops in medicine, everyday life and national economy]. Kiev: «Urozhay», 1994. 352 p.
3. Scomra U. Genetic resources of hops in Poland: collection, evaluation and utilization in breeding. Proceeding of the International Scientific Meeting. Zatec: ChmelarskyInstitut, 2008. pp. 13-18.
4. Nechiporchuk I. D. *Osnovy seleksii i razmnozheniya khmelya*. [Fundamentals of selection and reproduction of hops]. Kiev: *Radyans'ka Zhitimirshchina*, 1947. 264 p.
5. Belorossova N. V. *Klonovaya selektsiya khmelya*. *Trudy RNISKhS*. [Clone selection of hops. Proceedings of VNIISHM]. Moscow: *Pishchepromizdat*, 1954. pp. 5-38.
6. Danilov S. S. *Osobennosti kul'tury khmelya i potentsial novykh otechestvennykh sortov*. [Specific features in culture of hop and its new domestic variety potential]. *Vestnik rossiysskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk = Vestnik of the Russian agricultural science*. 2007;(2):50-53. (In Russ.).
7. Danilova Yu. S., Krofta K., Ryzhova T. P. *Otbor na ekologicheskuyu ustoychivost' v seleksii khmelya obyknovennogo (Humulus lupulus L.)*. [Persistence selection in hops (*Humulus lupulus L.*) varieties development]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2010;(4(19)):4-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15266692>
8. Danilova E. S., Danilova Yu. S., Nikonova Z. A. *Monitoring khozyaystvenno tsennykh priznakov kolleksii otechestvennykh i zarubezhnykh sortov khmelya obyknovennogo (Humulus lupulus L.)*. [An estimation of the main economic characteristics of hop (*Humulus lupulus L.*) cultivar collection]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2011;(6 (25)):18-22. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17039040>
9. Leontyeva V. V. *Predvaritel'nye rezul'taty vydeleniya klonov khmelya obyknovennogo (Humulus lupulus L.) dlya sozdaniya novykh sortov gor'kogo i aromaticheskogo tipov*. [Preliminary results of selection of clones of common hops (*Humulus lupulus L.*) for breeding new varieties of bitter and aromatic types]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(1(62)):42-46. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.42-46>
10. Leontyeva V. V. *Otsenit' i vydelit' po khozyaystvenno-tsennym priznakam klony khmelya iz pitomnika predvaritel'nogo sortoispytaniya*. [Preliminary variety trials nursery hops clones evaluation and selection on economically valuable attributes]. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya «Sel'skokhozyaystvennye nauki. Ekonomicheskie nauki» = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics»*. 2016;2(4 (8)):26-30. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=27506382>
11. Fadeev A. A., Nikonova Z. A. *Otsenka sortoobraztsov kolleksii khmelya obyknovennogo po fenologicheskim i morfologicheskim priznakam*. [Evaluation of the common hop variety samples according to the phenological and morphological features]. *Vestnik rossiysskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*. 2018;(2):40-42. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2018/2/40-42>
12. Dementyev D., Valentina L., Ivanova I. The specific features of the chuvash hop. *Norwegian Journal of Development of the International Science*. 2019;33:6-8. URL: http://thermonuclear.ru/scien/NJD_33_1.pdf
13. Leon'teva V. V. *Biokhimicheskaya kharakteristika sortov khmelya, vozdeleyvaemykh v Chuvashskoy Respublike*. [Biochemical characteristics of hop varieties expanded in the Chuvash Republic]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal = International Agricultural Journal*. 2020;(3):17-19. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2020-13042>
14. Ivanova A. O., Dementiev D. A. *Sostoyaniye khmelevodstva v Chuvashskoy Respublike*. [The state of hop growing in the Chuvash Republic]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal*. 2019;(2):20-25. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=39204995>
15. Osipova Yu. S., Ivanova I. Yu., Leon'teva V. V. *Otsenka ekologicheskoy ustoychivosti sortoobraztsov khmelya obyknovennogo*. [Evaluation of ecological stability of common hop varieties]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2020;50(1):32-39. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-4>

Сведения об авторе

✉ 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9213-9821>, e-mail: shkoda.6363@mail.ru

Information about the author

✉ Valentina V. Leontyeva, researcher, Chuvash Research Agriculture Institute - Branch of Federal Agriculture 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, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9213-9821>, e-mail: shkoda.6363@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Оценка травосмесей газонного типа в условиях лесостепи Среднего Поволжья

© 2021. О. А. Тимошкин¹ ✉, О. Ю. Тимошкина¹, Е. В. Тимошук²

¹ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь, Российская Федерация

²МАУ «Городские парки», г. Дубна, Московская обл., Российская Федерация

В 2019-2020 годах проводили оценку качества травосмесей газонного типа на основе клевера ползучего (*Trifolium repens* L.), овсяницы луговой (*Festuca pratensis*), райграса пастбищного (*Lolium perenne*) и мятлика лугового (*Poa pratensis*) в условиях лесостепи Среднего Поволжья (Пензенская область). Изучаемые факторы – состав смесей (клевер ползучий + мятликовый компонент), нормы высева компонентов (40 + 70 %; 55 + 55 %; 70 + 40 %), фон минерального питания (без удобрений, P₄₅K₄₅, N₃₀P₄₅K₄₅). Вегетационный период в годы исследований характеризовался засушливыми условиями, гидротермический коэффициент (ГТК) за период май-сентябрь в 2019 году составил 0,79, в 2020 году – 0,76. В среднем за два года травосмеси клевера ползучего с мятликом луговым при норме высева компонентов 40 + 70 % и 70 + 40 % (от нормы высева в чистом виде), клевера ползучего с овсяницей луговой с нормой высева компонентов 70 + 40 % при всех дозах минеральных удобрений имели самую высокую комплексную оценку качества газона. Травосмеси клевера ползучего с мятликом луговым (70 + 40 %) и клевера ползучего с овсяницей луговой (70 + 40 %) на фоне внесения N₃₀P₄₅K₄₅ имели максимальные показатели по густоте травостоя (1425 и 1475 шт/м²), что достоверно превышало контроль и вариант с внесением P₄₅K₄₅. В этих вариантах отмечены наибольшие показатели проективного покрытия (97,5 %) и комплексной оценки «отлично» и «высшего качества». По засорённости посевы оценивались в 1 балл (слабозасорённые), на 1 м² однолетних и двулетних сорняков встречалось – 24-27 шт., корневищных сорняков – менее 10 шт. на 1 м², площадь проективного покрытия сорняками не превышала 5 %.

Ключевые слова: многолетние травы, травосмеси, газоны, технология возделывания, норма высева, минеральные удобрения, проективное покрытие

Благодарность: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема №0477-2019-0021).

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тимошкин О. А., Тимошкина О. Ю., Тимошук Е. В. Оценка травосмесей газонного типа в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):706-714.
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.706-714>

Поступила: 02.07.2021

Принята к публикации: 16.10.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Evaluation of grass mixtures of a lawn type in the conditions of forest-steppe of the Middle Volga region

© 2021. Oleg A. Timoshkin¹ ✉, Olga Yu. Timoshkina¹, Elena V. Timoshchuk²

¹Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation,

²Municipal Autonomous Institution "City Parks", Dubna, Moscow region, Russian Federation

In 2019-2020, the quality of lawn-type grass mixtures based on creeping clover (*Trifolium repens* L.), meadow fescue (*Festuca pratensis*), pasture ryegrass (*Lolium perenne*) and meadow bluegrass (*Poa pratensis*) was evaluated in the conditions of the forest-steppe of the Middle Volga region (Penza region). The studied factors are the composition of the mixtures (creeping clover + bluegrass component), the seeding rates of the components (40 + 70 %; 55 + 55 %; 70 + 40 %) and the background of mineral nutrition (without fertilizers, P₄₅K₄₅, N₃₀P₄₅K₄₅). The growing season during the years of research was characterized by arid conditions, the hydrothermal coefficient (HTC) for the period May-September in 2019 was 0.79, in 2020 – 0.76. On average, over two years of grass mixtures of creeping clover with meadow bluegrass at a seeding rate of 40 + 70 % and 70 + 40 % (from the seeding rate in pure form), creeping clover with meadow fescue with a seeding rate of 70 + 40 % components at all doses of mineral fertilizers had the highest comprehensive assessment of the quality of the lawn. The grass mixtures of creeping clover with meadow bluegrass (70 + 40 %) and creeping clover with meadow fescue (70 + 40 %) against the background of application of N₃₀P₄₅K₄₅ had the maximum indicators in terms of herbage density (1425 and 1475 pcs/m²), which significantly exceeded the control and the variant with the introduction of P₄₅K₄₅. In these variants, the highest indicators of projective cover (97.5 %) and a comprehensive assessment of "excellent" and "highest quality". According to weediness, the crops were estimated at 1 point (slightly weedy), per 1 m² of annual and biennial weeds there were 24-27 pcs., rhizome weeds – less than 10 pcs. per 1 m², the area of weed projective cover did not exceed 5 %.

Keywords: perennial grasses, grass mixtures, lawns, cultivation technology, seeding rate, mineral fertilizers, projective cover

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 the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. 0477-2019-0021).

The authors thank the reviewers for their contributions to the expert evaluation of this work.

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

For citation: Timoshkin O. A., Timoshkina O. Yu., Timoshchuk E. V. Evaluation of grass mixtures of lawn type in the condition of forest-steppe of the Middle Volga region. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(5):706-714. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.706-714>

Received: 02.07.2021

Accepted for publication: 16.09.2021

Published online: 27.10.2021

Многолетние бобовые и злаковые травы, формирующие дерновый покров лугов и пастбищ, гармонично «встраиваются» в газонное хозяйство, так широко входящее в быт и производство современных городов, сел и поселений [1, 2]. Газоны используют в декоративных, архитектурно-планировочных, санитарно-гигиенических, хозяйственно-экономических, спортивных, почвозащитных и других целях [3, 4, 5]. Высокодекоративные и устойчивые газоны играют немаловажную роль в жизни городов. Будучи незаменимым фоном для создания декоративных композиций, они обладают пылеулавливающими и фитонцидными свойствами, способствуют повышению влажности прилегающего к ним слоя воздуха, снижению его температуры по сравнению с беспокровной почвой [6]. Мощно развитая в виде дерна корневая система газона, способствуя быстрой минерализации органического вещества, оказывает благотворное влияние на очищение почвы от гнилостных и вредных микроорганизмов и всех нечистот, попадающих на газон с пылью. В крупных городах с их большими улицами, перегруженными автотранспортом, газоны обладают шумозадерживающей и газопоглощающей способностью. Газоны отлично украшают парки, сады, скверы и улицы. Дерновые покрытия типа газонов широко применяются при создании спортивных полей, аэродромов, для закрепления откосов [7, 8]. При оформлении декоративных композиций на долю газона, как одного из основных элементов, приходится большая часть всей площади. В связи с этим проблема создания высокодекоративных и устойчивых газонов в нашей стране требует изучения в почвенно-климатических условиях конкретного региона [1, 9].

В России в ряде научных учреждений ведётся разработка теоретических и практических основ создания и содержания культурных и долголетних газонов. В Кировской области в ботаническом саду Вятской ГСХА рекомендуют для создания газонов одновидовые травостои райграса пастбищного сортов ВИК 66 и Карат с нормой высева 20 кг/га, овсяницы красной сорта Сигма с нормой высева 75 кг/га [10].

В Среднем Предуралье наиболее перспективной оказалась травосмесь с соотношением 90 % овсяницы красной и 10 % райграса пастбищного, а также 100%-ый посев овсяницы красной, которые позволяют получить газон хорошего качества с плотностью сложения травостоя 9730-9774 шт/м² и проективным покрытием 85-91 % [11]. В других исследованиях этого учреждения выявлено, что к третьему-четвертому году жизни газонные смеси из различного соотношения злаковых трав (овсяница красная, овсяница луговая, мятлик луговой, тимофеевка луговая) сформировали покрытие отличного качества (до 13,5 тыс. побегов/м²) и высокой декоративности проективного покрытия (до 100 %), а использование смеси (овсяница красная 50 % + овсяница луговая 50 %) позволяет получить газоны отличного качества со второго года жизни [12]. На севере Нечерноземной зоны РФ для создания газонов рекомендуются травостои полевицы обыкновенной и мятлика лугового. Наряду с высокой декоративностью, степень покрытия делянок данными травами была близка к 100 %, плотность травостоя составляла 12-17 тыс. побегов /м² [13].

В настоящее время отсутствуют обоснованные рекомендации по подбору травосмесей для создания качественных газонов в Среднем Поволжье, поэтому данные исследования актуальны.

Созданные в Федеральном научном центре лубяных культур сорта многолетних злаковых (райграсс пастбищный, овсяница луговая) и бобовых (клевер ползучий) трав могут быть использованы для создания газонов. Поэтому вызывает интерес формирование смешанных травостоев с их участием на основе подбора норм высева компонентов и фона минерального питания.

Цель исследований – создать травосмеси газонного типа для условий лесостепи Среднего Поволжья, оценить подбор компонентов и норм их высева на различных фонах минерального питания.

Материалы и методы. Экспериментальную работу проводили в трехфакторном полевом опыте на опытном поле лаборатории агротехнологий Пензенского НИИСХ –

обособленного подразделения ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур».

Схема: Фактор А – компоненты смеси:

1. Клевер ползучий + мятлик луговой.
2. Клевер ползучий + райграс пастбищный.
3. Клевер ползучий + овсяница луговая.

Фактор В – норма высева клевера ползучего и мятликовых компонентов в смесях (% от нормы высева в чистом виде): 1. 40 + 70 %. 2. 55 + 55 %. 3. 70 + 40 %.

Фактор С – фон минерального питания:

1. Контроль (без удобрений).
2. P₄₅K₄₅.
3. N₃₀P₄₅K₄₅.

Норма высева в чистом виде: клевер ползучий – 10 млн всхожих семян на 1 га, мятлик луговой – 40 млн, райграс пастбищный – 5 млн, овсяница луговая – 9 млн всхожих семян на 1 га. Способ посева – рядовой (размещение культур – чересрядное). В исследованиях были использованы следующие сорта культур: клевер ползучий Изумруд, овсяница луговая Пензенская 1, райграс пастбищный Веймар, мятлик луговой Геронимо.

Площадь делянки 1-го порядка – 5 м², 2-го порядка – 15 м², 3-го порядка – 45 м². Повторность 4-кратная.

В качестве минеральных удобрений использовали аммиачную селитру, хлористый калий и двойной суперфосфат. Фосфорные и калийные удобрения вносили осенью под вспашку, азотные – весной под предпосевную культивацию.

Почва опытного участка – чернозём выщелоченный среднесуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое 6,2-6,3 % (по Тюрину в модификации ЦИНАО, ГОСТ 26213-91), рН_{сол} – 5,4-5,5, высокое содержание легкогидролизуемого азота – 82-91 мг/кг (по Тюрину и Кононовой, ГОСТ 26951-86), повышенное содержание подвижного фосфора – 156-162 (по Чирикову, ГОСТ 2620491), обменного калия – 132-138 мг на 1 кг почвы (по Чирикову, ГОСТ 26204-91).

Закладку полевых опытов, сопутствующие наблюдения, учёты, статистическую обработку данных дисперсионным методом проводили в соответствии с существующими методическими указаниями Б. А. Доспехова¹, методикой проведения исследований с кормовыми культурами². Проектное покрытие определяли по методике Л. Г. Раменского [14]. Качество газонов оценивали по методике РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева³, засорённость – по методике М. Я. Березовского и В. А. Захаренко⁴ (1 балл – слабозасорённые участки при наличии на 1 м² крупностебельных или двудольных сорняков до двух экземпляров, однолетних или двулетних нижнего и среднего ярусов – до десяти экземпляров, корневищных – единичные экземпляры, площадь проективного покрытия сорняками не превышает 5 %). Сорняки определяли по учебнику Г. И. Баздырева⁵.

Продуктивность побегообразования (плотность сложения травостоя) оценивали по 6-балльной шкале, общую декоративность (проектное покрытие) по 5-балльной шкале. В целом качество газонных покрытий оценивали по 30-балльной шкале⁶.

Метеорологические условия в годы проведения исследований складывались недостаточно благоприятно для газонных смесей. В период формирования первого, второго и третьего укосов клеверо-мятликовых травосмесей (май, июнь и июль 2019 г. и 2020 г.) показатель гидротермического коэффициента по Селянинову (ГТК) был ниже среднесреднегодных данных (0,9-1,1) и составил 0,5-0,8 (засушливые и острозасушливые периоды) (табл. 1).

Август 2019 г. характеризовался как засушливый период, сентябрь (ГТК = 1,9) – избыточно-увлажненный период, в 2020 г. – наоборот, август – увлажненный период, сентябрь – острозасушливый. В целом за период май-сентябрь 2019-2020 гг. показатель ГТК составил 0,8 (засушливые условия вегетационного периода).

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

²Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Под ред. Новоселова Ю. К. и др. М.: ВИК, 1987. 198 с.

³Кобозев И. В., Латифов Н. Л., Уразбахтин З. М. Проведение полевых опытов по формированию газонов и оценка их качества. М.: Изд-во МСХА, 2002. 84 с.

⁴Опытное дело в растениеводстве. Сост. Никитенко Г. Ф. М.: Россельхозиздат, 1982. С.82-89.

⁵Баздырев Г. И. Защита сельскохозяйственных культур от сорных растений. М.: КолосС, 2004. 328 с.

⁶Кобозев И. В., Латифов Н. Л., Уразбахтин З. М. Указ. соч.

Таблица 1 – Гидротермический коэффициент в период вегетации многолетних трав (2019-2020 гг., данные Лунинского АМП) /

Table 1 – Hydrothermal coefficient during the growing season of perennial grasses (2019-2020, data from Luninsky AMP)

Месяц / Month	ГТК (по Селянинову) / НТС (according to Selyaninov)		
	2019 г.	2020 г.	среднемноголетние / long-term average annual
Май / May	0,6	0,8	0,9
Июнь / June	0,7	0,8	1,1
Июль / July	0,7	0,5	1,0
Август / August	0,7	1,3	0,9
Сентябрь / September	1,9	0,3	1,0
За период май-сентябрь / For the period May-September	0,8	0,8	1,0

Результаты и их обсуждение. Борьба с сорными растениями – одна из важнейших мер по уходу за газонами. Она должна проводиться повсеместно и своевременно, систематически и аккуратно, так как достаточно вызреть семенам одного сорняка, чтобы засорились значительные площади зелёных насаждений [2]. На делянках отмечены сорняки разных групп: однолетние, двулетние и многолетние. Среди однолетних сорняков отмечены яровые ранние – просвирник приземистый (*Malva pusilla* Smith), марь белая (*Chenopodium album* L.), горец птичий (*Polygonum aviculare* L.), пикульник обыкновенный (*Galeopsis tetrahit* L.); яровые поздние – щирица запрокинутая (*Amaranthus retroflexus* L.); зимующие – ромашка непахучая (*Matricaria inodora* L.), ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.), фиалка полевая (*Viola arvensis* L.), мелколепестник канадский (*Erigeron canadensis* L.), манжетка полевая (*Aphanes arvensis*). Среди двулетних сорняков встречались смолевка обыкновенная (*Silene cucubalus* Wib) и сурепка обыкновенная (*Barbarea vulgaris* R. Br.). Многолетние сорняки представлены стержнекорневыми – щавель курчавый (*Rumex crispus* L.), одуванчик лекарственный (*Taraxacum officinale* Wigg.), цикорий обыкновенный (*Cichorium intybus* L.), корнеотпрысковые – вьюнок полевой (*Convolvulus arvensis* L.), бодяк полевой (*Cirsium arvense* L. Scop.).

Анализ влияния нормы высева компонента на засоренность однолетними и многолетними сорными растениями показал, что наибольшее количество сорняков отмечено в посевах клевера ползучего с мятликом луго-

вым (при нормах высева 40 % клевера + 70 % мятлика и 55 % клевера + 55 % мятлика) и составляло 11-32 шт. растений на 1 м², причем при норме высева культур 70 % клевера + 40 % мятлика количество сорняков было минимальным (11-16 шт/м²) (табл. 2). Большее количество сорняков при высокой норме высева мятлика объясняется его биологической особенностью – слабым развитием в первые годы жизни, в результате чего в агроценозе при норме высева 40 % + 70 % количество однолетних сорных растений составило 3-19 шт/м², многолетних – 14-32 шт/м².

Внесение минеральных удобрений в смеси клевер + мятлик оказало неоднозначное влияние на количество однолетних и многолетних сорняков. Так, в смеси с нормой высева клевера 40 % + мятлик 70 % при внесении удобрений количество однолетних сорняков увеличилось с 3 до 19 шт/м², многолетних – с 14 до 29-32 шт/м². При норме высева клевер 55 % + мятлик 55 % внесение фосфорно-калийных удобрений способствовало достоверному увеличению количества однолетних сорняков с 24 до 27 шт/м², многолетних – с 29 до 32 шт/м². Дополнительное внесение минерального азота на фоне фосфорно-калийных удобрений существенно снизило количество однолетних сорняков – до 8 шт/м², многолетних – до 13 шт/м². Это объясняется интенсивным ростом листовой поверхности клевера ползучего рано весной при внесении минерального азота, что не дает возможности расти и развиваться всходам яровых поздних сорных растений.

Таблица 2 – Количество сорняков у клеверо-мятликовых травосмесей в зависимости от нормы высева компонентов и фона минерального питания, шт/м² (в среднем за 2019-2020 гг.) /
Table 2 – The number of weeds in clover-cereals mixtures depending on the seeding rate of components and the background of mineral nutrition, pcs / m² (on average for 2019-2020)

Компоненты смеси (A) / Mixture components (A)	Норма высева, % (B) / Seeding rate, % (B)	Фон питания (C) / Nutrition background (C)	Однолетние, шт. / Annual, pcs.				Двулетние, шт. / Biennial, pcs.	Многолетние, шт. / Perennial, pcs.				Итого, шт. / Total, pcs.
			яровые ранние / early spring	яровые поздние / spring late	зимующие / wintering	всего / total		стержнекорневые / taproot	корнеотпрысковые / root suckers	корневищные / rhizome	всего / total	
Клевер + мятлик / Clover + bluegrass	40 + 70	Контроль / Control	3	-	-	3	-	-	8	3	11	14
		P ₄₅ K ₄₅	-	8	11	19	-	5	5	-	10	29
	55 + 55	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	16	3	19	5	-	8	-	8	32
		Контроль / Control	-	21	3	24	-	-	5	-	5	29
		P ₄₅ K ₄₅	3	21	3	27	-	-	5	-	5	32
		N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	3	5	-	8	-	-	5	-	5	13
70 + 40	Контроль / Control	3	5	-	8	-	-	5	-	5	11	
	P ₄₅ K ₄₅	3	-	-	3	3	-	8	-	8	14	
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	5	3	8	-	-	8	-	8	16	
	Контроль / Control	-	-	3	3	-	-	8	-	8	11	
	P ₄₅ K ₄₅	5	-	5	10	-	-	3	-	3	13	
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	5	11	-	16	-	-	8	-	8	24	
Клевер + райграс / Clover + ryegrass	40 + 70	Контроль / Control	5	-	3	8	-	3	5	-	8	16
		P ₄₅ K ₄₅	3	5	8	16	-	-	5	-	5	21
	55 + 55	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	8	3	11	-	-	5	3	8	19
		Контроль / Control	3	-	5	8	-	-	5	-	5	11
		P ₄₅ K ₄₅	3	11	-	14	-	-	5	-	5	19
		N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	3	11	3	17	-	-	5	-	5	22
40 + 70	Контроль / Control	-	-	-	-	-	-	5	-	5	5	
	P ₄₅ K ₄₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	8	3	11	-	-	8	-	11	22	
	Контроль / Control	3	-	11	14	-	-	5	-	5	19	
	P ₄₅ K ₄₅	-	-	5	5	-	-	5	-	5	10	
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	3	3	11	17	-	-	5	-	5	22	
70 + 40	Контроль / Control	-	-	-	-	-	-	11	-	11	14	
	P ₄₅ K ₄₅	3	-	3	6	-	-	5	-	5	11	
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	-	-	3	3	-	-	5	-	5	18	
	Контроль / Control	0,4	0,1	0,1	0,2	-	-	0,2	-	0,1	0,2	
	P ₄₅ K ₄₅	0,7	0,3	0,1	0,3	-	-	0,3	-	0,1	0,3	
	N ₃₀ P ₄₅ K ₄₅	0,1	0,5	0,2	0,6	-	-	0,6	-	0,3	0,6	

HCP₀₅ факторов A, B, C / LSD₀₅ factors A, B, C
HCP₀₅ взаимодей. AB, AC, BC / LSD₀₅ interaction. AB, AC, BC
HCP₀₅ взаимодей. ABC / LSD₀₅ interaction. ABC

В посевах клевера ползучего с райграсом пастбищным количество сорняков на 1 м² составляло 11-24 шт. Не выявлено достоверного влияния нормы высева семян компонентов на количество однолетних и многолетних сорняков в агроценозах. Применение минеральных удобрений способствовало существенному увеличению количества однолетних (с 3-8 шт/м² в контроле до 10-17 шт/м² при внесении удобрений) сорных растений. В то же время количество многолетних сорняков при применении минеральных удобрений существенно не изменилось (с 5-8 шт/м² в контроле до 3-8 шт/м²).

В посевах клевера ползучего с овсяницей луговой количество сорняков составляло 5-22 шт/м², наименьшее их количество – в травосмеси с преимуществом мятликового компонента (40 % клевера + 70 % овсяницы). Овсяница луговая, как и райграс пастбищный, в год пользования обладает высокой ценотической активностью в агроценозе, благодаря чему успешно конкурируют с однолетними сорными растениями и вытесняют их из агроценоза. Поэтому при наибольшей норме высева овсяницы луговой 70 % и клевера ползучего 40 % в вариантах без внесения удобрений и при внесении P₄₅K₄₅ сорных растений не обнаружено. Применение минерального азота на фоне P₄₅K₄₅ способствовало увеличению засоренности однолетними сорняками на 11 шт/м², многолетними – с 5 до 22 шт/м².

Согласно методике М. Я. Березовского и В. А. Захаренко⁷, посева по засоренности оцениваются в 1 балл (слабозасоренные). В травосмесях количество однолетних и двулетних сорняков составляло 24-27 шт. на 1 м², корневищных – менее 10 шт. на 1 м², площадь проективного покрытия сорняками во всех вариантах не превышала 5 %.

В год пользования не проводилась прополка сорняков, а только подкашивание травостоя. Как отмечают Я. В. Субботина, Ю. Н. Зубарев [1], систематическая стрижка газонных травостоев существенно влияет на видовой состав сорной растительности и интенсивное подрезание корневищных и корнеотпрысковых сорных растений угнетает их, и, начиная со второго года жизни газонов, они выпадают из травостоев.

Комплексная оценка большинства клеверо-мятликовых газонов оценивается как хорошая и отличная (табл. 3). В травосмесях клевера

ползучего с мятликом луговым с нормой высева культур 40 + 70 % и 70 + 40 % густота травостоя составила 1110-1350 шт/м² и 1290-1425 шт/м² соответственно.

Проективное покрытие было на высоком уровне: 85,0-100,0 % (при норме высева 40 + 70 %) и 87,5-97,5 % (при норме высева культур 70 + 40 %), сложение травостоя оценивается при этом как сомкнуто-диффузное. Комплексная оценка этих травосмесей «отличная». В то время как при норме высева этих культур 55 + 55 % в контроле и при внесении P₄₅K₄₅ густота травостоя была средняя, поэтому комплексная оценка в контроле «удовлетворительная», а при дозе P₄₅K₄₅ – «хорошая».

В травосмеси клевера ползучего с райграсом пастбищным комплексная оценка газона была «отличной» в вариантах с нормой высева компонентов 55 + 55 % и 70 + 40 % при дозе внесения удобрений N₃₀P₄₅K₄₅. При этом густота травостоя была на высоком уровне – 1275 и 1065 шт/м², проективное покрытие – 97,5 и 95,0 % соответственно.

В травосмеси клевера ползучего с овсяницей луговой максимальные показатели качества газона получены при норме высева компонентов 70 + 40 %. Густота травостоя была на высоком уровне – 1090-1475 шт/м², проективное покрытие – 97,5 %, что соответствовало сомкнуто-диффузному сложению травостоя, оценка качества травосмесей была «отличной». Травосмесь клевера ползучего с овсяницей луговой при внесении N₃₀P₄₅K₄₅ имела максимальные показатели по густоте травостоя, комплексная оценка была «высшего качества».

На густоту травостоя наибольшее влияние оказало внесение минерального азота. Так, густота травостоя смеси клевер 40 % + мятлик 70 % без внесения минеральных удобрений составляла 1110 шт/м², при внесении P₄₅K₄₅ – 1125 шт/м², а при внесении N₃₀P₄₅K₄₅ – 1350 шт/м² (или на 21,6 % выше, чем в контроле). Схожая тенденция наблюдается при других нормах высева и в других изучаемых смесях.

Таким образом, в среднем за два года травосмеси клевера ползучего с мятликом луговым при норме высева компонентов 40 + 70 % и 70 + 40 % и клевера ползучего с овсяницей луговой с нормой высева компонентов 70 + 40 % при всех дозах удобрений имели комплексную оценку качества газона «отлично».

⁷Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. С. 82-89.

Таблица 3 – Комплексная оценка качества клеверо-мятликовых травосмесей в зависимости от нормы высева компонентов и фона минерального питания (в среднем за 2019-2020 гг.) / Table 3 – Comprehensive assessment of the quality of clover-cereal grass mixtures depending on the seeding rate of components and the background of mineral nutrition (on average for 2019-2020)

Компоненты смеси (А) / Mixture components (A)	Норма высева, % (B) / Seeding rate, %(B)	Фон питания (С) / Nutrition background (C)	Густота травостоя / Density of herbage		Общая декоративность / General decorativeness			Комплексная оценка / Comprehensive assessment	
			шт./м ² / pcs/m ²	балл/ point	сложение травостоя / addition of herbage	проективное покрытие, % / projective cover, %	балл / point	балл / point	оценка / assessment
Клевер + мятлик / Clover + bluegrass	40 + 70	Контроль / Control	1110	5	СД	85,0	5	25	Отличная / Excellent
		Р ₄₅ К ₄₅	1125	5	СД	85,0	5	25	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1350	5	СД	100,0	5	25	
	55 + 55	Контроль / Control	915	4	СМ	77,5	4	16	Удовлетворительная / Atisfactory grade
		Р ₄₅ К ₄₅	945	4	СД	92,5	5	20	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1325	5	СД	90,0	5	25	
	70 + 40	Контроль / Control	1290	5	СД	87,5	5	25	Отличная / Excellent
		Р ₄₅ К ₄₅	1375	5	СД	92,5	5	25	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1425	5	СД	97,5	5	25	
	40 + 70	Контроль / Control	835	3	СД	97,5	5	15	Удовлетворительная / Atisfactory grade
		Р ₄₅ К ₄₅	895	3	СД	100,0	5	15	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	945	4	СД	95,0	5	20	
Клевер + райграс / Clover + ryegrass	55 + 55	Контроль / Control	925	4	СД	90,0	5	20	Хорошая / Good
		Р ₄₅ К ₄₅	1240	5	СМ	80,0	4	20	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1275	5	СД	97,5	5	25	
	70 + 40	Контроль / Control	880	3	СД	100,0	5	15	Удовл. / Atisfactory grade
		Р ₄₅ К ₄₅	980	4	СД	92,5	5	20	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1065	5	СД	95,0	5	25	
	40 + 70	Контроль / Control	910	4	СД	97,5	5	20	Отличная / Excellent
		Р ₄₅ К ₄₅	935	4	СД	97,5	5	25	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1175	5	СД	100,0	5	20	
Клевер + овсяница / Clover + fescue	55 + 55	Контроль / Control	955	4	СД	92,5	5	20	Хорошая / Good
		Р ₄₅ К ₄₅	1075	5	СД	95,0	5	25	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1155	5	СД	95,0	5	5	
	70 + 40	Контроль / Control	1090	5	СД	97,5	5	25	Отличная / Excellent
		Р ₄₅ К ₄₅	1165	5	СД	97,5	5	25	
		Н ₃₀ Р ₄₅ К ₄₅	1475	6	СД	97,5	6	30	
НСР ₀₅ факторов А, В, С / LSD ₀₅ factors A, B, C			4,9	-	-	-	-	-	Высшая / Top quality rating
НСР ₀₅ взаимодей. АВ, АС, ВС / LSD ₀₅ interaction. AB, AC, BC			8,4	-	-	-	-	-	-
НСР ₀₅ взаимодей. АВС / LSD ₀₅ interaction. ABC			14,6	-	-	-	-	-	-

Примечание / Note : СД – сомкнуто-диффузное сложение травостоя / closed-diffuse composition of theherbage; СМ – сомкнуто-мозаичное сложение / closed-mosaic composition

Заключение. Результаты исследований позволяют сделать вывод о влиянии компонентов, их норм высева, фона минерального питания на характеристики клеверо-мятликовых травосмесей газонного типа использования. В среднем за два года травосмеси клевера ползучего с мятликом луговым при норме высева компонентов 40 + 70 и 70 + 40 % и клевера ползучего с овсяницей луговой с нормой высева компонентов 70 + 40 % при всех нормах минерального питания имели

комплексную оценку качества газона «отлично». Травосмеси клевера ползучего с мятликом луговым (70 + 40 %) и клевера ползучего с овсяницей луговой (70 + 40 %) на фоне внесения $N_{30}P_{45}K_{45}$ имели максимальные показатели по густоте травостоя (1425 и 1475 шт/м²), что достоверно превышало контрольный вариант и вариант с внесением $P_{45}K_{45}$. В этих вариантах отмечены наибольшие показатели проективного покрытия (97,5 %) и комплексной оценки «отлично» и «высшего качества».

Список литературы

1. Субботина Я. В., Зубарев Ю. Н. Газоны в Пермском крае: монография. Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО «Пермская ГСХА», 2010. 87 с.
2. Лазарев Н. Н., Гусев М. А., Кухаренкова О. В., Бутко Я. Г. Биолого-экологические особенности низовых злаковых трав и их использование при создании газонов. Кормопроизводство. 2020;(1):10-16. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42530996>
3. Лепкович И. П. Современное луговое хозяйство. СПб.: Профи-информ, 2005. 424 с.
4. Beard J. B. Turf Management for Golf Courses. New York: Macmillan Publishing Co., 1982. 642 p. URL: <https://archive.org/details/turfmanagementfo0000bear>
5. Brede A. D. Turfgrass maintenance reduction handbook: sports, lawns, and golf. Michigan, Chelsea: Ann Arbor Press, 2000. Pp.58, 62, 74-75.
6. Зуева Г. А. Дерновообразующие злаки в условиях Сибири: биологические особенности и практическое применение. Новосибирск: Наука, 2001. 150 с.
7. Сенаторова Г. И. Морфогенез мятлика лугового и его использование в газонной культуре. Новосибирск: Наука, 1981. 87 с.
8. Лаптев А. А. Газоны. М.: Научная Думка, 1983. 176 с.
9. Князева Т. П., Князева Д. В. Газоны: монография. М.: Вече, 2004. 176 с.
10. Щанникова М. А., Юферева Н. И. Травы и травосмеси для создания газонов в Кировской области. Кормопроизводство. 2015;(11):29-32. Режим доступа: <http://elib.cnsnb.ru/books/free/0364/364756/files/assets/basic-html/page-31.html#>
11. Серегин М. В. Выбор соотношения компонентов для посева газонов при благоустройстве придорожных территорий. Пермский аграрный вестник. 2016;(1):30-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25657887>
12. Зубарев Ю. Н., Субботина Я. В., Вяткин А. В. Эксплуатационная характеристика газонных фитоценозов из злаковых трав отечественной селекции. Пермский аграрный вестник. 2017;(3):65-70. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30009678>
13. Пахолокова Т. Л., Ганичева В. В. Биолого-хозяйственная оценка многолетних злаковых трав для создания газонов в условиях Северо-Запада Европейской части Российской Федерации. Научная жизнь. 2016;(1):70-76.
14. Раменский Л. Г. Избранные работы. Проблемы и методы изучения растительного покрова. Л.: Наука, 1971. 335 с.

References

1. Subbotina Ya. V., Zubarev Yu. N. *Gazonny v Permskom krae: monografiya*. [Lawns in the Perm Territory: monograph]. Perm: *Izd-vo FGOU VPO «Permskaya GSKhA»*, 2010. 87 p.
2. Lazarev N. N., Gusev M. A., Kukharenkova O. V., But'ko Ya. G. *Biologo-ekologicheskie osobennosti nizovykh zlakovykh trav i ikh ispol'zovanie pri sozdanii gazonov*. [Biological and ecological characteristics of low-growing grasses and their use for lawns]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2020;(1):10-16. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42530996>
3. Lepkovich I. P. *Sovremennoe lugovodstvo*. [Modern meadow cultivation]. Saint-Petersburg: *Profi-inform*, 2005. 424 p.
4. Beard J. B. Turf Management for Golf Courses. New York: Macmillan Publishing Co., 1982. 642 p. URL: <https://archive.org/details/turfmanagementfo0000bear>
5. Brede A. D. Turfgrass maintenance reduction handbook: sports, lawns, and golf. Michigan, Chelsea: Ann Arbor Press, 2000. Pp.58, 62, 74-75.

6. Zueva G. A. *Dernovoobrazuyushchie zlaki v usloviyakh Sibiri: biologicheskie osobennosti i prakticheskoe primeneniye*. [Sod-forming cereals in Siberia: Biological features and practical application]. Novosibirsk: Nauka, 2001. 150 p.

7. Senatorova G. I. *Morfogenez myatlika lugovogo i ego ispol'zovanie v gazonnoy kul'ture*. [Morphogenesis of meadow bluegrass and its use in lawn culture]. Novosibirsk: Nauka, 1981. 87 p.

8. Laptsev A. A. *Gazony*. [Lawns]. Moscow: Naukova Dumka, 1983. 176 p.

9. Knyazeva T. P., Knyazeva D. V. *Gazony: monografiya*. [Lawns: a monograph]. Moscow: Veche, 2004. 176 p.

10. Shchannikova M. A., Yufereva N. I. *Travy i travosmesi dlya sozdaniya gazonov v Kirovskoy oblasti*. [Grasses and their mixtures for lawns in the Kirov region]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2015;(11):29-32. (In Russ.). URL: <http://elib.cnshe.ru/books/free/0364/364756/files/assets/basic-html/page-31.html#>

11. Seregin M. V. *Vybor sootnosheniya komponentov dlya poseva gazonov pri blagoustroystve pridorozhnykh territoriy*. [Choice of components ratio for lawns in roadside landscaping]. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2016;(1):30-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25657887>

12. Zubarev Yu. N., Subbotina Ya. V., Vyatkin A. V. *Ekspluatatsionnaya kharakteristika gazonnykh fitotsenozov iz zlakovykh trav otechestvennoy selektsii*. [Performance characteristics of lawn phytocoenosis from cereal grasses of domestic breeding]. *Permskiy agrarnyy vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2017;(3):65-70. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30009678>

13. Pakholkova T. L., Ganicheva V. V. *Biologo-khozyaystvennaya otsenka mnogoletnikh zlakovykh trav dlya sozdaniya gazonov v usloviyakh Severo-Zapada Evropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii*. [Biological-economic assessment of perennial cereal grasses for the creation of lawns in the conditions of the North-Western European part of the Russian Federation]. *Nauchnaya zhizn'*. 2016;(1):70-76. (In Russ.).

14. Ramenskiy L. G. *Izbrannye raboty. Problemy i metody izucheniya rastitel'nogo pokrova*. [Selected works. Problems and methods of studying the vegetation cover]. Leningrad: Nauka, 1971. 335 p.

Сведения об авторах

✉ **Тимошкин Олег Алексеевич**, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий, обособленное подразделение Пензенский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», д. 1Б, ул. Мичурина, р. п. Лунино, Пензенская обл., Российская Федерация, 442731, e-mail: info.pnz@fncl.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6928-7343>, e-mail: o.timoshkin.pnz@fncl.ru

Тимошкина Ольга Юрьевна, кандидат с.-х. наук, лаборант-исследователь лаборатории агротехнологий, обособленное подразделение Пензенский НИИСХ ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», д. 1Б, ул. Мичурина, р. п. Лунино, Пензенская обл., Российская Федерация, 442731, e-mail: info.pnz@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8069-9488>

Тимошук Елена Владимировна, соискатель научной степени, начальник участка озеленения, МАУ «Городские парки», д. 1/7, ул. Володарского, г. Дубна, Московская обл., Российская Федерация, 141983, e-mail: maugp@yandex.ru

Information about the authors

✉ **Oleg A. Timoshkin**, DSc in Agricultural Science, chief researcher, the Laboratory of Agricultural Technologies, separate subdivision of Penza Research Institute of Agriculture Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for BastFiber Crops, Michurin str., 1B, Lunino settlement, Penza region, Russian Federation, 442731, e-mail: info.pnz@fncl.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6928-7343>, e-mail: o.timoshkin.pnz@fncl.ru

Olga Yu. Timoshkina, PhD in Agricultural Science, laboratory assistant-researcher, the Laboratory of Agricultural Technologies, separate subdivision of Penza Research Institute of Agriculture Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center for Bast Fiber Crops, Michurin str., 1B, Lunino settlement, Penza region, Russian Federation, 442731, e-mail: info.pnz@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8069-9488>

Elena V. Tymoshchuk, applicant for a scientific degree, head of the landscaping department, Municipal Autonomous Institution "City Parks", 1/7, Volodarsky str., Dubna, Moscow region, Russian Federation, 141983, e-mail: maugp@yandex.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Особенности формирования полевого репозитория земляники садовой

© 2021. М. Т. Упадышев✉, Т. А. Тумаева, А. А. Борисова,
Н. В. Андропова, А. А. Петрова, Е. А. Туть

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», г. Москва, Российская Федерация

Для успешного функционирования селекционно-семеноводческого центра в области научно-практической работы с плодовыми ягодными культурами важной задачей является создание репозитория, в том числе в полевых условиях. Полевой репозиторий – банк генофонда растений, базирующийся в соответствии с международными стандартами на свободном от опасных патогенов, в том числе вирусов, посадочном материале, представляющем собой типичные проверенные на продуктивность растения. С целью сравнительного изучения перспективных сортов, гибридов и клонов-кандидатов в исходные растения на территории Федерального научного селекционно-технологического центра садоводства и питомниководства созданы полевой репозиторий и маточник клонов и сортов земляники садовой. В результате исследований в 2015-2020 гг. проведен отбор 386 высокоурожайных растений земляники садовой и их тестирование на основные вредоносные вирусы с применением диагностических наборов фирмы «Loewe» (Германия). Распространенность вредоносных вирусов мозаики резухи (ArMV), кольцевой пятнистости малины (RpRSV), черной кольцевой пятнистости томата (TBRV), латентной кольцевой пятнистости земляники (SLRSV), огуречной мозаики (CMV) в насаждениях земляники садовой зависела от области её возделывания, сортового состава насаждений и варьировала от 31 до 69 %. Установлено превалирование вирусов RpRSV (до 36 %), TBRV (до 31 %) и CMV (до 22 %). Показана высокая эффективность суховоздушной термотерапии для оздоровления земляники с выходом свободных от вирусов интактных растений 56 %. Сформирован генобанк «кандидатов в исходные растения» из 234 растений земляники садовой 39 сортов и гибридов, которые после подтверждения их статуса методом ПЦР будут переведены в категорию «исходное растение».

Ключевые слова: сорт, гибрид, *Fragaria ananassa* Duch., маточное насаждение, продуктивность, диагностика, распространенность вирусов, оздоровление, кандидаты в исходные растения

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства» (темы №0432-2021-0004, 0432-2021-0002).

Авторы благодарят научного сотрудника ФГБНУ ФНЦ Садоводства Ю. В. Афанасьеву и агронома О. З. Куликову за помощь в выполнении данной работы.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Упадышев М. Т., Тумаева Т. А., Борисова А. А., Андропова Н. В., Петрова А. А., Туть Е. А. Особенности формирования полевого репозитория земляники садовой. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):715-724. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.715-724>

Поступила: 28.05.2021

Принята к публикации: 30.08.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Features of the strawberry field repository formation

© 2021. Mikhail T. Upadyshev✉, Tatyana A. Tumaeva, Antonina A. Borisova,
Nataliya V. Andronova, Anna D. Petrova, Evgeniya A. Tut'

Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery,
Moscow, Russian Federation

For the successful functioning of a breeding and nursery center of scientific and practical work with fruit and small fruit crops, an important task is to create repositories, including those in the field. A field repository is a plant gene bank based in accordance with international standards on planting material that is free from dangerous pathogens, including viruses, representing tested for productivity typical plants. For the purpose of a comparative study of promising varieties, hybrids and clones-candidates for original plants, a field repository and mother plantation of strawberries clones and varieties have been created on the territory of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery. As a result of research in 2015-2020, 386 high-yielding strawberry plants were selected and tested for the main harmful viruses using diagnostic kits from "Loewe" firm (Germany). The prevalence of harmful *Arabidopsis mosaic virus* (ArMV), *Raspberry ringspot virus* (RpRSV), *Tomato black ring virus* (TBRV), *Strawberry latent ringspot virus* (SLRSV), *Cucumber mosaic virus* (CMV) in strawberry plantations depended on the area cultivation, varietal composition of plantings and ranged from 31 to 69 %. The prevalence of viruses RpRSV (up to 36 %), TBRV (up to 31 %) and CMV (up to 22 %) was established. The high efficiency of dry-air thermotherapy for the recovery of strawberries with the number of virus-free intact plants of 56 % has been shown.

A genebank of "candidates for original plants" has been formed from 234 strawberry plants of 39 varieties and hybrids, which, after confirming their status by PCR, will be transferred to the category of "original plants".

Keywords: variety, hybrid, *Fragaria ananassa* Duch., mother plantation, productivity, diagnostics, prevalence of viruses, sanitation, candidates for original plants

Acknowledgments: this work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal State Budgetary Scientific Institution «Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery» (themes No. 0432-2021-0004, 0432-2021-0002).

The authors are grateful to Yu. V. Afanasyeva and O. Z. Kulikova for their help in this work.

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

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

For citations: Upadyshev M. T., Tumaeva T. A., Borisova A. A., Andronova N. V., Petrova A. D., Tut' E. A. Features of the strawberry field repository formation *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):715-724. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.715-724>

Received: 28.05.2021

Accepted for publication: 30.08.2021

Published online: 27.10.2021

Земляника садовая (*Fragaria ananassa* Duch.) является ценной ягодной культурой, широко возделываемой во многих странах мира. По данным FAOSTAT за 2019 г, в Российской Федерации произведено 0,21 млн т плодов земляники. Однако, несмотря на наличие необходимых ресурсов (природно-климатические, наличие площадей, сортимент), Россия уступает по этому показателю ряду стран (Китай – 3,2 млн т, США – 1,0 млн т, Мексика – 0,86 млн т, Турция – 0,49 млн т, Египет – 0,46 млн т)¹.

Среди ягодных культур в России по занимаемым площадям земляника находится на первом месте (около 30 тыс. га), а в структуре многолетних насаждений составляет 7,7 % [1, 2]. По данным Минсельхоза России, в 2017 г. 47 % возделываемых сортов земляники садовой имели зарубежное происхождение (с долей 34 % к общему объему посадочного материала), отечественные сорта составляли всего 18 % (с долей 66 % к общему объему), 35 % – несортные посадки [2]. Поэтому актуальной проблемой является создание отечественных конкурентоспособных высокоурожайных и адаптивных сортов земляники [3].

Ежегодная потребность в рассаде земляники составляет 90 млн шт. (данные Минсельхоза России), с учетом рассад для закладки очередных полей питомника – 121 млн шт. [4]. При этом основное внимание необходимо уделять производству сертифицированной рассады земляники.

Схема получения сертифицированного посадочного материала² предусматривает отбор высокоурожайных растений, их тестиро-

вание на наличие регламентированных Национальным стандартом ГОСТ Р 53135-2008 «Посадочный материал плодовых, ягодных, субтропических, орехоплодных, цитрусовых культур и чая. Технические условия» вредных организмов, выделение исходных растений, получение от них базисных растений, размножение базисных растений с получением сертифицированного посадочного материала (до третьей репродукции).

Исследования в области мониторинга вирусных болезней, разработки современных и достоверных методов диагностики и высокоэффективных технологий получения сертифицированного посадочного материала находятся в русле мировых направлений сельскохозяйственной науки [5]. В настоящее время в условиях антропогенных систем распространенность и вредоносность вирусов вследствие появления новых штаммов и размножения нетестируемого посадочного материала в России, как правило, существенно возрастают [6, 7].

Землянику садовую поражают более 20 вирусных болезней. Из наиболее распространенных и вредоносных преобладают вирусы мозаики резухи, кольцевой пятнистости малины, латентной кольцевой пятнистости земляники, черной кольцевой пятнистости томата [8, 9]. В насаждениях земляники садовой вирусы распространяются с зараженным посадочным материалом, нематодами семейства *Longidoridae* (*Xiphinema diversicaudatum* – вектор ArMV и SLRSV, *Longidorus elongatus* – вектор RpRSV и TBRV, тлями (CMV) [8, 9, 10, 11]. Вирусы на землянике приводят к снижению урожая до 30 % и ухудшению качественных показателей [10, 12].

¹Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Официальный сайт Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC> (дата обращения 26.05.2021).

²Справочно: Сертифицированное растение ягодной культуры – вегетативное потомство базисного растения ягодной культуры, отвечающее требованиям сортовой и фитосанитарной чистоты, тестируемое на наличие наиболее вредоносных вирусов один раз в два года; предназначенное для закладки сертифицированного маточника ягодных культур (ГОСТ 34231-2017).

Фундаментальной основой стратегии борьбы с вирусными болезнями является внедрение научно обоснованной системы ведения питомниководства, разработанной в ФГБНУ ФНЦ Садоводства [13]. Её концепция предусматривает поиск свободных от вредоносных вирусов продуктивных экземпляров, в случае их отсутствия – применение специальных оздоровительных операций и получение здоровых клонов в условиях лаборатории; выведение и внедрение в производство иммунных и толерантных к вирусам сортов, а также соблюдение организационно-агротехнических мероприятий и борьба с переносчиками вирусов.

Поскольку многие вирусы на землянике передаются через семена, в процессе селекционной работы с целью получения новых сортов необходимо заготавливать пыльцу от свободных от вредоносных вирусов растений. Для этих целей создаются полевые репозитории – банки генофонда плодовых и ягодных растений, базирующиеся в соответствии с международными стандартами на свободном от опасных патогенов, в том числе вирусов, посадочном материале, представляющем собой типичные растения, проверенные на продуктивность и генетическую стабильность.

При диагностике растений иногда не удается выделить ни одного свободного от основных вредоносных вирусов экземпляра определённого помологического сорта. В таком случае проводится оздоровление растений, которое осуществляют методами суховоздушной термотерапии, культуры *in vitro*, хемотерапии, магнитотерапии и другими [7]. При этом актуальной проблемой является совершенствование известных методов оздоровления применительно к биологическим особенностям культуры и свойствам конкретных вирусов.

Цель исследований – отбор продуктивных, свободных от вредоносных вирусов сортов и гибридов земляники садовой селекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства для создания полевых репозиторияев.

Новизна проведенных исследований заключается в изучении особенностей распространения основных вредоносных вирусов на землянике садовой и оздоровления от них для получения свободных от вирусов растений и формирования полевого репозитория.

Материал и методы. Объектами исследований служили перспективные сорта и гибриды земляники садовой из коллекции ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Всего изучено

37 сортов и 2 гибрида земляники садовой. Приводим краткое описание основных перспективных сортов земляники.

Берегиня. Авторы: С. Д. Айтжанова, Н. В. Андропова. Сорт позднего срока созревания. В 2012 году включен в Госреестр селекционных достижений по Центральному (3) региону. Высокоурожайный, зимостойкий, с плотными, крупными и транспортабельными плодами, устойчив к грибным болезням листьев. В условиях повышенной влажности плоды могут поражаться серой гнилью (рис. 1).



*Рис. 1. Сорт Берегиня позднего срока созревания /
Fig. 1. Late ripening Bereginya strawberry variety*

Наше Подмосковье. Авторы: С. Д. Айтжанова, Н. В. Андропова. Сорт среднего срока созревания. В 2021 году включен в Госреестр селекционных достижений по Центральному (3) региону. Урожайность от 18 до 20 т/га при схеме посадки 1,2 x 0,25 м. Характеризуется высокой зимостойкостью и засухоустойчивостью. Устойчивость к пятнистостям листьев выше средней (рис. 2).



*Рис. 2. Сорт Наше Подмосковье среднего срока созревания /
Fig. 2. Medium ripening Nashe Podmoskovie strawberry variety*

Царица. Авторы: С. Д. Айтжанова, В. И. Андронов. Сорт среднего срока созревания. В 2009 году включён в Госреестр селекционных достижений по Центральному (3) региону. Высококачественные, крупные, транспортабельные плоды высоких вкусовых качеств (рис. 3).



Рис. 3. Сорт Царица среднего срока созревания /
Fig. 3. Medium ripening Tsaritsa strawberry variety

Кокинская Заря. Авторы: С. Д. Айтжанова, В. И. Андронов. Сорт раннего срока созревания. Плоды с высокими вкусовыми качествами, устойчив к грибным болезням листьев (рис. 4).



Рис. 4. Сорт Кокинская Заря раннего срока созревания /

Fig. 4. Early ripening Kokinskaya Zarya strawberry variety

Славутич. Авторы: С. Д. Айтжанова, В. И. Андронов. Сорт среднего срока созревания. В 2006 году включён в Госреестр селекционных достижений по Центральному (3) и Средневолжскому (7) регионам. Высокий уровень зимостойкости, ягоды с сильным ароматом. Вгоды с избыточным увлажнением листья поражаются белой пятнистостью (рис. 5).



Рис. 5. Сорт Славутич среднего срока созревания /
Fig. 5. Medium ripening Slavutich strawberry variety

Отбор продуктивных образцов на землянике садовой осуществляли в 2015-2020 гг. в коллекционных насаждениях ФГБНУ ФНЦ Садоводства. Методом иммуноферментного анализа (ИФА) 386 высокоурожайных растений протестированы на вирусы мозаики резухи (ArMV), кольцевой пятнистости малины (RpRSV), латентной кольцевой пятнистости земляники (SLRSV), черной кольцевой пятнистости томата (TBRV), огуречной мозаики (CMV).

Для тестирования применяли сэндвич-вариант ИФА по методике [14]. Для анализов использовали диагностические наборы фирмы «Loewe» (Германия). В качестве образцов использовали листья. Регистрацию результатов анализов проводили на планшетном фотометре «StatFax 2100» при длине волны 405 и 630 нм. Индекс зараженности определяли как отношение оптической плотности образца (A_o) к оптической плотности сероотрицательного контроля (A_k): при $A_o/A_k > 2,0$ образец считали зараженным вирусом, 1,60-1,99 – требующим дополнительной проверки на наличие вируса.

Проведено оздоровление 5 сортов земляники, растения которых были заражены вирусами. Оздоровление от основных вредоносных вирусов растений земляники садовой проводили с применением термокамеры ТКР-1 (рис. 6) для суховоздушной термотерапии по методике [14].



Рис. 6. Оздоровление растений земляники садовой от вирусов в условиях суховоздушной термокамеры ТКР-1 /

Fig. 6. Viruses sanitation of strawberry in a dry-air thermal chamber TKR-1

Закладку репозитория земляники садовой осуществляли по чистому пару со схемой посадки 0,9 м в междурядье и 0,25 м в ряду. Предполагаемый срок эксплуатации полевого репозитория земляники – 2 года. Для профилактики распространения вирусов переносчи-

ками в условиях полевого репозитория проводили химические обработки препаратами Фуфанон, КЭ и Актеллик, КЭ, в условиях теплицы – Фитоверм, КЭ, Вертимек, КЭ, Битоксибациллин, ТАБ в рекомендованных производителями нормах расхода. Культивацию междурядий в открытом грунте осуществляли с применением мотокультиватора.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе осуществляли отбор растений, обладающих наиболее выраженными отдельными

признаками или сочетающие несколько признаков на оптимальном уровне. Отбираемые генотипы отличались высокой зимостойкостью, продуктивностью, устойчивостью к основным болезням и вредителям. Затем растения тестировали на основные вредоносные вирусы.

Анализ распространенности вирусов на землянике садовой показал, что встречаемость вирусов и их видовой состав зависят от области её возделывания (табл. 1).

*Таблица 1 – Распространенность основных вредоносных вирусов (%) в коллекционных насаждениях земляники садовой ФГБНУ ФНЦ Садоводства /
Table 1 – The prevalence of the main harmful viruses (%) in the strawberries collection plantations of the Federal Research Center of Horticulture*

<i>Область / Region</i>	<i>Общая распространенность / General prevalence</i>	<i>ArMV</i>	<i>RpRSV</i>	<i>SLRSV</i>	<i>TBRV</i>
Брянская, Кокинский опорный пункт / Bryanskaya, Kokinskij opornyj punkt	31,2	10,8	10,2	6,1	11,5
Московская, ФГБНУ ФНЦ Садоводства / Moskovskaya, Federal Horticultural Research Center for Breeding	69,4	8,3	36,1	44,4	30,6

В коллекционных насаждениях земляники двух областей отмечены вирусы RpRSV, TBRV, ArMV и SLRSV. На коллекциях земляники в Брянской области распространенность всех изученных вирусов была ниже средней, причем на большинстве растений преобладала моноинфекция. В коллекционных насаждениях Московской области при низкой встречаемости вируса мозаики резухи распространенность остальных вредоносных вирусов варьировала от 30,6 до 44,4 %.

В условиях Центрального региона Российской Федерации установлена относительно высокая (22 %) распространенность вируса огуречной мозаики (CMV) на растениях земляники садовой. Ранее, 15 лет назад, на этой культуре в условиях Центрального региона данный вирус диагностировался у 1 % тест-образцов. За рубежом в последние годы появились единичные сообщения о выявлении вируса CMV на растениях земляники [15]. Считается, что вредоносность данного вируса для земляники является незначительной, однако с учетом полигостальности, резервации на широком круге сорных растений и возможности передачи тлями существует опасность его распространения на других ягодных культурах, например, смородине, на которой он проявляет более высокую вредоносность.

Если 50-60 лет назад на землянике преобладал вирус кольцевой пятнистости малины, то 10-20 лет назад преобладающими стали вирусы черной кольцевой пятнистости томата и латентной кольцевой пятнистости земляники [16]. Однако в последние годы доминирующее положение на землянике снова начал занимать вирус кольцевой пятнистости малины. Это может быть связано с экологической дивергенцией вирусов, обусловленной изменениями абиотических и биотических факторов, обновлением сортимента земляники.

Распространенность вирусов зависела от сортовых особенностей. Из проверенных сортов наиболее зараженным отмечен сорт Альфа с преобладанием вирусов TBRV и ArMV. Вирус ArMV выявлен у 24,3 % сортов, RpRSV – 16,2 %, SLRSV – 21,6 %, TBRV – у 32,4 % сортов. На сортах Барыня, Восторг (3-372-1), Induka и перспективном гибриде 3-434-5 вирусы не обнаружены. Можно предположить, что отсутствие вирусов на гибридах земляники связано с тем, что процент передачи неповирусов с семенами относительно невысок.

Высокая распространенность вирусов на коллекциях земляники в условиях Московской области связана, вероятно, с большой

долей (64 %, 23 из 36 сортов) сортов иностранной селекции в представленной для тестирования коллекции. Как показал анализ, распространенность вирусов на сортах земляники зарубежной селекции в среднем в 1,5 раза превышала аналогичный показатель на отечественных сортах. Это, возможно, связано с более широкой зоной распространения зарубежных сортов по разным странам и регионам, что создает определенные условия

для их инфицирования вирусами. Вместе с тем, известным фактом является то, что в Российскую Федерацию активно осуществляется завоз импортного посадочного материала низких категорий качества. Полученные результаты косвенно могут подтверждать данный факт.

В результате суховоздушной термотерапии земляники у 5 из 9 растений (55,6 %), прошедших термотерапию, через 1 год после обработки вирусы не были обнаружены (табл. 2).

Таблица 2 – Индекс зараженности вирусами растений земляники садовой до начала суховоздушной термотерапии и через 1 год после обработки /

Table 2 – Index of viruses infection of strawberry before the dry-air thermotherapy and 1 year after the treatment

Сорт / Variety	№ растения / Plant No.	ArMV		RpRSV		SLRSV		TBRV	
		до / before	через 1 год / 1 year after	до / before	через 1 год / 1 year after	до / before	через 1 год / 1 year after	до / before	через 1 год / 1 year after
Альфа / Alpha	140	2,8	1,0	1,2	1,0	1,0	1,0	2,2	1,0
	153	6,5	1,0	1,3	1,0	1,0	1,4	3,8	1,0
Кокинская Заря / Kokinskaya Zarya	274	2,3	1,3	1,0	1,1	1,0	1,6	1,4	1,6
	283	2,4	1,0	1,2	1,4	1,3	1,0	2,0	1,0
Любава / Lyubava	189	1,4	1,0	1,1	1,1	1,1	1,0	2,4	1,0
	193	2,2	1,3	1,3	1,1	1,2	1,4	2,0	2,4
Наше Подмосковье / NashePodmoskovie	256	1,9	1,0	1,1	1,6	1,0	1,3	1,6	1,0
	261	1,9	1,0	1,1	1,1	1,0	1,6	1,6	2,2
Студенческая / Studencheskaya	319	1,5	1,2	1,9	1,0	1,2	1,5	2,1	1,1

Растения земляники в 2021 г. будут подвергнуты дополнительному тестированию для подтверждения их вирусологического статуса. Обычно считается, что после термотерапии для освобождения от вирусов (особенно термостабильных) необходимо изолировать меристематические верхушки с высадкой на питательные среды. Поэтому феномен освобождения от вирусов интактных растений в условиях суховоздушной термотерапии в случае его подтверждения в дальнейших исследованиях может иметь важное практическое значение в связи со снижением себестоимости оздоровленных растений и уменьшением времени на оздоровление.

В 2019 г. проводили первое тестирование растений земляники, в 2020 г. – ретестирование растений, оказавшихся свободными от вирусов в 2019 году. На большинстве сортов земляники по результатам ИФА подтвержден их безвирусный статус (табл. 3).

В результате тестирования выделено 234 свободных от вредоносных вирусов растений земляники садовой 37 сортов и 2 гибридов. Потомство этих растений размножено в условиях теплицы (рис. 7).



Рис. 7. Растения земляники садовой, полученные в условиях теплицы, для последующей закладки полевого репозитория и маточника /

Fig. 7. Strawberry plants obtained in a greenhouse for the subsequent establishment of a field repository and mother plantation

Таблица 3 – Выход свободных от вирусов кандидатов в исходные растения земляники садовой в процессе их выделения по годам исследований, % /

Table 3 – Number of virus-free candidates for the strawberry original plants in the process of their isolation by years of research, %

<i>Сорт / Variety</i>	<i>Число свободных от вирусов растений / Number of virus-free plants</i>	
	<i>2019 г.</i>	<i>2020 г.</i>
Альфа / Alpha	52,4	100,0
Берегиня / Bereginya	70,0	100,0
Витязь / Vityaz'	80,0	100,0
Восторг (3-372-1) / Vostorg (3-372-1)	100,0	100,0
Гибрид 3-434-5 / Hybrid 3-434-5	100,0	100,0
Индука / Induka	100,0	100,0
Кокинская Заря / Kokinskaya Zarya	68,0	100,0
Купчиха / Kupchiha	85,7	100,0
Любава / Lyubava	62,0	100,0
Наше Подмосковье / NashePodmoskovie	71,4	85,7
Росинка / Rosinka	71,4	100,0
Рубиновый Кулон / Rubinovuj Kulon	66,7	100,0
Славутич / Slavutich	62,0	66,7
Сударушка / Sudarushka	50,0	50,0
Царица / Tsaritsa	66,7	100,0

Выделенные продуктивные и протести-
рованные методом ИФА растения земляники
садовой, высаженные в сентябре 2020 г.
в полевой репозиторий, характеризовались
различной адаптивностью к условиям зимы
2020-2021 гг. в условиях Московской области.
Из 39 сортов и гибридов земляники 19 харак-
теризовались 90-100%-ой сохранностью после
зимы 2020-2021 гг., 9 сортов – 70-89%-ой,
остальные 11 сортов – 50-69%-ой.

На территории ФГБНУ ФНЦ Садовод-
ства созданы полевой репозиторий, маточник
клонов и сортов земляники садовой, позволя-
ющие осуществлять комплексные генетиче-
ские, селекционные и технологические иссле-
дования в соответствии с мировым уровнем.
При наличии исходных растений перспектив-
ных сортов и гибридов можно в сжатые сроки
их размножить и использовать для закладки
промышленных насаждений и в селекционном
процессе.

Выводы. 1. Отобраны высокоурожайные
и адаптивные растения 39 сортов и гибридов
земляники.

2. Изучены особенности распростра-
нения вирусов в коллекционных насаждениях
земляники в зависимости от области культи-
вирования и сортового состава. Общая распро-
страненность вирусов варьировала от 31,2 до
69,4 %. Выявлено превалирование вирусов
огуречной мозаики, кольцевой пятнистости
малины и черной кольцевой пятнистости томата.

3. Установлена высокая эффективность
суховоздушной термотерапии для оздоровле-
ния земляники от неповирусов с выходом
свободных от вирусов интактных растений
до 55,6 %.

4. Сформирован генобанк «кандидатов
в исходные растения» из 234 растений земля-
ники садовой, которые после подтверждения
их фитосанитарного статуса методом ПЦР будут
переведены в категорию «исходное растение».

5. На территории ФГБНУ ФНЦ Садовод-
ства созданы полевой репозиторий, маточник
клонов и сортов земляники садовой.

6. Из 39 сортов и гибридов земляники
19 характеризовались 90-100%-ой сохранно-
стью после зимы 2020-2021 гг., 9 сортов –
70-89%-ой, 11 сортов – 50-69%-ой.

Список литературы

1. Куликов И. М., Айтжанова С. Д., Андропова Н. В., Борисова А. А., Тумаева Т. А. Модель промышленного сорта земляники садовой для условий средней полосы России. Садоводство и виноградарство. 2020;(3):5-10. DOI: <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-3-5-10>
2. Федоренко В. Ф., Мишуров Н. П., Кондратьева О. В., Федоров А. Д., Слин'ко О. В. Анализ состояния и перспективные направления развития питомниководства и садоводства: научный аналитический обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 88 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41204680>
3. Марченко Л. А. Земляника садовая: оценка отечественного сортимента и направления селекции. Аграрный вестник Урала. 2020;(12(203)):50-60. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-203-12-50-60>
4. Куликов И. М., Воробьев В. Ф., Хроменко В. В., Коновалов С. Н., Кадыкало Г. И., Павлова А. Ю., Джура Н. Ю., Лисина А. В., Селиванов В. Г. Основные направления инновационного развития садоводства и питомниководства в России. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. 132 с.
5. Роберто Зиза. Итальянская система сертификации. Добровольная генетическая и фитосанитарная сертификация плодовых культур. Садоводство и виноградарство. 2018;(2):49-53. DOI: <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.2.12307>
6. Упадышев М. Т. Роль вирусологии в получении сертифицированного посадочного материала плодовых и ягодных культур. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2008;(11):62-66. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11917468>
7. Упадышев М. Т., Куликов И. М., Петрова А. Д., Метлицкая К. В., Донецких В. И. Современные методы оздоровления плодовых и ягодных культур от вредоносных вирусов: монография. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2019. 168 с.
8. Bragard C., Caciagli P., Lemaire O., Lopez-Moya J. J., MacFarlane S., Peters D., Susi P., Torrance L. Status and prospects of plant virus control through interference with vector transmission. Annual Review of Phytopathology. 2013;51:177-201. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102346>
9. Dara S. K. Virus decline of strawberry in California and the role of insect vectors and associated viruses. Plant Health Progress. 2015;16(4):211-215. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-MR-15-0023>
10. Martin R. R., Tzanetakakis I. E. Characterization and recent advances in detection of strawberry viruses. Plant Disease. 2006;90(4):384-396. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-90-0384>
11. Conci V. C., Luciani C. E., Celli M. G. Advances in characterization and epidemiology of strawberry viruses and phytoplasmas in Argentina. Acta Horticulturae. 2017;(1156):801-809. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.118>
12. Tzanetakakis I. E., Martin R. R. Expanding field of strawberry viruses which are important in North America. International Journal of Fruit Science. 2013;13(1-2):184-195. DOI: <https://doi.org/10.1080/15538362.2012.698164>
13. Куликов И. М., Завражнов А. И., Упадышев М. Т., Борисова А. А., Тумаева Т. А. Научно-методические основы промышленной агротехнологии производства сертифицированного посадочного материала плодовых и ягодных культур в Российской Федерации. Садоводство и виноградарство. 2018;(1):30-35. DOI: <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.1.10500>
14. Упадышев М. Т., Метлицкая К. В., Донецких В. И., Борисова А. А., Селиванов В. Г., Пискунов О. А., Юдина С. Н. Технология получения оздоровленного от вирусов посадочного материала плодовых и ягодных культур: методические указания. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2013. 92 с.
15. Chen L., Shang Q. X., Chen X. Y., Xing D. M., Yang R., Han C. G., Ran C., Wei Y. M., Zhao X. Y., Liu Z. P. First report on the occurrence of Cucumber mosaic virus on *Fragaria ananassa* in China. Plant Disease. 2014;98(7):1015. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-13-1173-PDN>
16. Белошопкина О. О. Биологические и технологические основы оздоровления посадочного материала земляники от вирусов. М.: Изд-во МСХА, 2005. 162 с.

References

1. Kulikov I. M., Aytzhanova S. D., Andronova N. V., Borisova A. A., Tumaeva T. A. *Model' promyshlennogo sorta zemlyaniki sadovoy dlya usloviy sredney polosy Rossii*. [A model of a commercial strawberry variety for the conditions of central Russia]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo* = Horticulture and viticulture. 2020;(3):5-10. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31676/0235-2591-2020-3-5-10>
2. Fedorenko V. F., Mishurov N. P., Kondrat'eva O. V., Fedorov A. D., Slin'ko O. V. *Analiz sostoyaniya i perspektivnye napravleniya razvitiya pitomnikovodstva i sadovodstva: nauchnyy analiticheskiy obzor*. [Analysis of the state and perspective directions of development of nursery and horticulture]. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 88 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41204680>
3. Marchenko L. A. *Zemlyanika sadovaya: otsenka otechestvennogo sortimenta i napravleniya seleksii*. [Strawberry: evolution of the domestic assortment and direction of selection]. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2020;(12(203)):50-60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-203-12-50-60>

4. Kulikov I. M., Vorob'ev V. F., Khromenko V. V., Konovalov S. N., Kadykalo G. I., Pavlova A. Yu., Dzhura N. Yu., Lisina A. V., Selivanov V. G. *Osnovnye napravleniya innovatsionnogo razvitiya sadovodstva i pitomnikovodstva v Rossii*. [The main directions of innovative development of gardening and nursery growing in Russia]. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2017. 132 p.
5. Roberto Ziza. *Ital'yanskaya sistema sertifikatsii. Dobrovol'naya geneticheskaya i fitosanitarnaya sertifikatsiya plodovykh kul'tur*. [Italian certification system. Voluntary genetic and phytosanitary certification for fruit species]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*. 2018;(2):49-53. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.2.12307>
6. Upadyshev M. T. *Rol' virusologii v poluchenii sertifikirovannogo posadochnogo materiala plodovykh i yagodnykh kul'tur*. [The role of virology in obtaining certified planting material for fruit and berry crops]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2008;(11):62-66. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11917468>
7. Upadyshev M. T., Kulikov I. M., Petrova A. D., Metlitskaya K. V., Donetskikh V. I. *Sovremennye metody ozdorovleniya plodovykh i yagodnykh kul'tur ot vredonosnykh virusov: monografiya*. [Modern methods of healing fruit and berry crops from harmful viruses: monograph]. Moscow: FGBNU VSTISP, 2019. 168 p.
8. Bragard C., Caciagli P., Lemaire O., Lopez-Moya J. J., MacFarlane S., Peters D., Susi P., Torrance L. Status and prospects of plant virus control through interference with vector transmission. *Annual Review of Phytopathology*. 2013;51:177-201. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102346>
9. Dara S. K. Virus decline of strawberry in California and the role of insect vectors and associated viruses. *Plant Health Progress*. 2015;16(4):211-215. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHP-MR-15-0023>
10. Martin R. R., Tzanetakis I. E. Characterization and recent advances in detection of strawberry viruses. *Plant Disease*. 2006;90(4):384-396. DOI: <https://doi.org/10.1094/PD-90-0384>
11. Conci V. C., Luciani C. E., Celli M. G. Advances in characterization and epidemiology of strawberry viruses and phytoplasmas in Argentina. *Acta Horticulturae*. 2017;(1156):801-809. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1156.118>
12. Tzanetakis I. E., Martin R. R. Expanding field of strawberry viruses which are important in North America. *International Journal of Fruit Science*. 2013;13(1-2):184-195. DOI: <https://doi.org/10.1080/15538362.2012.698164>
13. Kulikov I. M., Zavrazhnov A. I., Upadyshev M. T., Borisova A. A., Tumaeva T. A. *Nauchno-metodicheskie osnovy industrial'noy agrotekhnologii proizvodstva sertifikirovannogo posadochnogo materiala plodovykh i yagodnykh kul'tur v Rossiyskoy Federatsii*. [Scientific and methodological foundations of industrial agrotechnology for the production of certified planting stock of fruit and small fruit crops in the Russian Federation]. *Sadovodstvo i vinogradarstvo = Horticulture and viticulture*. 2018;(1):30-35. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25556/VSTISP.2018.1.10500>
14. Upadyshev M. T., Metlitskaya K. V., Donetskikh V. I., Borisova A. A., Selivanov V. G., Piskunov O. A., Yudina S. N. *Tekhnologiya polucheniya ozdorovlennogo ot virusov posadochnogo materiala plodovykh i yagodnykh kul'tur: metodicheskie ukazaniya*. [The technology of obtaining planting material of fruit and berry crops healed from viruses: method. guidelines]. Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2013. 92 p.
15. Chen L., Shang Q. X., Chen X. Y., Xing D. M., Yang R., Han C. G., Ran C., Wei Y. M., Zhao X. Y., Liu Z. P. First report on the occurrence of Cucumber mosaic viruson *Fragaria ananassa* in China. *Plant Disease*. 2014;98(7):1015. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-13-1173-PDN>
16. Beloshapkina O. O. *Biologicheskie i tekhnologicheskie osnovy ozdorovleniya posadochnogo materiala zemlyaniki ot virusov*. [Biological and technological bases for the recovery of strawberry planting material from viruses]. Moscow: *Izd-vo MSKhA*, 2005. 162 p.

Сведения об авторах

✉ Упадышев Михаил Тарьевич, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, лаборатория вирусологии, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1069-3771>, e-mail: virlabor@mail.ru

Тумаева Татьяна Александровна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, заместитель директора по научной работе, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9256-0798>

Борисова Антонина Александровна, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник, отдел агротехнологий, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org,
ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3849-8567>

Андропова Наталья Васильевна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Кокинский опорный пункт ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», п. Кокино, Выгоничский район, Брянская обл., Российская Федерация, 243365,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7766-5524>

Петрова Анна Дмитриевна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, лаборатория вирусологии, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4811-4280>

Туть Евгения Александровна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, лаборатория вирусологии, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7127-391X>

Information about the authors

✉ **Mikhail T. Upadyshev**, DSc in Agricultural Science, chief researcher, Laboratory of Virology, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, st. Zagoryevskaya 4, Moscow, Russian Federation, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0003-1069-3771>, e-mail: virlabor@mail.ru

Tatyana A. Tumaeva, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Deputy Director for Research, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, st. Zagorievskaya, 4, Moscow, Russian Federation, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-9256-0798>

Antonina A. Borisova, DSc in Agricultural Science, chief researcher, Department of Agrotechnology, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, st. Zagorievskaya, 4, Moscow, Russian Federation, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-3849-8567>

Natalya V. Andronova, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Kokinsky opornypunkt, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Kokino settlement, Vygonichny District, Bryansk Region, Russian Federation, 243365, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-7766-5524>

Anna D. Petrova, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Laboratory of Virology, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, st. Zagorievskaya, 4, Moscow, Russian Federation, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0002-4811-4280>

Evgenia A. Tut', PhD in Agricultural Science, senior researcher, Laboratory of Virology, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, st. Zagorievskaya, 4, Moscow, Russian Federation, 142718, e-mail: vstisp@vstisp.org, **ORCID:** <http://orcid.org/0000-0001-7127-391X>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Новый исходный материал для совершенствования сортимента малины в Центральном регионе России

© 2021. М. А. Подгаецкий ✉, С. Н. Евдокименко

ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», г. Москва, Российская Федерация

Цель исследований – поиск новых источников основных хозяйственно ценных признаков для дальнейшей селекции малины. Изучено 19 ранее созданных отборных форм по компонентам зимостойкости в контролируемых условиях, устойчивости к основным грибным заболеваниям, компонентам продуктивности, прочности и биохимическому составу плодов. В качестве контроля выступал районированный сорт Гусар. Работа проводилась в 2018-2020 гг. согласно общепринятым методикам. Искусственное промораживание стеблей малины проводили в климатической камере ТН-6 JEIO TECH. По результатам исследований выделены отборные формы 8-10x-1, 6-125-4, обладающие повышенной устойчивостью к отдельным компонентам зимостойкости. Совокупной устойчивостью к зимним повреждающим факторам обладали гибриды 2-115-1 и 1-188-1. По комплексной устойчивости гибридов малины к основным грибным заболеваниям выделены новые источники: формы 1-124-1, 2-115-1, 2-115-2, 1-111-21, 1-8-2, 2-35-1, 2-90-3, 6-125-4, 3-4-2, 8-10x-1, 4-33-21 и 4-122-2. Степень их поражения не оказывала значительного влияния на зимостойкость, продуктивность и качество ягод. По результатам изучения компонентов продуктивности малины были выделены отборные формы (1-111-21, 2-90-2 и 2-90-3), формирующие плоды средней массой более 4,0 г, и генотипы с крупными и одномерными плодами (1-176-21, 2-35-1, 4-33-21, 1-124-1), не мельчающими от сбора к сбору. Наибольшей потенциальной продуктивностью отмечены отборы 2-115-1, 1-111-21, 1-188-1, 4-46-2, 2-90-2 и 2-90-3, способные формировать урожай более 1,3 кг с куста. Повышенной прочностью плодов отличались отборы 1-124-1, 2-90-2 и 2-90-3. Они образуют плоды с усилием раздавливания, превышающим 5,0 Н, что обеспечивает сохранность целостности и транспортабельность при ручном сборе. По содержанию биологически активных веществ не выявлено комплексных источников повышенного их накопления. Отобраны генотипы с высоким содержанием отдельных биохимических веществ. Наибольшим накоплением растворимых сухих веществ и сахаров отмечены отборы 2-90-3, 18-11-4 и 2-115-1, витамина С – 6-125-4 (59,8 мг/100 г) и 2-90-3 (61,5 мг/100 г). В качестве новых источников в селекции на повышение вкусовых характеристик малины необходимо использовать отборные формы 2-90-2, 2-115-1 и 6-125-4, приближающиеся по вкусу к сорту-эталону Новость Кузьмина. Новыми источниками в селекции малины, объединяющими комплекс хозяйственно ценных признаков на высоком уровне, являются отборные формы 2-90-2, 2-90-3 и 2-115-1.

Ключевые слова: отборная форма, зимостойкость, грибные болезни, крупноплодность, продуктивность, прочность плодов, биохимический состав, вкус

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ ФНЦ Садоводства (тема №1. 0432-2021-0001).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад экспертную оценку данной работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Подгаецкий М. А., Евдокименко С. Н. Новый исходный материал для совершенствования сортимента малины в Центральном регионе России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(5):725-734. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.725-734>

Поступила: 28.05.2021

Принята к публикации: 27.09.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

New source material for improving raspberry assortment in the Central region of Russia

© 2021. Maxim A. Podgaetskiy ✉, Sergey N. Evdokimenko

Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russian Federation

The aim of the research is to search new sources of the main economically valuable traits for further breeding of raspberry. Nineteen previously created selected forms were studied for winter resistance components under controlled conditions, for resistance to major fungal diseases, productivity components, strength and biochemical composition of fruits. The zoned Gusar variety was used as the control. The work was carried out in 2018-2020 according to generally accepted techniques. Artificial freezing of raspberry stems was carried out in the climate chamber TH-6 JEIO TECH. According to the results of the studies, selected forms 8-10x-1, 6-125-4, which have an increased resistance to certain components of winter resistance, have been identified. Hybrids 2-115-1 and 1-188-1 have cumulative resistance to winter damage factors. Based on the integrated resistance of raspberry hybrids to the main fungal diseases, new sources have been revealed: forms 1-124-1, 2-115-1, 2-115-2, 1-111-21, 1-8-2, 2-35-1, 2-90-3, 6-125-4, 3-4-2, 8-10x-1, 4-33-21 and 4-122-2. The degree of their damage did not have a significant influence on winter hardiness, productivity and quality of berries. As the result of study of compo-

nents of the raspberry productivity, selected forms (1-111-21, 2-90-2 and 2-90-3), forming fruits with an average weight of more than 4.0 g, and genotypes with large and one-dimensional fruits (1-176-21, 2-35-1, 4-33-21, 1-124-1) not growing smaller from picking to picking were identified. The highest potential productivity was noted for selections 2-115-1, 1-111-21, 1-188-1, 4-46-2, 2-90-2 and 2-90-3, capable to form a yield of more than 1.3 kg per bush. The selections 1-124-1, 2-90-2 and 2-90-3 are distinguished by an increased strength of the fruits. They form fruits with a crushing force exceeding 5.0 N, which ensures the safety of integrity and transportability when manually harvested. No complex sources of increased accumulation of biologically active substances have been identified. Genotypes with a high content of individual biochemical substances were selected. The highest accumulation of soluble solids and sugars was noted in the samples 2-90-3, 18-11-4 and 2-115-1. Highest accumulation of the vitamin C was observed in the samples 6-125-4 (59.8 mg/100 g) and 2-90-3 (61.5 mg/100 g). As new sources in breeding to improve the taste characteristics of raspberry, it is necessary to use selected forms 2-90-2, 2-115-1 and 6-125-4, approaching in taste to the standard variety Novost Kuzmina. Selected forms 2-90-2, 2-90-3 and 2-115-1 are new sources in raspberry breeding, combining a complex of economically valuable traits at a high level.

Keywords: *selected form, winter hardiness, fungal diseases, large-fruited, productivity, fruit strength, biochemical composition, taste*

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 Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery (theme No. 1. 0432-2021-0001).

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

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

For citations: Podgaetskiy M. A., Evdokimenko S. N. New source material for improving raspberry assortment in the Central region of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):725-734. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.725-734>

Received: 28.05.2021

Accepted for publication: 27.09.2021

Published online: 27.10.2021

В последние годы наблюдается повышенный спрос на ягоды малины, цена на которые превышает смородину черную, смородину красную и землянику. Это связано, в первую очередь, с высокими вкусовыми и питательными свойствами плодов, а также богатым содержанием БАВ, лечебными и профилактическими свойствами [1]. По данным FAOSTAT, в период с 2017 по 2019 год рост валового сбора ягод малины в России составил более чем 40 тысяч тонн¹. За это же время импорт свежих ягод увеличился с 11,5 до 15,5 тыс. тонн². Для удовлетворения спроса на свежие плоды малины необходимо увеличение промышленного ее производства. При этом не следует противопоставлять сортам с летним сроком плодоношения ремонтантные. При соответствующем подборе сортов малины от ранних летних до поздних ремонтантных можно создать непрерывный конвейер поступления ягод в течение 3,5-4 месяцев [2].

Несмотря на большое количество сортов малины, созданных к настоящему времени отечественными и зарубежными селекционерами, в промышленном производстве используется ограниченное их число. В Великобритании в производственных посадках домини-

руют сорта Glen Ample, Tulameen и Octavia, в Сербии 90 % общего объема производства плодов малины обеспечивает североамериканский сорт Willamette, в Испании – шотландский сорт Glen Lyon [3, 4]. Ряд этих сортов занимают довольно большие площади в южных регионах и нашей страны.

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию на 2021 год, входит 67 сортов летней малины. За последние 20 лет в реестр включены 28 сортов, а по Центральному региону лишь 5 сортов, самые последние из которых (Озарение и Беглянка) зарегистрированы в 2009 году³. Из существующего отечественного сортимента лишь немногие сорта (Бальзам, Гусар, Метеор, Пересвет и др.) пригодны для технологий промышленного возделывания [5]. Но необходимо отметить, что все эти сорта созданы в конце прошлого века, они «морально устарели» и не отвечают современным требованиям. Для повышения рентабельности производства, снижения затрат нужны современные, адаптированные, урожайные сорта с высокими технологическими и товарно-потребительскими качествами [6].

¹FAOSTAT. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC> (дата обращения: 07.04.2021).

²Федеральная таможенная служба. [Электронный ресурс]. URL: <https://customs.gov.ru/statistic> (дата обращения: 07.04.2021).

³Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. «Сорта растений» (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. 719 с.

В настоящее время в России активная селекционная работа с малиной ведётся в ФГБНУ ФНЦ Садоводства, где создано более 20 сортов с летним типом плодоношения, из которых 13 включено в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию и 3 сорта (Лавина, Улыбка и Иван Купала) проходят государственное сортоиспытание. В последние годы получен ряд новых отборных форм с высоким проявлением хозяйственно полезных признаков. Эти генотипы стали объектом наших исследований.

Цель исследований – изучение отборных форм малины по уровню зимостойкости в контролируемых условиях, устойчивости к основным грибным заболеваниям, по продуктивности и составляющим ее компонентам, прочности и биохимическому составу плодов для выявления новых источников основных хозяйственно ценных признаков для дальнейшей селекции малины.

Материал и методы. Исследования проводили на участке первичного сортоизучения Кокинского опорного пункта ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Брянская область) в 2018-2020 гг. Объектами исследований служили 19 отборных форм малины, выделенные из гибридного потомства ряда комбинаций скрещиваний, а также из популяций от свободного опыления (табл. 1). В качестве контроля выступал сорт Гусар, включенный в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию.

Оценку отборов по основным хозяйственно ценным признакам проводили в соответствии с общепринятой методикой⁴. Искусственное промораживание стеблей малины (по II, III и IV компонентам зимостойкости) проводили в отделе генетики и селекции садовых культур ФГБНУ ФНЦ Садоводства (г. Москва) в климатической камере ТН-6 JEIO ТЕСН по методике М. М. Тюриной, Г. А. Гоголевой и др.⁵. Биохимический анализ выполняли в испытательной лаборатории Центра коллективного пользования приборным и научным оборудованием Брянского ГАУ. Для проведения анализа плоды снимали в фазе полной зрелости.

Химический состав ягод малины определяли общепринятыми в биохимии плодов методами: растворимые сухие вещества – рефрактометрически (рефрактометр Master-α); сахара – методом Бертрана; титруемых кислот – потенциометрическим титрованием исследуемого раствора до pH 8,1 раствором гидроксида натрия (NaOH) = 0,1 моль/дм³; аскорбиновой кислоты (витамина С) – методом титрования раствором 2,6-дихлорфенолиндофенолята натрия (краска Тильманса) до установления светло-розовой окраски⁶. Статистическую обработку результатов исследований проводили с помощью надстройки AgCStat к программе Microsoft Excel.

**Таблица 1 – Объекты исследований /
Table 1 – Objects for research**

<i>Отборная форма / Selected form</i>	<i>Происхождение / Genesis</i>
1-124-1	8-4-2 x 2-8-3
2-115-1	7-4-1 x 2-8-2
2-115-2	
1-111-21	1-4-2 x 2-8-3
1-188-1	Малаховка x Божественная / Malakhovka x Bozhestvennaya
1-8-2	2-12-1 x Феномен / 2-12-1 x Fenomen
4-46-2	Glen Moy св. оп. / Glen Moy open pollination
2-35-1	Cowichan св. оп. / Cowichan open pollination
8-6-3	Таруса св. оп. / Tarusa open pollination
18-11-4	6-12-2 св. оп. / 6-12-2 open pollination
1-176-21	Golden Queen св. оп. / Golden Queen open pollination
2-90-2	6-12-2 x 8-6-3
2-90-3	
6-125-4	Улыбка x Гусар / Ulybka x Gusar
6-125-3	
3-4-2	Гусар x Лавина / Gusar x Lavina
8-10x-1	RA13048 x RA14007
4-33-21	2-115-1 св. оп. / 2-115-1 open pollination
4-122-2	4-8-1 x Бригантина / 4-8-1 x Brigantina

⁴Казаков И. В., Грюнер Л. А., Кичина В. В. Малина, ежевика и их гибриды. В книге: Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Орёл, 1999. С.184-185.

⁵Тюрина М. М., Гоголева Г. А., Ефимова Н. В. и др. Определение устойчивости плодовых и ягодных культур к стрессорам холодного времени года в полевых и контролируемых условиях: методические указания. М., 2002. 120 с.

⁶Ермаков А. И. Воскресенская В. В. Методические указания по определению химических веществ для оценки качества урожая овощных и плодовых культур: Л.: ВИР, 1979. 101 с.

Агрометеорологические условия в годы исследований были контрастными. В 2018 году отмечалось сильное переувлажнение, что способствовало значительному развитию патогенов как на генеративных органах, так и на ягодах, что снижало урожайность и, впоследствии, зимостойкость растений.

Сезон 2019 года отличался значительными колебаниями температур. В весенние месяцы температура превышала среднесуточные значения более чем на 1 °С. Во время созревания (I декада июля) она снизилась более чем на 3 °С. Такой стресс послужил некоторому снижению крупноплодности и продуктивности малины.

Оптимальным для формирования урожая малины сложился 2020 год. Среднесуточная температура и режим влагообеспечения были в пределах нормы. В этот сезон отмечены высокие показатели по продуктивности и качественным показателям ягод малины.

Результаты и их обсуждение. Одним из препятствий, ограничивающих распространение сортов малины с плодоношением

на двухлетних стеблях, является их низкая зимостойкость. Для ускоренной оценки селекционного материала плодовых и ягодных культур по устойчивости к морозам и выявления уровня зимостойкости отдельных её компонентов хорошо зарекомендовал метод искусственного промораживания вегетативных частей растений в контролируемых условиях [7].

Первый компонент зимостойкости (-20 °С в начале зимы) для малины в средней полосе России не актуален, поскольку в период глубокого покоя ткани и органы растений устойчивы к таким температурным стрессам. В связи с этим мы в своей работе I компонент зимостойкости не изучали [8]. Промораживание стеблей малины, прошедших закалку, при -35 °С в середине зимы (II компонент) показало, что большинство изученных отборных форм имело существенные, хотя и обратимые, повреждения почек (2,0-2,6 балла) и уступало по этому показателю контрольному сорту Гусар (рис. 1). Небольшое подмерзание почек (1,0-1,2 балла) отмечалось лишь у двух отборных форм (1-188-1 и 2-115-1).

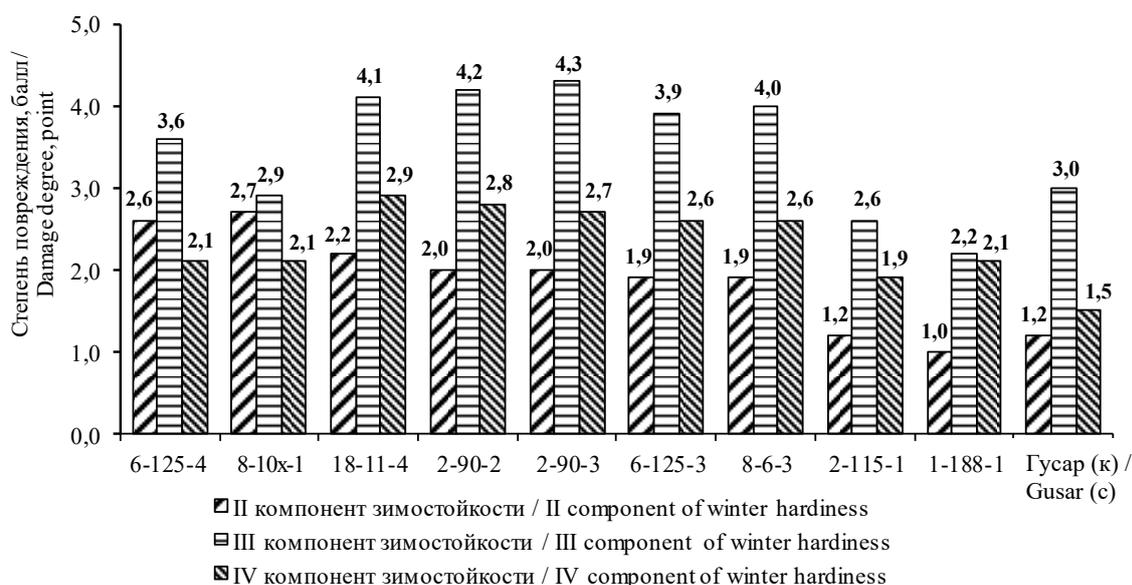


Рис. 1. Повреждения почек отборных форм малины при искусственном промораживании / Fig. 1. Buds damage of raspberry selected forms during artificial freezing

По результатам искусственного промораживания установлено, что почки малины наиболее уязвимы к III компоненту зимостойкости. Именно провокационные оттепели в конце января-феврале и последующее снижение температуры чаще всего являются причиной плохой перезимовки надземной системы малины. Максимальное повреждение почек у всех генотипов наблюдалось при -22 °С после 5-дневной оттепели +5 °С. В таких усло-

виях у шести отборов (6-125-4, 6-125-3, 8-6-3, 18-11-4, 2-90-2, 2-90-3) отмечались необратимые подмерзания почек до 3,6-4,2 балла. Вместе с тем, среди изученных форм выделены три генотипа (8-10x-1, 2-115-1 и 1-188-1), имевших достаточно серьезные повреждения 2,2-2,9 балла, но способные к восстановлению.

Моделирование условий IV компонента зимостойкости (оттепель +5 °С в течение 5 дней, затем закалка при -5 и -10 °С по трое

суток, промораживание при -27 °С в конце февраля) показало, что изучаемые отборные формы характеризовались достаточно серьезным подмерзанием почек (1,9-2,9 балла), однако оно не было летальным. Лучшими по устойчивости к IV компоненту зимостойкости выделились отборы 6-125-4, 8-10х-1, 1-188-1 и 2-115-1, имевшие повреждения 1,9-2,1 балла, но уступающие контрольному сорту Гусар.

Комплексную устойчивость ко всем изученным компонентам зимостойкости проявили две отборные формы малины 2-115-1 и 1-188-1. В жестких моделируемых условиях они имели относительно небольшие подмерзания почек, после которых способны формировать урожай.

Серьезным фактором, сдерживающим продуктивность малины и снижающим качество ягод, являются грибные заболевания, наиболее распространенные из которых дидимелла, или пурпуровая пятнистость (*Didymella applanata*), антракноз (*Gloeosporium venetum*) и септориоз (*Leptosphaeria coniothyrium*). Применение химических средств защиты растений дает быстрый эффект в борьбе с патогенами. Однако использование их связано с загрязнением окружающей среды [9]. Безопасным

методом борьбы с вредителями и болезнями является создание сортов с комплексной устойчивостью к грибным болезням. Это длительный, но весьма эффективный метод, позволяющий ограничиться в применении химических средств защиты.

Наиболее благоприятными условиями для развития грибных заболеваний характеризовался 2018 год. Активному их распространению способствовали оптимальное сочетание температурного режима и повышенного увлажнения. Гидротермический коэффициент в июле составил 2,7.

Наименьшее поражение патогенами у всех генотипов отмечено в 2019 и 2020 годах. Суммарное количество осадков в августе, на момент максимального проявления признаков поражения болезнями, было ниже нормы, что ограничивало их развитие в этот период.

В среднем за 2018-2020 годы исследований все генотипы показали высокую степень устойчивости (поражение до 2,0 баллов) к антракнозу (табл. 2). Единичные точечные пятна на побегах и листьях ежегодно отмечались у отборных форм 1-124-1, 2-115-2, 1-8-2, 2-90-3, 3-4-2 и 4-33-21. У остальных гибридов поражалось до 10 % побегов и листьев.

*Таблица 2 – Степень поражения отборных форм малины грибными заболеваниями, балл (2018-2020 гг.) /
Table 2 – The degree of raspberry selected forms damage by fungal diseases, point (2018-2020)*

<i>Сорт, отборная форма / Variety, selected form</i>	<i>Антракноз / Anthracnose</i>	<i>Септориоз / Septoria</i>	<i>Дидимелла / Didymella</i>
Гусар (контроль)/ Gusar (control)	2,0	1,5	1,5
4-33-21	0,5	1,0	1,0
6-125-4	1,0	1,0	1,2
2-35-1	1,2	1,0	1,0
8-10х-1	1,3	1,0	0,5
2-115-2	0,7	1,2	1,7
2-90-3	0,5	1,5	1,0
1-124-1	0,7	1,5	1,8
2-115-1	1,5	1,5	1,0
1-8-2	0,7	1,6	1,2
3-4-2	0,7	1,7	1,0
1-111-21	1,0	1,7	1,0
4-122-2	1,0	1,7	1,2
4-46-2	1,0	2,2	1,5
2-90-2	1,0	2,2	2,3
1-188-1	1,3	2,5	1,7
1-176-21	1,5	2,5	1,2
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,45	0,69	0,67

В период наблюдений распространение септориоза не было критичным. Однако поражение небольшими некротическими пятнами более 20 % (более 2,0 баллов) листовой поверхности наблюдалось у отборов 1-188-1, 4-46-2, 1-176-21, 2-90-2. Высокую устойчивость к *Leptosphaeria coniothyrium* проявляли отборные формы 4-33-21, 6-125-4, 2-35-1 и 8-10х-1.

Оценка исходного материала малины по восприимчивости к пурпуровой пятнистости показала, что большинство изученных генотипов превосходило контрольный сорт Гусар по устойчивости к этой болезни. Исключение составили формы 2-115-2, 1-188-1, 1-124-1, но и у них степень поражения не превышала 1,8 балла. Самым восприимчивым к дидимелле оказался отбор 2-90-2, у которого более четверти побегов в кусте ежегодно имели существенные повреждения, захватывающие не только флоэму, но ксилему. Вследствие чего уже к середине августа наблюдалось увядание и усыхание отдельных побегов, но основная их гибель отмечалась в следующем году.

Продуктивность малины – комплексный показатель, состоящий из количества плодono-

сящих побегов, плодовых веточек на стебель, количества ягод на плодовую веточку (или на стебель) и массы ягод. Повышение продуктивности возможно при увеличении отдельных ее компонентов. Установлено, что крупноплодность наиболее тесно коррелирует с урожайностью ($r = 0,85$) [10]. Кроме того, в связи с активным развитием рынка свежей продукции важнейшим показателем товарности ягод является их масса и одномерность [11, 12]. Поэтому селекция на увеличение размера плодов является актуальной задачей.

Среди изученных генотипов более 50 % вошли в группу крупноплодных (средняя масса ягод свыше 3,5 г) (табл. 3). Из них отборные формы 1-111-21, 2-90-2 и 2-90-3 формировали плоды массой более 4,0 г, а их максимальная масса достигала 6,2-6,4 г. Однако при отборе предпочтение следует отдавать формам не только крупноплодным, но и с одномерными плодами, не мельчающими от сбора к сбору. Относительной одномерностью плодов отличались отборы 1-176-21, 2-35-1, 4-33-21, 1-124-1, у которых средняя масса первого и последнего сборов различалась менее чем на 1,0 г.

Таблица 3 – Компоненты продуктивности отборных форм малины /
Table 3 – Productivity components of raspberry selected forms

Сорт, отборная форма / Variety, selected form	Масса ягод, г / Berry mass, g		Число латералов на 1 побеге, шт. / The number of laterals per shoot, pcs.	Число генеративных органов на 1 латерал, шт. / The number of generative organs per 1 lateral, pcs.	Фактическая продуктивность, г/куст / Actual productivity, g/bush
	среднее / average	max			
Гусар (контроль) / Gusar (control)	2,8	4,7	17	9	964
1-8-2	2,7	4,4	17	11	903
8-10х-1	2,5	3,8	24	12	920
6-125-4	2,4	4,2	25	9	952
3-4-2	2,6	3,9	18	15	1010
1-176-21	3,3	4,5	14	17	1042
1-124-1	3,9	4,7	17	12	1056
2-35-1	3,8	4,3	19	14	1082
4-33-21	3,8	4,7	18	12	1106
2-115-2	3,7	6,1	22	13	1112
4-122-2	2,6	3,8	23	12	1142
2-115-1	3,6	6,6	24	15	1342
1-111-21	4,3	6,4	18	15	1351
2-90-2	4,7	6,3	21	8	1409
1-188-1	3,5	5,0	20	13	1422
4-46-2	3,7	5,0	21	12	1464
2-90-3	4,8	6,2	24	11	1502
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	0,42	-	5,09	5,54	312,87

Одной из важных составляющих продуктивности малины является закладка растениями почек, способных образовывать плодовые веточки. За период 2018-2020 гг. лишь отборные формы 6-125-4, 2-115-1 и 2-90-2 образовывали латералы с нижней части побега, начиная с 4-8 узла. Все остальные генотипы образовывали плодовые веточки со средней и верхней части побега. Наибольшее количество продуктивных латералов (более 20 шт.) отмечено у отборов 8-10х-1, 6-125-4, 2-115-2, 4-122-2, 2-115-1, 2-90-2, 1-188-1, 4-46-2 и 2-90-3.

По количеству генеративных образований (бутоны, цветки, завязь и т. д.) на плодую веточку (15-17 шт.) выделились отборы 3-4-2, 2-115-1, 1-111-21 и 1-176-21. Однако фактическая нагрузка созревших ягод на латерал у всех форм была значительно ниже биологической (до 10-11 шт.). Это объясняется тем, что резко снижают выход товарных ягод от числа образовавшихся завязей неблагоприятные условия в период созревания урожая (засуха, грибные болезни и др.).

По уровню биологической продуктивности большинство изученных генотипов, за исключением форм 6-125-4, 1-8-2 и 8-10х-1, превосходили контрольный сорт Гусар. Наибольшая продуктивность отмечена у отборных форм 2-115-1, 1-111-21, 1-188-1, 4-46-2, 2-90-2 и 2-90-3, которые сформировали урожай свыше 1,3 кг на куст.

Прочность ягод – важный качественный показатель, определяющий сохранность плодов при сьеме, транспортировке, хранении в свежем виде. Прочные ягоды меньше

восприимчивы к плодовым гнилям. Кроме того, этот показатель является лимитирующим фактором пригодности сорта к механизированному сбору урожая.

Минимальный порог прочности плодов при механизированном сборе урожая не должен быть ниже 7,0 Н⁷. Среди изученных нами генотипов малины таких форм не выявлено (рис. 2). Большинство гибридов формировало мягкие плоды. Тем не менее, отборные формы 1-124-1, 2-90-2 и 2-90-3 образуют плоды с усилием раздавливания, превышающим 5,0 Н, что обеспечивает сохранность целостности и транспортабельность при ручном сборе. Среди имеющихся летних сортов малины таких генотипов очень мало, поэтому их привлечение в селекционный процесс может дать положительный эффект в увеличении сортимента прочноягодных сортов малины.

Одной из актуальных задач селекционной работы по малине является повышение качества плодов. Многие показатели ягод, их питательные и профилактические свойства в значительной мере обусловлены биохимическим составом, который в большей степени зависит от генотипа, технологии выращивания и варьирует в зависимости от погодных условий в период формирования урожая. Так, избыточное увлажнение в период созревания урожая в 2018 году, в отличие от того же периода 2019 года, способствовало большему накоплению витамина С и органических кислот и меньшему сахаров и растворимых сухих веществ (РСВ).



Рис. 2. Прочность плодов отборных форм малины / Fig. 2. The fruit strength of raspberry selected forms

⁷Казаков И. В., Грюнер Л. А., Кичина В. В. Указ. соч.

Значения РСВ тесно связаны с биосинтезом растворимых сахаров во время созревания после гидролиза крахмала [13], поэтому вести отбор высокосахаристых форм можно по содержанию растворимых сухих веществ. Изучаемые отборные формы по накоплению РСВ не имели существенного различия –

9,3-10,3 % (табл. 4). Вместе с тем, повышенное их содержание отмечено у отборов 2-90-3 (11,2 %), 18-11-4 (11,4 %) и 2-115-1 (12,0 %). Эти же отборы отличались наибольшим суммарным содержанием сахаров (7,8; 8,0 и 8,7 % соответственно).

Таблица 4 – Содержание биохимических веществ в плодах малины (2018-2019 гг.) /

Table 4 – Content of biochemical substances in raspberry fruits (2018-2019)

<i>Сорт, отборная форма / Variety, selected form</i>	<i>РСВ, % / Soluble solids, %</i>	<i>Сахара, % / Sugar, %</i>	<i>Титруемые кислоты, % / Titratable acids, %</i>	<i>Витамин С, мг/100 г / Vitamin С, mg/100 g</i>	<i>Дегустационная оценка, балл / Tasting score, point</i>
Гусар (контроль) / Gusar (control)	9,7	6,9	1,8	52,7	4,0
2-90-2	9,3	6,7	2,2	43,9	4,5
6-125-4	10,0	7,3	1,9	59,8	4,7
2-90-3	11,2	7,8	1,4	61,5	3,7
18-11-2	9,8	7,2	2,1	40,9	4,0
2-115-1	12,0	8,7	1,8	50,2	4,5
8-6-3	10,3	7,5	1,6	45,2	3,5
18-11-4	11,4	8,0	1,5	50,2	4,0

Уровень синтеза сахара имеет важное значение в определении вкусовых характеристик плодов. Однако наивысший дегустационный балл получают сорта, плоды которых имеют гармоничное сочетание сахаров и органических кислот и обладают специфичным малинным ароматом. Чрезмерное накопление кислот, как правило, негативно сказывается на вкусовых достоинствах ягод. Большинство генотипов отличались умеренной кислотностью от 1,4 % (2-90-3) до 1,9 % (6-125-4). По сравнению с ними несколько больше (более 2,0 %) кислоты отмечено у отборных форм 18-11-2 и 2-90-2.

Витамин С представляет собой наиболее известный антиоксидант и, тем самым, является мощной защитой против развития многих заболеваний [14]. Малина относится к культурам с умеренным содержанием (по сравнению со смородиной черной, шиповником) аскорбиновой кислоты [15]. Результаты проведенных нами биохимических анализов плодов малины показали типичное для культуры содержание витамина С. Тем не менее, из представленных исходных форм выделены генотипы с повышенным его накоплением – это отборы 6-125-4 (59,8 мг/100 г) и 2-90-3 (61,5 мг/100 г).

Для рынка свежих плодов одним из ключевых критериев товарности и повышенного покупательского спроса является вкус ягод.

Эталоном вкуса для малины принято считать сорт Новость Кузьмина. Исходя из этого дегустационная оценка плодов отборных форм малины показала, что близкими по вкусу к сорту-эталону были гибриды 2-90-2, 2-115-1 и 6-125-4. Вкус остальных генотипов не превышал сорт-эталон и показатель контрольного сорта Гусар.

Биохимический анализ ягод отборных форм малины показал, что содержание биологически активных веществ в плодах находится на уровне районированных сортов. Это говорит о сложностях увеличения его селекционным путем. Тем не менее, возможен поэтапный отбор форм с повышенным содержанием отдельных качественных показателей, что дает реальную предпосылку объединения их в одном генотипе в последующих генерациях.

Выводы. 1. Лучшими формами по устойчивости ко II компоненту зимостойкости являются отборы 1-188-1 и 2-115-1, к III компоненту – 8-10х-1, 2-115-1 и 1-188-1, к IV компоненту – 6-125-4, 8-10х-1, 1-188-1 и 2-115-1. В селекции малины в качестве комплексных источников повышения уровня зимостойкости необходимо использовать отборные формы 2-115-1 и 1-188-1. Эти генотипы проявили высокую устойчивость ко всем изучаемым компонентам зимостойкости в контролируемых условиях.

2. В качестве генетических источников в дальнейшей селекции малины по устойчивости к основным патогенам особого внимания заслуживают отборные формы 1-124-1, 2-115-1, 2-115-2, 1-111-21, 1-8-2, 2-35-1, 2-90-3, 6-125-4, 3-4-2, 8-10х-1, 4-33-21 и 4-122-2.

3. Новыми источниками в селекции малины на повышение крупноплодности являются отборы 1-111-21, 2-90-2 и 2-90-3, формирующие плоды средней массой более 4 г, а также формы 1-176-21, 2-35-1, 4-33-21, 1-124-1, отличающиеся крупными и одномерными плодами.

4. Лучшими по продуктивности являются отборные формы 2-115-1, 1-111-21, 1-188-1, 4-46-2, 2-90-2 и 2-90-3, способные формировать урожай свыше 1,3 кг на куст.

5. Наибольшим накоплением растворимых сухих веществ и сахаров отмечены отборы 2-90-3, 18-11-4 и 2-115-1, витамина С – 6-125-4 и 2-90-3. В качестве новых источников в селекции на повышение вкусовых характеристик малины необходимо использовать отборные формы 2-90-2, 2-115-1 и 6-125-4, приближающиеся по вкусу к сорту-эталоноу Новость Кузьмина.

6. В селекции на повышение прочности плодов необходимо использовать отборы 1-124-1, 2-90-2 и 2-90-3, образующие плоды с усилием раздавливания не менее 5,0 Н.

7. Новыми источниками в селекции малины, объединяющими комплекс хозяйственно ценных признаков на высоком уровне, являются отборные формы 2-90-2, 2-90-3 и 2-115-1.

Список литературы

1. Cockerton H., Unzueta M. B., Johnson A. W., Diegues A. V., Fernández F. F. Pathway Analysis to Determine Factors Contributing to Overall Quality Scores in Four Berry Crops. *Journal of Horticultural Research*. 2020;21(1):35-42. DOI: <https://doi.org/10.2478/johr-2020-0025>
2. Евдокименко С. Н. Подбор сортов для малинного "конвейера". Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур: сб. ст. по мат-лам XIII Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию кафедры растениеводства. Горки: Белорусская ГСХА, 2019. С. 68-71.
3. Graham J., Jennings N. Raspberry breeding (Book Chapter). *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species*. Springer, 2009. pp. 233-248. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-71203-1_7
4. Veljković B., Šoštarić I., Dajić-Stevanović Z., Liber Z., Šatović Z. Genetic structure of wild raspberry populations in the Central Balkans depends on their location and on their relationship to commercial cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2019;256:108606. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108606>
5. Куликов И. М., Евдокименко С. Н., Тумаева Т. А., Келина А. В., Сазонов Ф. Ф., Андропова Н. В., Подгаецкий М. А. Научное обеспечение ягодоводства России и перспективы его развития. *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2021;25(4):414-419. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>
6. Евдокименко С. Н., Сазонов Ф. Ф., Андропова Н. В. Селекция ягодных культур на Кокинском опорном пункте ФГБНУ ВСТИСП. Селекция, семеноводство и технология плодово-ягодных культур и картофеля: сб. научн. тр. Челябинск, 2016. С. 95-110.
7. Резвякова С. В. Оценка гибридных сеянцев груши по устойчивости к морозу в раннем возрасте. *Вестник ИрГСХА*. 2020;(97):69-77. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42747485>
8. Богомолова Н. И., Ожерельева З. Е. Адаптивный потенциал малины красной к повреждающим факторам зимнего периода в полевых и контролируемых условиях центральной России. *Современное садоводство*. 2016;4(20):40-52. Режим доступа: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2016/4/46.pdf>
9. Казаков И. В., Евдокименко С. Н., Кулагина В. Л. Возможности создания сортов малины с экологической устойчивостью к вредным организмам и биосферным загрязнителям. *Плодоводство и ягодоводство России*. 2010;24(2):179-186. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15103056>
10. Stephens J. M., Alspach P. A., Beatson R. A., Winefield C., Buck E. J. Genetic parameters and breeding for yield in Red raspberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2012;137(4):229-235. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.137.4.229>
11. Jennings S. N., Ferguson L., Brennan R. New prospects from the Scottish raspberry breeding programme. *Acta Hort.* 2008;777:203-206. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.777.30>
12. Huynh N. K., Wilson M. D., Eyles A., Stanley R. A. Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*. 2019;9(4):687-707. DOI: <https://doi.org/10.3233/JBR-190421>
13. Schulz M., Chim J. F. Nutritional and bioactive value of *Rubus* berries. *Food Bioscience*. 2019;31:100438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100438>
14. Sazonov F., Kulikov I., Tumaeva T., Sazonova I. Creation of new initial forms of black currant (*Ribes nigrum* L.) in breeding for adaptation. *E3S Web Conf*. 2021;254:01029. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401029>
15. Акимов М. Ю., Бессонов В. В., Коденцова В. М., Эллер К. И., Вржесинская О. А., Бекетова Н. А. и др. Биологическая ценность плодов и ягод Российского производства. *Вопросы питания*. 2020;89(4):220-232. DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>

References

1. Cockerton H., Unzueta M. B., Johnson A. W., Diegues A. V., Fernández F. F. Pathway Analysis to Determine Factors Contributing to Overall Quality Scores in Four Berry Crops. *Journal of Horticultural Research*. 2020;21(1):35-42. DOI: <https://doi.org/10.2478/johr-2020-0025>

2. Evdokimenko S. N. *Podbor sortov dlya malinnogo "konveyera"*. [Selection of varieties for the raspberry "conveyor"]. *Tekhnologicheskie aspekty vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: sb. st. po materialam XIII Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu kafedry rastenievodstva*. [Technological aspects of crop cultivation: a collection of articles based on the materials of the XIII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 100th anniversary of the Department of Crop Production]. Gorki: *Belorusskaya GSKhA*, 2019. pp. 68-71.
3. Graham J., Jennings N. Raspberry breeding (Book Chapter). *Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species*. Springer, 2009. pp. 233-248. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-71203-1_7
4. Veljković B., Šoštarčić I., Dajić-Stevanović Z., Liber Z., Šatović Z. Genetic structure of wild raspberry populations in the Central Balkans depends on their location and on their relationship to commercial cultivars. *Scientia Horticulturae*. 2019;256:108606. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108606>
5. Kulikov I. M., Evdokimenko S. N., Tumaeva T. A., Kelina A. V., Sazonov F. F., Andronova N. V., Podgaetskiy M. A. *Nauchnoe obespechenie yagodovodstva Rossii i perspektivy ego razvitiya*. [Scientific support of small fruit growing in Russia and prospects for its development]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i seleksii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021;25(4):414-419. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ21.046>
6. Evdokimenko S. N., Sazonov F. F., Andronova N. V. *Seleksiya yagodnykh kul'tur na Kokinskom opornom punkte FGBNU VSTISP*. [Selection of berry crops at the Kokino base station of the FGBNU VSTISP]. *Seleksiya, semenovodstvo i tekhnologiya plodovo-yagodnykh kul'tur i kartofelya: sb. nauchn. tr.* [Selection, seed production and technology of fruit and berry crops and potatoes: a collection of scientific papers]. Chelyabinsk, 2016. pp. 95-110.
7. Rezvyakova S. V. *Otsenka gibridnykh seyantsev grushi po ustoychivosti k morozu v rannem vozraste*. [Evaluation of hybrid seedlings of pear on resistance to frost in early ages]. *Vestnik IrGSKhA*. 2020;(97):69-77. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42747485>
8. Bogomolova N. I., Ozherel'eva Z. E. *Adaptivnyy potentsial maliny krasnoy k povrezhdayushchim faktoram zimnego perioda v polevykh i kontroliruemyykh usloviyakh tsentral'noy Rossii*. [An adaption potential of red raspberry to damaging winter factors in the field and controlled conditions of central Russia]. *Sovremennoe sadovodstvo = Cotemporary horticulture*. 2016;4(20):40-52. (In Russ.) URL: <http://journal-vniispk.ru/pdf/2016/4/46.pdf>
9. Kazakov I. V., Evdokimenko S. N., Kulagina V. L. *Vozmozhnosti sozdaniya sortov maliny s ekologicheskoy ustoychivost'yu k vrednym organizmam i biosfernym zagryaznitelyam*. [Possibilities of creating raspberry varieties with environmental resistance to harmful organisms and biospheric pollutants]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii = Pomiculture and small fruits culture in Russia*. 2010;24(2):179-186. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=15103056>
10. Stephens J. M., Alspach P. A., Beatson R. A., Winefield C., Buck E. J. Genetic parameters and breeding for yield in Red raspberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 2012;137(4):229-235. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.137.4.229>
11. Jennings S. N., Ferguson L., Brennan R. New prospects from the Scottish raspberry breeding programme. *Acta Hort.* 2008;777:203-206. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.777.30>
12. Huynh N. K., Wilson M. D., Eyles A., Stanley R. A. Recent advances in postharvest technologies to extend the shelf life of blueberries (*Vaccinium* sp.), raspberries (*Rubus idaeus* L.) and blackberries (*Rubus* sp.). *Journal of Berry Research*. 2019;9(4):687-707. DOI: <https://doi.org/10.3233/JBR-190421>
13. Schulz M., Chim J. F. Nutritional and bioactive value of *Rubus* berries. *Food Bioscience*. 2019;31:100438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100438>
14. Sazonov F., Kulikov I., Tumaeva T., Sazonova I. Creation of new initial forms of black currant (*Ribes nigrum* L.) in breeding for adaptation. *E3S Web Conf.* 2021;254:01029. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125401029>
15. Akimov N. Yu., Bessonov V. V., Kodentsova V. M., Eller K. I., Vrzhesinskaya O. A., Beketova N. A., et al. *Biologicheskaya tsennost' plodov i yagod Rossyskogo proizvodstva*. [Biological value of fruits and berries of Russian production]. *Voprosy pitaniya = Problems of Nutrition*. 2020;89(4):220-232. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055>

Сведения об авторах

✉ **Подгаецкий Максим Александрович**, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник Кокинского опорного пункта, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, г. Москва, Российская Федерация, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0289-1092>, e-mail: maxpodgai@yandex.ru

Евдокименко Сергей Николаевич, доктор с.-х. наук, главный научный сотрудник Кокинского опорного пункта, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», ул. Загорьевская, д. 4, Москва, Российская Федерация, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-7593>

Information about the authors

✉ **Maxim A. Podgaetsky**, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Kokino base station, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, ul. Zagorievskaya 4, Moscow, Russian Federation, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0289-1092>, e-mail: maxpodgai@yandex.ru

Sergey N. Evdokimenko, DSc in Agricultural Science, chief researcher, Kokino base station, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, ul. Zagorievskaya 4, Moscow, Russian Federation, 115598, e-mail: vstisp@vstisp.org, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9187-7593>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.735-744>
УДК 631.584:632.2



Влияние срока сева и минерального питания на продуктивность однолетних травосмесей

© 2021. А. А. Артемьев , А. М. Гурьянов, М. П. Капитанов, А. А. Пронин
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени
Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

В условиях лесостепи Поволжья (Республика Мордовия) изучали продуктивность однолетних кормовых травосмесей (вика + овёс, суданская трава + горчица белая, суданская трава + редька масличная), высеваемых после уборки озимой ржи в фазах «выход в трубку» (1-й срок сева), «колошение» (2-й срок) и «полная спелость» (3-й срок сева). Эксперимент проводили в 2018-2020 гг. на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом на фоне трех доз применения минеральных удобрений (без удобрений, $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$, $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$). Установлено, что продолжительность вегетации кормовых смесей по срокам сева при уборке на зеленую массу составила: при 1-ом сроке сева – 63-85 дней, при 2-ом – 63-76 дней, при 3-ем – 56-62 дня. Наибольшую высоту растения имели при 1-ом сроке посева с внесением удобрений в дозе $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$, наименьшую – при 3-ем сроке. Среди культур максимального роста достигала суданская трава (48-116 см), минимального – смесь вика с овсом (18-67 см). Наибольшая урожайность зеленой массы (14,0 т/га) отмечена при возделывании суданской травы в смеси с редькой масличной на фоне $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$ при 1-ом сроке посева. При выращивании суданской травы с горчицей белой урожайность получена на 2-7 % меньше, а викоовсяной смеси – на 32-45 %. По сбору сухого вещества и кормовых единиц наблюдалась аналогичная закономерность. По содержанию протеина смеси суданской травы с крестоцветными культурами превосходили викоовсяную смесь на 7-26 %. Содержание клетчатки в травосмесях уменьшалось от первого срока сева к последнему. Наибольшее ее количество (28,11-28,72 %) наблюдалось при 2-ом сроке сева. Экономическая оценка показала, что возделывание однолетних травосмесей после озимой ржи без внесения минеральных удобрений наиболее рентабельно (29-208 %). Наибольшую эффективность (202-208 %) обеспечили посевы суданской травы в смеси с редькой масличной и горчицей белой.

Ключевые слова: викоовёс, суданская трава, горчица белая, редька масличная, минеральные удобрения, урожайность, качество

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0767-2019-0100).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Артемьев А. А., Гурьянов А. М., Капитанов М. П., Пронин А. А. Влияние срока сева и минерального питания на продуктивность однолетних травосмесей. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):735-744. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.735-744>

Поступила: 08.06.2021

Принята к публикации: 01.10.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Influence of the sowing time and mineral fertilizers on the productivity of annual grass mixtures

© 2021. Andrey A. Artemyev , Alexander M. Guryanov, Michael P. Kapitanov, Alexey A. Pronin

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

The productivity of annual feed grass mixtures (vetch + oats, Sudan grass + white mustard, Sudan grass + oilseed radish), sown after the winter rye harvesting during the “shooting” phase (the 1st time of sowing), during the “heading” phase (the 2nd time of sowing), and during the phase of complete ripeness (the 3^d time of sowing), was studied in the conditions of forest-steppe soils of the Volga Region (the Republic of Mordovia). The experiment was carried out in 2018-2020 on heavy loamy soils against the background of three doses of mineral fertilizers use (without fertilizers, $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$, $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$). It has been established that the duration of vegetation of feed mixtures according to the time of sowing when harvesting for green mass was: at the first time of sowing – 63-85 days, at the second – 63-76 days, at the third – 56-62 days. The highest height of the plant was at the first time of sowing with the use of fertilizers at a dose of $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$, the lowest – at the third time of sowing. The highest growth was achieved by Sudan grass (48-116 cm), the lowest – by the mixture of vetch and oats (18-67 cm). The highest yield of green mass (14.0 t/ha) was observed when cultivating Sudan grass mixed with oilseed radish on the background of $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$ at the first time of sowing. For mixture of Sudan grass with white mustard, the yield was 2-7 % lower,

and for vetch + oats mixture – 32-45 % lower. The same was observed according to the yield of dry matter and feed units. As to the protein content, mixtures of Sudan grass with cruciferous crops exceeded the vetch + oats mixture by 7-26 %. The fiber content in the grass mixtures was decreasing from the first time of sowing to the last. The greatest amount of fiber (28.11-28.72 %) was observed during the second time of sowing. The economic assessment showed that the cultivation of annual grass mixtures after winter rye without mineral fertilizers was the most cost-effective (29-208 %). The highest efficiency (202-208 %) was provided by the mixture of Sudan grass with oilseed radish and white mustard.

Keywords: vetch-oat mixture, Sudan grass, white mustard, oilseed radish, mineral fertilizers, productivity, quality

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. 0767-2019-0100).

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Artemyev A. A., Guryanov A. M., Kapitanov M. P., Pronin A. A. Influence of the sowing time and mineral fertilizers on the productivity of annual grass mixtures. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):735-744. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.735-744>

Received: 08.06.2021

Accepted for publication: 01.10.2021

Published online: 27.10.2021

Существенным фактором интенсификации растениеводства является систематическое возделывание промежуточных культур, типичных для определенных мест произрастания. Расширение площади их выращивания служит важной предпосылкой для развития животноводства регионов [1, 2, 3].

Значение промежуточных культур весьма разносторонне [4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]. Одновременно они позволяют более полно использовать агроклиматические ресурсы региона, машины и орудия, удобрения и землю и при этом повышают коэффициент использования пашни до 1,5-2,0. Велика их роль в увеличении производства кормов и улучшении их качества. Такие культуры способствуют использованию пашни в течение всего периода вегетации [12, 13, 14].

Проведенные ранее исследования показали, что в условиях лесостепи Поволжья и, в частности Республики Мордовии, наибольший интерес среди озимых промежуточных культур представляет озимая рожь – источник самого раннего корма [15]. После ее уборки на зеленый корм остается достаточно времени для культивирования других кормовых культур, например, викоовсяной смеси, суданской травы в смеси с соей и рапсом. Агроценозы данных культур устойчиво формируют высокий урожай укосной массы [16].

К настоящему времени учеными Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока накоплен значительный экспериментальный материал и имеется определенный практический опыт по возделыванию промежуточных культур в полевых севооборотах [15, 17], однако дальнейший рост продуктивности промышленного животноводства в современных условиях требует повышения качества корма за счет расширения видового

разнообразия кормовых растений. В связи с чем выполнение исследований в этом направлении является весьма актуальным и имеет определенный научно-практический интерес для условий лесостепи Поволжья. Поэтому нами были проведены исследования по изучению влияния сроков сева на трех фонах минерального питания на урожайность кормовых культур, используемых в поукосных и пожнивных посевах.

Цель исследований – изучить влияние сроков сева и доз минеральных удобрений на урожайность и качество однолетних травосмесей, используемых в качестве промежуточных культур с целью увеличения сбора высококачественного корма в летне-осенний период.

Материал и методы. Изучение сроков сева однолетних травосмесей, возделываемых в поукосных и пожнивных посевах после озимой ржи, осуществляли на опытном поле Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 2018-2020 гг. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Содержание гумуса в пахотном слое – 6,8-7,0 %, общего азота – 0,32-0,34 %, подвижных форм фосфора – 199-202 мг/кг, калия – 199-205 мг/кг почвы, $pH_{\text{сол}}$ – 5,3-5,4.

Объектами исследования служили викоовсяная смесь, смеси суданской травы с горчицей белой и редькой масличной. Схема опыта включала: Фактор А (кормовые смеси): 1. Викоовсяная смесь (контроль). 2. Смесь суданской травы с горчицей белой. 3. Смесь суданской травы с редькой масличной.

Фактор В (срок сева после озимой ржи): 1. 1-й срок – поукосный, после уборки ржи в фазе «выход в трубку». 2. 2-й срок – поукосный, после уборки ржи в фазе «колошение». 3. 3-й срок – пожливный, после уборки ржи на зерно.

Фактор С (удобрения): 1. Контроль (без удобрений). 2. N₁₆P₁₆K₁₆ (под предпосевную культивацию) + N₃₀ (подкормка). 3. N₁₆P₁₆K₁₆ (под предпосевную культивацию) + N₆₀ (подкормка).

Закладка и проведение опыта осуществлялись по общепринятым методикам^{1, 2, 3}. Повторность 3-кратная. Площадь учетной делянки 16 м² (1,6×10 м). Вслед за уборкой озимой ржи по схеме опыта вносили удобрения, почву двукратно дисковали (дискатор БДМ-3×4) на глубину 8-10 см, затем культивировали с одновременным боронованием и прикатыванием. Посев смесей осуществляли сеялкой СН-16 с последующим прикатыванием почвы. Норма высева по культурам составила: викоовес – 2,0 млн + 4,0 млн всх. семян на 1 га, суданская трава в смеси с горчицей белой – 1,0 млн + 0,8 млн всх. семян на 1 га, суданская трава в смеси с редькой масличной – 1,0 млн + 0,5 млн всх. семян на 1 га. Учет массы зеленых растений осуществляли вручную путем скашивания их со всей делянки и взвешиванием массы в фазе «колошение» злаковых культур. В качестве удобрений использовали азофоску (марка N₁₆P₁₆K₁₆) и аммиачную селитру, которую вносили в начале выхода в трубку злаковой культуры.

Агрохимический анализ почвы (0-20 см) и качественные показатели зеленой массы растений (сырой протеин, сырой жир, сырая клетчатка, БЭВ) определяли в сертифицированной лаборатории Центра агрохимического обслуживания «Мордовский». Основные результаты обработаны методом дисперсионного анализа⁴ с использованием компьютерных программ. Экономическую оценку проводили по технологическим картам с применением типовых норм и в соответствии с рекомендациями по определению экономического эффекта от использования результатов НИР и ОКР в агропромышленном комплексе⁵.

Результаты и их обсуждение. Реальные сроки сева кормовых культур в годы проведения исследований во многом определялись погодными условиями вегетации, которые были различными, но типичными для лесостепи Поволжья. Рост, развитие и формирование урожая зеленой массы кормовых смесей в первый год исследований (2018 г.) протекали

при сильной засухе (ГТК = 0,49). В это время в зависимости от срока сева растения недополучили от 66 до 72 % осадков от среднелетней нормы.

Для второго года изысканий была также присуща засуха. Особенно это проявилось в первый срок сева (ГТК = 0,4). При втором сроке сева рост и развитие растений протекали при ГТК равным 0,9, что было характерно для слабой степени засухи. Условия при третьем сроке сева кормовых смесей отличались достаточной нормой увлажнения.

В третий год исследований рост и развитие кормовых растений в первые два срока сева протекали при нормальных условиях увлажнения, когда ГТК составил 1,07 и 1,03 соответственно. В эти периоды количество выпавших осадков (121 мм) и температурный режим (среднесуточная температура воздуха 18,0 °С) были близки к многолетней норме. Вегетация и формирование урожая трав в третий срок сева проходили при слабой степени засухи (ГТК = 0,8).

В целом погодные условия оказали значительное влияние на продолжительность вегетационного периода как предшествующей культуры (озимая рожь), так и кормовых растений. В первые два засушливых года сроки уборки предшественника на зеленую массу наступили на 3-4 дня быстрее, чем в более увлажненный третий год исследований. Соответственно этим отличались по годам и сроки посева кормовых культур, от чего зависела продолжительность их вегетации, которая при уборке кормосмесей на зеленую массу составила: при первом сроке сева – от 63 до 85 дней, втором – от 63 до 76 дней, третьем – от 56 до 62 дней.

Важными также являются полученные данные по продуктивности предшествующей культуры, убранной в разные сроки развития. Так, в среднем за годы исследований урожайность озимой ржи, скошенной перед первым сроком посева кормосмесей, составила 15,3 т/га зеленой массы, 2,98 т/га сухого вещества и 2,87 т/га кормовых единиц, перед вторым сроком посева – 18,6 т/га зеленой массы, 3,87 т/га сухого вещества и 3,35 т/га кормовых единиц, перед третьим сроком – 3,8 т/га, 3,27 и 4,58 т/га соответственно.

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

²Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Вып. 2. М., 1989. 195 с.

³Анащенко А. В. Методические указания по изучению технических и масличных культур. Л.: ВАСХНИЛ, ВИЗР, 1976. 39 с.

⁴Доспехов Б. А. Указ. соч.

⁵Полунин Г. А., Гарист А. В., Князева Р. И. Методические рекомендации по определению экономического эффекта от использования результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в агропромышленном комплексе. М.: АНО «НИЦПО», 2007. 32 с.

Наибольшая урожайность ржи во все сроки уборки наблюдалась в более благоприятный 2020 г. и составила 16,7-18,8 т/га зеленой массы и 4,5 т/га зерна. Следовательно, возделывание озимой ржи для получения ранних зеленых кормов в условиях Республики Мордовия дает возможность дополнительно получать с 1 га посевной площади 2,87-3,35 т кормовых единиц, что является существенным вкладом в укрепление кормовой базы животноводства региона.

Фенологические наблюдения за кормовыми растениями показали, что сроки сева и применение минеральных удобрений не оказало достоверного влияния на полевую всхожесть, которая находилась в пределах 76-83 %. Стоит отметить, что в зависимости от срока сева смесей самые быстрые всходы (через 8-10 дней) появились в 2020 г., когда наблюдались более увлажненные условия, а самые поздние (через 15-24 дня) – в наиболее засушливый 2018 г. Другие периоды развития

кормовых растений по срокам сева различались между собой на 2-3 дня.

Дальнейшее наблюдение за развитием растений выявило некоторое выпадение растений в результате слабого развития поздно появившихся всходов и угнетения их основной массой и неблагоприятными погодными условиями, особенно 2018 г. В целом в зависимости от срока сева выживаемость растений в 2018 г. составила 44-85 %, в 2019 г. – 8-90 % и в 2020 г. – 80-92 %, причем наименьшей во все годы она была при втором сроке посева. Наиболее существенно в смесях выпадали крестоцветные растения. Суданская трава во всех вариантах опыта оказалась наиболее устойчивой к засушливым условиям.

Изучение роста растений показало, что высота растений в кормовых смесях во многом зависела от вида, сроков сева и внесения минеральных удобрений и изменялась в интервале от 16 до 116 см (табл. 1).

Таблица 1 – Высота растений кормовых смесей перед уборкой на зеленую массу в зависимости от срока сева и внесенных доз минеральных удобрений, см (среднее за 2018-2020 гг.) /

Table 1 – Height of plants of feed mixtures before harvesting for the green mass, depending on the sowing time and mineral fertilizers, cm (average for 2018-2020)

Удобрение (С) / Fertilizer (C)	Кормовая смесь (А) / Feed mixture (A)	Срок сева (В) / Sowing time (B)		
		1-й / first	2-й / second	3-й / third
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	Викоовес / Vetch-oat mixture	64/60	56/53	18/16
	Суданская трава + горчица белая / Sudan grass + white mustard	110/62	89/57	48/27
	Суданская трава + редька масличная / Sudan grass + oilseed radish	112/60	91/57	47/26
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	Викоовес / Vetch-oat mixture	66/62	58/56	19/17
	Суданская трава + горчица белая / Sudan grass + white mustard	113/65	90/58	51/29
	Суданская трава + редька масличная / Sudan grass + oilseed radish	115/66	92/60	51/28
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	Викоовес / Vetch-oat mixture	66/64	59/57	19/18
	Суданская трава + горчица белая / Sudan grass + white mustard	115/66	93/59	54/29
	Суданская трава + редька масличная / Sudan grass + oilseed radish	116/67	93/60	55/29
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	Частных различий 2,5; Фактор А 2,3; Фактор В 1,9; Фактор С 1,2 / Partial differences 2.5; Factor A 2.3; Factor B 1.9; Factor C 1.2			

Примечание: в числителе – высота злаковой культуры, в знаменателе – вики или крестоцветной культуры / Notes: in the numerator, the height of the cereal crop, in the denominator – vetch and cruciferous crop

Анализ данных свидетельствует, что наибольшую высоту растения в кормосмесях имели в первый срок посева с внесением минеральных удобрений в дозе N₁₆P₁₆K₁₆ + N₆₀. В контроле данный показатель был наименьшим. Минимальная высота у растений наблюдалась при третьем сроке посева. Среди куль-

тур наибольший рост был отмечен у суданской травы в первый срок посева, наименьший – у викоовсяной смеси при третьем сроке посева. В вариантах с удобрениями преимущество по высоте растений имел вариант N₁₆P₁₆K₁₆ + N₆₀. Без применения удобрений (контроль) наблюдались наименьшие показатели.

Условия погоды также оказали существенное влияние на высоту растений. Максимальным данный показатель (19-140 см) отмечен в третий год исследований, при этом внесение удобрений достоверно оказало наибольшее влияние. В засушливый 2018 г. действие удобрений практически не проявлялось, наблюдалась лишь тенденция к увеличению роста кормосмесей.

Как показали исследования, изучаемые сроки сева и дозы минеральных удобрений оказали неоднозначное влияние на продуктивность изучаемых кормовых смесей. В среднем по опыту наибольшая урожайность зеленой массы получена у смеси суданской травы с редькой масличной на фоне применения удобрения в дозе $N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$ при первом сроке посева (табл. 2).

Таблица 2 – Продуктивность однолетних травосмесей в зависимости от срока сева и внесенных доз минеральных удобрений, т/га (среднее за 2018-2020 гг.) /

Table 2 – Productivity of annual grass mixtures depending on the sowing time and mineral fertilizers, t/ha (average for 2018-2020)

Удобрение (С) / Fertilizer (C)	Кормовая смесь (А) / Feed mixture (A)	Срок сева (В) / Sowing time (B)								
		1-й / first			2-й / second			3-й / third		
		урожайность з. м. / green mass yield	сухое вещество / dry matter	корм. ед. / feed units	урожайность з. м. / green mass yield	сухое вещество / dry matter	корм. ед. / feed units	урожайность з. м. / green mass yield	сухое вещество / dry matter	корм. ед. / feed units
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	Викоовес / Vetch-oat mixture	6,8	1,68	0,95	5,3	1,06	0,74	3,9	0,74	0,54
	Суданская трава + горчица белая / Sudan grass + white mustard	10,2	2,23	1,73	7,3	1,54	1,22	6,7	1,01	1,10
	Суданская трава + редька масличная / Sudan grass + oilseed radish	11,0	2,39	1,76	7,7	1,55	1,27	7,0	1,06	1,19
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{30}$	Викоовес / Vetch-oat mixture	7,6	1,85	1,06	5,7	1,13	0,80	4,3	0,70	0,60
	Суданская трава + горчица белая / Sudan grass + white mustard	11,1	2,59	1,88	8,3	1,59	1,36	7,5	1,17	1,26
	Суданская трава + редька масличная / Sudan grass + oilseed radish	11,8	2,72	1,89	8,7	1,65	1,45	7,8	1,21	1,29
$N_{16}P_{16}K_{16} + N_{60}$	Викоовес / Vetch-oat mixture	8,6	2,14	1,20	5,9	1,19	0,83	4,6	0,79	0,64
	Суданская трава + горчица белая / Sudan grass + white mustard	13,8	2,92	2,31	9,0	1,89	1,48	8,4	1,29	1,38
	Суданская трава + редька масличная / Sudan grass + oilseed radish	14,0	3,06	2,32	9,4	1,91	1,58	8,7	1,33	1,43

НСР₀₅ / LSD₀₅ урожайность з. м. / green mass yield: частных различий 1,4 / partial differences 1.4; фактор А 0,7 / factor А 0.7; фактор В 0,5 / factor В 0.5; фактор С 0,5 / factor С 0.5; сухое вещество / dry matter: частных различий 0,32 / partial differences 0.32; фактор А 0,17 / factor А 0.17; фактор В 0,13 / factor В 0.13; фактор С 0,13 / factor С 0.13

Во всех смесях наибольшая урожайность растений отмечена при первом сроке посева. При других сроках сева она была на 22-43 % ниже. Среди смесей по всем срокам сева самой большой продуктивностью отличалась смесь суданской травы и редьки масличной. По викоовсяной смеси урожай-

ность зеленой массы получена на 32-45 %, а по суданской траве с горчицей белой на 2-7 % ниже. По удобрениям наилучший эффект по всем изучаемым смесям и срокам сева наблюдался при внесении под предпосевную обработку почвы $N_{16}P_{16}K_{16}$ и подкормки в дозе N_{60} , наименьшие показатели отмечены в контроле.

По сбору сухого вещества и кормовых единиц наблюдалась аналогичная ситуация.

Погодные условия вегетации в годы проведения исследований также влияли на урожайность однолетних смесей. Наибольшее значение данного показателя было достигнуто в третий год исследований, в котором получили

максимальный эффект от внесения удобрений.

По качеству зеленой массы варианты также различались. Установлено, что химический состав смесей в большей степени зависел от вида растений, входящих в их структуру, и в меньшей – от срока сева и применения минеральных удобрений (табл. 3).

Таблица 3 – Химический состав кормовых смесей перед уборкой на зеленую массу, % на абсолютно сухое вещество (среднее за 2018-2020 гг.) /

Table 3 – Chemical composition of feed mixtures before harvesting for green mass, % for absolutely dry matter (average for 2018-2020)

Удобрение (С) / Fertilizer (C)	Кормовая смесь (А)* / Feed mixture (A)	Протеин / Protein	Жир / Fat	Клетчатка / Fiber	БЭВ / Nitrogen-free extractive substances
1-й срок сева (В) / First sowing time					
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1	12,81	2,47	28,04	44,36
	2	13,82	3,68	26,47	45,38
	3	14,51	3,78	24,78	46,80
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1	12,72	2,50	28,47	44,82
	2	13,89	3,71	26,41	44,17
	3	14,21	3,88	24,42	46,89
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	1	13,07	2,70	28,23	44,18
	2	14,28	3,68	26,17	44,58
	3	14,33	3,72	24,32	46,72
2-й срок сева / Second sowing time					
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1	12,78	2,52	28,11	43,38
	2	15,10	3,86	25,92	43,40
	3	15,13	4,09	23,31	46,78
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1	12,78	2,57	28,72	38,71
	2	15,17	3,89	25,93	43,30
	3	15,21	3,98	24,17	47,17
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	1	13,11	2,61	28,67	39,81
	2	15,28	3,78	25,83	43,40
	3	15,17	4,02	24,11	46,78
3-й срок сева / Third sowing time					
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1	12,79	2,38	27,58	46,11
	2	15,68	3,84	23,18	48,31
	3	17,36	4,02	22,78	48,06
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1	13,09	2,42	26,14	47,19
	2	15,73	3,78	23,11	48,39
	3	17,02	4,11	21,65	49,17
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	1	13,11	2,56	26,11	47,21
	2	15,79	3,98	22,78	48,30
	3	17,29	4,03	21,38	48,19

* здесь и далее: 1 – викоовес; 2 – суданская трава + горчица белая; 3 – суданская трава и редька масличная /

* here and further: 1 – vetch-oat mixture; 2 – Sudan grass + white mustard; 3 – Sudan grass + oilseed radish

Данные таблицы 3 свидетельствуют, что по содержанию протеина смеси суданской травы с горчицей белой и редькой масличной в зависимости от срока сева и внесения удобрений превосходили викоовсяную смесь на 7-26 %. По срокам посева

наблюдалась тенденция к увеличению данного показателя при третьем сроке. Внесение минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание сырого протеина. По жиру выявлена аналогичная закономерность.

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: КОРМОПРОИЗВОДСТВО / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: FODDER PRODUCTION

По содержанию клетчатки установлено, что в смесях суданской травы с крестоцветными культурами она уменьшалась от первого срока сева к последнему. По викоовсяной смеси наибольшее ее количество (28,11-28,72 %) наблюдалось при втором сроке сева. Внесение удобрений уменьшало содержание клетчатки в виде тенденции. Содержание БЭВ в зеленой

массе кормосмесей наибольшим было при третьем сроке посева.

Расчет экономической эффективности свидетельствует (табл. 4), что возделывание однолетних кормосмесей после уборки озимой ржи на зеленый корм без внесения минеральных удобрений наиболее рентабельно (29-208 %).

Таблица 4 – Экономическая эффективность возделывания однолетних травосмесей в зависимости от срока сева и внесенных доз минеральных удобрений (среднее за 2018-2020 гг.) /

Table 4 – Economic efficiency of cultivation of annual grass mixtures depending on the sowing time and the use of fertilizers (average for 2018-2020)

Удобрение (С) / Fertilizer (C)	Кормовая смесь (А) / Feed mixture (A)	Сбор корм. ед., т/га / Feed unit yield, t/ha	Стоимость валового сбора, руб/га / The cost of the gross collection, rub/ha	Себестоимость 1 т корм. ед., руб. / Cost price 1 t of feed unit, rub	Условно чистый доход, руб/га / net income, rub/ha	Рентабельность, % / Profitability, %
1-й срок сева (В) / First sowing time						
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1	0,95	11400	7218	4542	66
	2	1,73	20760	3964	13902	202
	3	1,76	21120	3896	14268	208
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1	1,06	12720	9960	2168	20
	2	1,88	22560	5615	12002	113
	3	1,89	22680	5586	12122	114
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	1	1,20	14400	10048	2342	19
	2	2,31	27720	5219	15662	129
	3	2,32	27840	5219	15782	131
2-й срок сева / Second sowing time						
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1	0,74	8880	9267	2022	29
	2	1,22	14640	5621	7782	113
	3	1,27	15240	5400	8382	122
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1	0,80	9600	13197	-958	-9
	2	1,36	16320	7763	5762	54
	3	1,45	17400	7281	6842	64
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	1	0,83	9960	14527	-2098	-17
	2	1,48	17760	8147	5702	47
	3	1,58	18960	7631	6902	57
3-й срок сева / Third sowing time						
Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1	0,54	6480	12700	-378	-6
	2	1,10	13200	6234	6342	92
	3	1,19	14280	5763	7422	108
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₃₀	1	0,60	7200	17596	-3358	-32
	2	1,26	15120	8379	4562	43
	3	1,29	15480	8184	4922	47
N ₁₆ P ₁₆ K ₁₆ + N ₆₀	1	0,64	7680	18840	-4378	-36
	2	1,38	16560	8737	452	37
	3	1,43	17160	8432	5102	42

Познливное возделывание кормовых растений после озимой ржи обеспечивало положительную рентабельность производства только у смесей суданской травы с крестоцветными культурами. Оттягивание сроков сева приводило к снижению данного показателя по всем изучаемым культурам. Возделывание викоовса, начиная со второго срока сева на фоне применения минеральных удобрений, было неэффективным. Следует отметить, что применение минеральных удобрений по всем срокам посева кормовых растений значительно снижало эффективность производства. Этот факт является свидетельством того, что кормовые растения в короткий период вегетации, особенно при возделывании в познливный срок, не успевают в полном объеме использовать удобрения для своего роста и развития. Поэтому этот вопрос требует дальнейшей всесторонней проработки.

В целом по опыту наибольшую рентабельность производства (202-208 %) обеспечили посевы суданской травы с редькой масличной и горчицей белой в первый срок посева на неудобренном фоне, наименьшую (-32...-36 %) – смесь вики с овсом при третьем сроке сева на двух фонах применения минеральных удобрений.

Выводы. Для увеличения сбора высококачественного корма в летне-осенний период в условиях Поволжья, в частности Республике Мордовия, после уборки озимой ржи на зелёный корм и зерно возможно возделывание кормовых однолетних травосмесей: вика + овес, суданская трава + горчица белая, суданская трава + редька масличная. Наибольшая урожайность зеленой массы (6,8-14,0 т/га) у этих культур достигается при раннем поукосном сроке посева, после уборки предшествующей культуры в конце второй-начале третьей декады мая. Познливное возделывание кормосмесей снижает их урожайность. Применение минеральных удобрений при выращивании кормосмесей приводит к достоверному росту урожайности зеленой массы, однако с экономической точки зрения полученная прибавка урожая не окупает затраты на их приобретение и внесение. Среди кормовых смесей наибольшую урожайность (11,0-14,0 т/га) при всех сроках сева формировала суданская трава с редькой масличной. Зеленая масса этой травосмеси была лучшей по качеству с наибольшим содержанием протеина (14,21-17,36 %) и жира (3,72-4,11 %), меньшим – клетчатки (21,38-24,32 %).

Список литературы

1. Валитов А. В., Кузнецов И. Ю., Абдулманов Р. И., Абдуллин М. М., Ахияров Б. Г. Поукосные посевы рапса ярового в организации зеленого конвейера. Пермский аграрный вестник. 2018;(2(22)):36-43. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35146103>
2. Лопаткина Е. Д., Ленточкин А. М. Выращивание промежуточных культур как способ улучшения обеспеченности кормами и борьбы с засоренностью полей. Аграрный вестник Урала. 2012;(1(93)):10-12. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17840202>
3. Мельцаев И. Г. Полевое кормопроизводство – залог успешного развития животноводства и повышения плодородия почвы. Аграрный вестник Верхневолжья. 2017;(2):5-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29757302>
4. Акманаев Э. Д., Пешина Ю. С. Сравнительная продуктивность севооборота «озимая культура-яровой рапс» в зависимости от вида промежуточного посева и нормы высева ярового рапса. Пермский аграрный вестник. 2014;(4(8)):3-11. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22761094>
5. Акманаев Э. Д., Пешина Ю. С. Влияние нормы высева ярового рапса на продуктивность звена севооборота «озимая культура-яровой рапс» в промежуточных посевах. Аграрный вестник Урала. 2014;(10(128)):6-9. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22467805>
6. Козлова Л. М., Денисова А. В. Промежуточные культуры в полевых севооборотах Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2014;(5(42)):33-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21949842>
7. Козлова Л. М., Носкова Е. Н., Попов Ф. А. Совершенствование севооборотов для сохранения плодородия почвы и увеличения их продуктивности в условиях биологической интенсификации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019;20(5):467-477. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.467-477>
8. Ермакова Л. И. Влияние промежуточных сидератов на биологическую активность почвы и оптимизацию минерального питания культур звена полевого севооборота. Владимирский земледелец. 2020;3(93):52-55. DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10133>
9. Новиков М. Н., Фролова Л. Д. Сидераты как фактор оптимизации использования органических удобрений. Агрохимия. 2015;(4):44-53. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23215052>
10. Wang Z., Jiang H., Shen Yu. Forage production and soil water balance in oat and common vetch sole crops and intercrops cultivated in the summer-autumn fallow season on the Chinese Loess Plateau. European Journal of Agronomy. 2020;115:126042. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126042>
11. López-Bellido L., Wery Ja., López-Bellido R. J. Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. European Journal of Agronomy. 2014;60:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.07.001>

12. Zhang Q., Bell L. W., Shen Yu., Whish J. P. M. Indices of forage nutritional yield and water use efficiency amongst spring-sown annual forage crops in north-west China. *European Journal of Agronomy*. 2018;93:1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.003>
13. Андреева О. Т., Пилипенко Н. Г., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. Редька масличная в одновидовых и поливидовых посевах с мятликовыми культурами. *Сибирский вестник сельскохозяйственной науки*. 2020;50(2):23-31. DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-3>
14. Бабаев М. П., Рамазанова Ф. М., Мирзазаде Р. И. Влияние промежуточных посевов на микроагрегатный состав почв сухостепной и полупустынной зон Азербайджана. *Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки*. 2018;(2(198)):45-58. DOI: <https://doi.org/10.23683/0321-3005-2018-2-45-58>
15. Артемьев А. А., Гурьянов А. М., Капитанов М. П., Пронин А. А. Оценка агроклиматических условий и предшествующей культуры для возделывания промежуточных культур в лесостепи Поволжья. *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2019;(3(369)):9-12. DOI: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-13036>
16. Лошаков В. Г. Экологические и фитосанитарные функции зеленого удобрения. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2018;(5):30-42. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36605372>
17. Артемьев А. А., Гурьянов А. М., Капитанов М. П., Пронин А. А. Экономическая и энергетическая оценка возделывания промежуточных культур в поукосных и пожнивных посевах. *Кормопроизводство*. 2018;(10):11-15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36301717>

References

1. Valitov A. V., Kuznetsov I. Ju., Abdulmanov R. I., Abdullin M. M., Akhiyarov B. G. *Poukosnye posevy rapsa yarovogo v organizatsii zelenogo konveyera*. [Postcut sowings of spring rape in the organization of the green forage chain]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2018;(2(22)):36-43. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35146103>
2. Lopatkina E. D., Lentochkin A. M. *Vyrashchivanie promezhutochnykh kul'tur kak sposob uluchsheniya obespechennosti kormami i bor'by s zasorennost'yu poley*. [Cultivation of cover crops as a way to improving feed's availability and control of fields contamination]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2012;(1(93)):10-12. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17840202>
3. Meltsaev I. G. *Polevoe kormoproizvodstvo – zalog uspeshnogo razvitiya zhivotnovodstva i povysheniya plodorodiya pochvy*. [Field fodder production - place successful livestock development and increase of soil fertility]. *Agrarnyy vestnik Verkhnevolzh'ya = Agrarian Journal of Upper Volga Region*. 2017;(2):5-9. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29757302>
4. Akmanaev E. D., Peshina Yu. S. *Sravnitel'naya produktivnost' sevooborota «ozimaya kul'tura-yarovoy raps» v zavisimosti ot vida promezhutochnogo poseva i normy vyseva yarovogo rapsa*. [Productivity of crop rotation links «winter crops - spring rape» according to the intermediate crops and seeding rates of spring rape]. *Permskiy agrarnyy vestnik = Perm Agrarian Journal*. 2014;(4(8)):3-11. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22761094>
5. Akmanaev E. D., Peshina Yu. S. *Vliyanie normy vyseva yarovogo rapsa na produktivnost' zvena sevooborota «ozimaya kul'tura-yarovoy raps» v promezhutochnykh posevakh*. [Influence of seeding rates of spring rape on productivity crop rotation links «winter crops - spring rape» in the intermediate crops]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2014;(10(128)):6-9. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22467805>
6. Kozlova L. M., Denisova A. V. *Promezhutochnye kul'tury v polevykh sevooborotakh Kirovskoy oblasti*. [Catch crops in field crop rotations of Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2014;(5(42)):33-37. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21949842>
7. Kozlova L. M., Noskova E. N., Popov F. A. *Sovershenstvovanie sevooborotov dlya sokhraneniya plodorodiya pochvy i uvelicheniya ikh produktivnosti v usloviyakh biologicheskoy intensivifikatsii*. [Improvement of crop rotations aimed at increasing their efficiency and conserving soil fertility in conditions of biological intensification]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2019;20(5):467-477. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.467-477>
8. Ermakova L. I. *Vliyanie promezhutochnykh sideratov na biologicheskuyu aktivnost' pochvy i optimizatsiyu mineral'nogo pitaniya kul'tur zvena polevogo sevooborota*. [Impact of betweencrop on soil biological activity and optimization of mineral nutrition of crop rotation units]. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agricolist*. 2020;3(93):52-55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2225-2584-2020-10133>
9. Novikov M. N., Frolova L. D. *Sideraty kak faktor optimizatsii ispol'zovaniya organicheskikh udobreniy*. [Green manure as the factor of optimization of organic fertilization]. *Agrokhimiya*. 2015;(4):44-53. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=23215052>
10. Wang Z., Jiang H., Shen Yu. Forage production and soil water balance in oat and common vetch sole crops and intercrops cultivated in the summer-autumn fallow season on the Chinese Loess Plateau. *European Journal of Agronomy*. 2020;115:126042. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126042>
11. López-Bellido L., Wery Ja., López-Bellido R. J. Energy crops: Prospects in the context of sustainable agriculture. *European Journal of Agronomy*. 2014;60:1-12. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.07.001>
12. Zhang Q., Bell L. W., Shen Yu., Whish J. P. M. Indices of forage nutritional yield and water use efficiency amongst spring-sown annual forage crops in north-west China. *European Journal of Agronomy*. 2018;93:1-10. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.003>
13. Андреева О. Т., Пилипенко Н. Г., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. *Red'ka maslichnaya v odnovidovykh i polividovykh posevakh s myatlikovymi kul'turami*. [Oilseed radish in single- and multi-crop sowings with poaceous crops].

Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science. 2020;50(2):23-31. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-2-3>

14. Babaev M. P., Ramazanova F. M., Mirzazade R. I. *Vliyanie promezhutochnykh posevov na mikroagregatnyy sostav pochv sukhostepnoy i polupustynnoy zon Azerbaydzhana*. [The influence of the intermediate sowings on microaggregate composition soils in the dry steppe and semi-desert zone of Azerbaijan]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region. Seriya: Estestvennye nauki* = Bulletin of Higher Education Institutes North Caucasus Region. Natural Sciences. 2018;(2(198)):45-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23683/0321-3005-2018-2-45-58>

15. Artemyev A. A., Guryanov A. M., Kapitanov M. P., Pronin A. A. *Otsenka agroklimaticheskikh usloviy i predshestvuyushchey kul'tury dlya vozdeleyvaniya promezhutochnykh kul'tur v lesostepi Povolzh'ya*. [Assessment of agroclimatic conditions and previous culture for cultivation of intermediate crops in the forest-steppe of the Volga region]. *Mezhdunarodnyy sel'skokhozyaystvennyy zhurnal* = International Agricultural Journal. 2019;(3(369)):9-12. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2587-6740-2019-13036>

16. Loshakov V. G. *Ekologicheskie i fitosanitarnye funktsii zelenogo udobreniya*. [Ecological and phyto-sanitary functions of green manure]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2018;(5):30-42. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36605372>

17. Artemyev A. A., Guryanov A. M., Kapitanov M. P., Pronin A. A. *Ekonomicheskaya i energeticheskaya otsenka vozdeleyvaniya promezhutochnykh kul'tur v poukosnykh i pozhniynykh posevakh*. [Economic and energy assessment of postcut and postharvest crops]. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2018;(10):11-15. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36301717>

Сведения об авторах

✉ **Артемяев Андрей Александрович**, доктор с.-х. наук, доцент, ведущий научный сотрудник, зам. директора по научной работе, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р. п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8759-8070>, e-mail: artemjevaa@yandex.ru

Гурьянов Александр Михайлович, доктор с.-х. наук, профессор, директор, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р. п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2642-1498>

Капитанов Михаил Павлович, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией кормопроизводства, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р. п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru

Пронин Алексей Александрович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Мичурина, д. 5, р. п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru

Information about the authors

✉ **Andrey A. Artemjev**, DSc in Agricultural Science, associate professor, leading researcher, Deputy Director for Research, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Michurin street, 5, work settlement Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8759-8070>, e-mail: artemjevaa@yandex.ru

Alexander M. Guryanov, DSc in Agricultural Science, professor, director, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Michurin street, 5, work settlement Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2642-1498>

Michael P. Kapitanov, PhD in Agricultural Science, leading researcher, Head of the Laboratory of Fodder Production, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Michurin street, 5, work settlement Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru

Alexey A. Pronin, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Michurin street, 5, work settlement Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: niish-mordovia@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.745-753>
УДК 636.034:636.087.6



Репродуктивная функция и молочная продуктивность коров при применении Ламарин Saldonum

© 2021. Н. А. Шемуранова ✉, Н. А. Гарифуллина

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

Эксперимент проводили на базе сельскохозяйственного производственного кооператива колхоз «Искра» (Кировская обл.) на 40 высокопродуктивных коровах черно-пестрой голштинизированной породы, разделенных методом парных аналогов на 4 группы по 10 голов. Изучали влияние биологически активной добавки Ламарин Saldonum на репродуктивную функцию и молочную продуктивность коров, для чего животным опытных групп за 30 дней до предполагаемого отела в течение 60 дней ежедневно скармливали добавку в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 г на 1 кг живой массы. Установлено, что Ламарин Saldonum не оказывает отрицательного влияния на продолжительность беременности, при этом способствует снижению числа родовых и послеродовых заболеваний. У коров опытных групп задержание последа и случаи возникновения послеродового эндометрита регистрировали реже на 10-20 % и 10-30 % соответственно. Также установлено, что у животных опытных групп индифферент-период сократился на 8,13-14,49 %, количество дней от отела до плодотворного осеменения на 30,51-53,82 дня, количество дней бесплодия – на 33,63-59,37 % в сравнении с интактными особями. Лучшую молочную продуктивность проявили коровы второй опытной группы, где валовой надой превышал значения контрольной группы в первый месяц лактации на 19,63 %, во второй – на 13,43 %, в третий – на 39,87 %. Была установлена необходимость проведения дополнительных исследований для определения эффективной дозы биодобавки Ламарин Saldonum, которая окажет стимулирующий эффект на воспроизводительную функцию высокопродуктивных коров.

Ключевые слова: ламинария японская, расторопша пятнистая, коровы, воспроизводство, молоко, валовой надой

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0088).

Авторы благодарят за содействие в проведении исследований директора Центра коллективного пользования научным оборудованием «Агробиотехнология» ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» доктора ветеринарных наук, профессора *Андрея Викторовича Филатова* и заведующего лабораторией иммунобиологического анализа биологических объектов Центра коллективного пользования научным оборудованием «Агробиотехнология» ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет» кандидата ветеринарных наук, доцента *Александра Фёдоровича Сапожникова*.

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Репродуктивная функция и молочная продуктивность коров при применении Ламарин Saldonum. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):745-753. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.745-753>

Поступила: 26.05.2021

Принята к публикации: 22.09.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Reproductive function and dairy productivity of cows when applying Lamarin Saldonum

© 2021. Natalia A. Shemuranova ✉, Natalia A. Garifullina

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

The experiment was conducted on the basis of the agricultural production cooperative kolkhoz "Iskra" (Kirov region) in 40 highly productive cows of black-motley Holstein zed breed, which were divided by the method of paired analogues into 4 groups of 10 heads. The influence of the biologically active additive Lamarin Saldonum on the reproductive function and the milk productivity of cows was studied. The animals of the experimental groups were given the additive daily in doses of 0.1, 0.2 and 0.3 g per 1 kg of live weight for 30 days before calving during 60 days. It has been established that Lamarin Saldonum does not negatively affect the duration of pregnancy, while it helps to reduce the number of generic and postpartum diseases. In cows of the experimental groups retention of placenta was registered 10-20 % less often and the development of postpartum endometritis was observed 10-30 % less often. It was also found that in the animals of the experimental groups the indifferent period was reduced by 8.13-14.49 %, the number of days from calving to fruitful insemination was decreased

by 30.51-53.82 days, the number of days of infertility was reduced by 33.63-59.37 % compared to intact animals. The cows of the second experimental group showed the best milk productivity, where the gross milk yield exceeded the values of the control group in the first month of lactation by 19.63 %, in the second – by 13.43 %, in the third – by 39.87 %. The need for additional studies to determine the effective dose of the additive *Lamarin Saldonum*, which will have a stimulating effect on the reproductive function of high-productive cows, has been established.

Keywords: *Laminaria japonica*, *Silybum marianum* (L). Gaertn, cows, reproduction, milk, gross milk yield

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. 0528-2019-0088).

The authors are thankful for the assistance in conducting the scientific research to the Director of the Center for collective use of the scientific equipment «Agrobiotechnology» of Vyatka State Agrotechnology University, Doctor of Veterinary Science, professor Filatov Andrey and the Head of the Laboratory of Immunobiological Analysis of Biological Objects of the Center for collective use of the scientific equipment «Agrobiotechnology» of Vyatka State Agrotechnology University, PhD of Veterinary Science, associate professor Sapozhnikov Alexander.

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

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Shemuranova N. A., Garifullina N. A. Reproductive function and dairy productivity of cows when applying *Lamarin Saldonum*. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):745-753. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.745-753>

Received: 26.05.2021 Accepted for publication: 22.09.2021 Published online: 27.10.2021

Интенсификация животноводства, направленная на увеличение производства продукции для удовлетворения потребностей растущего населения, негативно отразилась на состоянии здоровья и продолжительности хозяйственного использования животных.

В молочном скотоводстве Российской Федерации за период 1999-2019 гг. отмечено сокращение маточного поголовья крупного рогатого скота на 1689,1 тыс. голов при одновременном увеличении продуктивности за 305 дней лактации на 4487 кг (с 2838 до 7325 кг) [1]. При этом средняя продолжительность использования коров составляет 2,5-3 лактации [2, 3]. Большая часть высокопродуктивных коров выбывает из стада непосредственно сразу после отела или в первые 100 дней лактации по причине патологий обмена веществ (ацидоз, кетоз, гепатоз, остеодистрофия), бесплодия, вызванного рядом гинекологических заболеваний и проблем с конечностями [2, 3, 4, 5, 6].

Ряд авторов связывает ухудшение репродуктивной функции коров с отрицательным энергетическим балансом, возникающим в период становления лактации, когда количества потребленных питательных веществ и энергии недостаточно для удовлетворения всех потребностей организма, и процесс получения молока идет с использованием собственных резервов тела в ущерб здоровью и воспроизводительной способности животных [7, 8, 9].

Дефицит глюкозы, избыточная мобилизация белков и липидов из тканей приводит к повышенному содержанию в крови свободных жирных кислот и кетоновых тел, что в конечном итоге вызывает ряд метаболических

нарушений, и в первую очередь страдает печень [8, 9, 10]. Кроме того, с молоком из организма выводится большое количество макро- и микроэлементов, витаминов, нормировать которые в рационах высокопродуктивных коров необходимо особо тщательно.

Полноценное кормление коров в транзитный период должно быть организовано таким образом, чтобы получить максимальное количество молока без ухудшения здоровья и репродуктивной функции животных. Тенденция последних лет, прослеживаемая в животноводстве всего мира, направлена на использование биологически активных компонентов растительного происхождения для стимуляции продуктивности, улучшения переваривания и всасывания питательных веществ корма, повышения естественной резистентности организма [11, 12]. Биологически активные экстракты некоторых растений по своей эффективности не уступают препаратам химического и микробиологического происхождения, а также обеспечивают получение экологически чистой и безопасной продукции.

Исходя из вышеизложенного, применение ламинарии японской (*Laminaria japonica*) и расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.) Gaertn), имеющих уникальный биологический состав [12], в кормлении высокопродуктивных молочных коров в конце сухостойного периода и в начале лактации позволит не только обогатить рацион дефицитными микроэлементами и витаминами, но и нормализовать обменные процессы, работу печени, способствуя повышению молочной продуктивности и сохраняя репродуктивную функ-

цию животных. Экспериментальная добавка Ламарин Saldonum объединила в себе оба растения.

Цель исследований – изучение действия разных доз биологически активной добавки Ламарин Saldonum на репродуктивную функцию коров и их молочную продуктивность в период раздоя.

Впервые изучено действие разных доз биологически активной добавки Ламарин Saldonum на воспроизводительную функцию коров, а именно: развитие у них акушерской патологии, заболеваемость маститом, индифференс-период, количество дней от отела до плодотворного осеменения, количество дней бесплодия, а также на их молочную продуктивность в период раздоя.

Материал и методы. Изучаемая экспериментальная добавка разработана на базе лаборатории кормления сельскохозяйственных животных ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Основными действующими компо-

нентами Ламарин Saldonum являются ламинария японская и расторопша пятнистая, в качестве экстрагента для ламинарии выбрана молочная кислота [13].

Базой для проведения научно-хозяйственного эксперимента был выбран сельскохозяйственный производственный кооператив колхоз «Искра» Котельничского района Кировской области. В опыте участвовало 40 коров черно-пестрой голштинизированной породы в возрасте 2-5 лактации со средним удоем за предыдущую лактацию 7500 кг молока. На предприятии предусмотрен привязный способ и круглогодичная безвыгульная система содержания животных.

Вначале эксперимента рационы коров соответствовали нормам¹, разработанным Всероссийским государственным научно-исследовательским институтом животноводства (ВИЖ) для глубокостельных коров, а в последствии – для коров в период раздоя с учетом их молочной продуктивности (табл. 1).

Таблица 1 – Соотношение видов кормов в рационах коров в разные периоды эксперимента, % сухого вещества /

Table 1 – The ratio of different types of feed in the diets of cows in different periods of the experiment, % of dry matter

Вид корма / Type of feed	Сухостойный период / Interlactation period		Период раздоя / Increasing the milk yield
	1	2	
Грубые / Coarse	87,56	48,69	-
Концентрированные / Concentrated	12,44	51,31	46,67
Сочные / Succulent	-	-	53,33

Для проведения эксперимента коров методом парных аналогов разделили на 4 группы по 10 животных в каждой. Первой группе коров за 30 дней до предполагаемого отела в ежедневный рацион вводили биодобавку Ламарин Saldonum из расчета 0,1 г на 1 кг живой массы животного в сутки, второй группе животных биодобавка скармливалась в тот же период в дозе 0,2 г на 1 кг живой массы, третьей группе в дозе 0,3 г на 1 кг живой массы. Добавку скармливали индивидуально в утреннее кормление в смеси с небольшим

количеством корма. Продолжительность применения добавки составила 60 дней. Четвертая группа животных служила контролем, которые получали только основной рацион, соответствующий их физиологическому состоянию. Схема эксперимента представлена в таблице 2.

Для оценки влияния изучаемой добавки на репродуктивную функцию коров учитывали продолжительность беременности, течение родового процесса, развитие послеродовых заболеваний, а впоследствии – продолжительность сервис-периода и индекс осеменения^{2,3}.

¹Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. 3-е издание переработанное и дополненное. Под ред. Калашникова А. П., Фисинина И. В., Щеглова В. В., Клейменова Н. И. М., 2003. 456 с.

²Методические указания по диагностике, терапии и профилактике болезней органов размножения у коров и тёлочек. М., 2000. 39 с.

³Основные болезни органов размножения коров и тёлочек: диагностика, лечение, профилактика: методическое пособие. Россельхозакадемия. ГНУ Красноярский НИИЖ. Красноярск, 2011. 58 с.

Таблица 2 – Схема научного эксперимента (n = 10) /
Table 2 – Scheme of the scientific experiment (n = 10)

Группа / Group	Условия кормления + суточная доза применения Ламарин Saldonum, г на 1 кг живой массы / Feeding conditions + daily dose of application Lamarin Saldonum, g per 1 kg of body weight	Продолжительность применения Ламарин Saldonum, дни / Duration of Lamarin Saldonum application, days
Первая / First	ОР* + 0,1 / BD* + 0.1	60
Вторая / Second	ОР + 0,2 / BD + 0.2	60
Третья / Third	ОР + 0,3 / BD + 0.3	60
Четвертая (контроль) / Fourth (control)	ОР / BD	0

*ОР – основной рацион, соответствующий физиологическому состоянию животного /

*BD – basic diet corresponding to the physiological state of the animal

Учет молочной продуктивности вели с помощью еженедельных контрольных доек.

Статистическую обработку данных проводили согласно общепринятым методикам с применением методов вариационной статистики на персональном компьютере с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel.

Результаты и их обсуждение. Определено влияние добавки на продолжительность стельности коров и установлено, что Ламарин Saldonum не оказывает отрицательного влияния на течение беременности и родов у коров,

не вызывает преждевременные роды и не способствует увеличению срока беременности. Средняя продолжительность стельности составляла в первой группе 275,00±1,68, во второй – 277,86±1,40, в третьей – 271,50±1,82, в четвертой – 268,86±5,45 дня. От каждой коровы, участвовавшей в эксперименте, получен жизнеспособный приплод.

Изучение распространения акушерской патологии у коров в исследуемых группах проводили в родовой и послеродовой периоды. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Заболеваемость коров в родовой и послеродовой периоды (n = 10) /
Table 3 – Morbidity of cows during labor and postpartum periods (n = 10)

Группа / Group	Задержание последа / Detaining the afterbirth		Послеродовой эндометрит / Postpartum endometritis	
	количество животных / number of animals	%	количество животных / number of animals	%
Первая / First	2	20	3	30
Вторая / Second	1	10	1	10
Третья / Third	1	10	1	10
Четвертая (контроль) / Fourth (control)	3	30	4	40

Наиболее часто задержание последа регистрировалось у коров контрольной группы, где данная акушерская патология была обнаружена у 30 % животных. Во второй и третьей опытных группах этому заболеванию было подвержено 10 % коров, в первой – 20 %.

Послеродовой эндометрит регистрировали у 40 % животных интактной группы и 30 % коров первой опытной группы, тогда как в группах, где коровы получали добавку в дозах 0,2 и 0,3 г/кг живой массы данный диагноз был поставлен только 10 % животных.

Мастит – воспаление вымени коров, которое приводит к снижению их молочной продуктивности и ухудшению качества молока. Чем выше продуктивность животных, тем более они предрасположены к заболеванию маститом и тем значительнее потери. За счёт снижения молочной продуктивности, ухудшения санитарного качества молока, расстройств воспроизводительной функции, преждевременной выбраковки животных и затрат на лечение, маститы наносят большой экономический ущерб отрасли молочного животноводства.

Введение в состав рациона кормления биологически активной добавки Ламарин Saldonum профилактировало развитие маститов у новотельных коров опытных групп, а также

способствовало более быстрому выздоровлению животных при применении добавки в составе комплексной терапии (табл. 4).

Таблица 4 – Заболеваемость коров маститом в первые 50 дней лактации (n = 10) / Table 4 – The morbidity of cows with mastitis in the first 50 days of lactation (n = 10)

Период после отела, дни / Period after calving, days	Группа / Group							
	первая / first		вторая / second		третья / third		четвертая (контроль) / fourth (control)	
	гол. / heads	%	гол. / heads	%	гол. / heads	%	гол. / heads	%
10	6	60	2	20	4	40	5	50
20	4	40	5	50	2	20	6	60
30	7	70	2	20	3	30	6	60
40	6	60	1	10	1	10	5	50
50	1	10	0	0	1	10	2	20

Как видно из данных таблицы 4, во второй опытной группе, где изучаемую добавку скармливали коровам в дозе 0,2 г/кг, за первые 10 дней лактации количество случаев возникновения маститов составило 20 %, по сравнению с 50 % в контроле, 60 и 40 % в группах коров, где добавку применяли в дозах 0,1 и 0,3 г/кг живой массы соответственно. К 50 дню лактации доля здоровых коров в группе с использованием добавки Ламарин Saldonum в дозе 0,2 г/кг живой массы составила 100 % в сравнении с 90 % при использовании дозы 0,1 и 0,3 г/кг живой массы и 80 % в интактной группе.

Впоследствии мы проводили наблюдения за восстановлением репродуктивной функции животных, участвовавших в опыте. Наименьший индифферент-период, равный $70,00 \pm 1,46$ дням, имели коровы третьей опытной группы (табл. 5). Этот показатель был достоверно меньше аналога контрольной группы на 14,49 %. Коровы первой опытной группы также превосходили животных четвертой группы по этому показателю на 11,09 % ($p < 0,05$). У аналогов второй группы время от отела до первого осеменения хоть и сократилось на 8,13 % в сравнении с интактными животными, однако, достоверных отличий выявлено не было.

Таблица 5 – Восстановление репродуктивной функции коров после отела / Table 5 – Restoration of the reproductive function of cows after calving

Показатель / Indicator	Группа / Group			
	первая / first	вторая / second	третья / third	четвертая (контроль) / fourth (control)
Индифферент-период, дни / Indifference-period, days	$72,14 \pm 1,18^*$	$74,14 \pm 2,46$	$70,00 \pm 1,46^{**}$	$80,14 \pm 2,71$
Период от отела до плодотворного осеменения, дни / Period from calving to fruitful insemination, days	$99,29 \pm 14,56$	$120,20 \pm 23,92$	$96,86 \pm 8,25^*$	$150,71 \pm 23,08$
Индекс осеменения / Insemination index	$1,86 \pm 0,40$	$2,43 \pm 0,72$	$1,75 \pm 0,16$	$2,43 \pm 0,43$
Период бесплодия, дни / Period of infertility, days	$39,29 \pm 14,56$	$60,20 \pm 23,92$	$36,86 \pm 8,25^*$	$90,71 \pm 23,08$

Примечание: различия достоверны по отношению к контрольной группе при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$ / Note: the differences are reliable in relation to the control group at * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

Наибольшее количество дней от отела до плодотворного осеменения было зарегистрировано в контрольной группе –

$150,71 \pm 23,08$ дня. У коров первой, второй и третьей опытных групп время от отела до плодотворного осеменения сократилось соот-

ветственно на 51,42 дня, 30,51 и 53,82 дня ($p < 0,05$).

Лучший индекс осеменения ($1,75 \pm 0,16$) регистрировали в третьей группе, тогда как во второй и четвертой группах он был практически одинаковым: $2,43 \pm 0,72$ и $2,43 \pm 0,43$, а в первой немного превышал показатель третьей группы – $1,86 \pm 0,40$.

В молочном животноводстве стандартным считается сервис-период, равный 60 дням. Таким образом, наибольшее количество дней бесплодия регистрировалось в четвертой группе, тогда как в группах, где в рацион коров был включен Ламарин Saldonum в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 г на 1 кг живой массы, значения данного показателя были меньше на 56,69 %, 33,63 и 59,37 % ($p < 0,05$).

Низкие показатели восстановления репродуктивной функции коров при скармлировании им добавки Ламарин Saldonum в дозе 0,2 г на 1 кг живой массы связаны с увеличе-

нием молочной продуктивности животных в этой группе. Общеизвестно, что воспроизводительная функция у молочного скота имеет обратную корреляцию с молочной продуктивностью [4, 14, 15, 16, 17, 18], что еще раз подтверждают проведенные далее исследования.

При изучении влияния биологически активной добавки Ламарин Saldonum на молочную продуктивность коров установлено, что применение ее в рационах способствовало стимуляции секреции молока у животных опытных групп в период раздоя, что выражалось в росте валовых надоев сырого молока. Так, в первый месяц лактации наибольший валовой надой был получен во второй опытной группе и составил 8613 кг, что на 19,63 % (1413 кг) больше в сравнении с контрольной группой. В первой и третьей опытных группах валовой надой молока также превышал показатель контроля, различия в обоих случаях составили 534 кг (7,42 %) (табл. 6).

*Таблица 6 – Валовой надой сырого молока за первые 3 месяца лактации, кг /
Table 6 – Gross milk yield dof raw milk for the first 3 months of lactation, kg*

Месяц лактации / Month of lactation	Группа / Group			
	первая / first	вторая / second	третья / third	четвертая (контроль) / fourth (control)
Первый / First	7734	8613	7734	7200
Второй / Second	9432	10842	9999	9558
Третий / Third	9066	11871	10533	8487
Итого за период раздоя / Total for the period of increasing the milk yield	26232	31326	28266	25245

Во второй месяц лактации валовой надой сырого молока во второй опытной группе превышал аналогичный показатель контроля на 1284 кг, или 13,43 %, в третьей – на 441 кг, или 4,61 %. Тогда как в первой опытной группе за этот период валовой надой был ниже интактной группы на 126 кг (1,32 %) и составил 9432 кг.

В третий месяцы периода раздоя молочная продуктивность коров первой и четвертой групп несколько снизилась по отношению ко второму месяцу, однако в первой опытной группе было получено больше сырого молока в сравнении с контролем на 579 кг, что в процентном выражении составило 8,62 %. От коров второй и третьей опытных групп в этот период также было получено больше молока в сравнении с ана-

логами контроля: различия составили соответственно 3384 кг (39,87 %) и 2046 кг (24,11 %).

За весь период раздоя валовой надой молока у коров первой опытной группы составил 26232 кг молока, у второй опытной – 31326 кг, у третьей – 28266 кг, что на 3,91, 24,09 и 11,97 % больше в сравнении с аналогичным показателем четвертой контрольной группы, в которой валовой надой за этот период составил 25245 кг.

Заключение. Применение в рационах высокопродуктивных коров за 30 дней до предполагаемой даты отела в течение 60 дней биологически активной добавки Ламарин Saldonum в дозах 0,1, 0,2 и 0,3 г/кг живой массы оказывает стимулирующее действие на организм животных, при этом не проявляя отрицательного воздействия на сроки и тече-

ние беременности коров, способствует снижению числа родовых и ранних послеродовых заболеваний, профилактике заболеваемости коров маститом и ускоряет выздоровление заболевших животных.

Под действием добавки восстановление репродуктивной функции коров происходит быстрее, что позволяет сократить индифференс-период на 8,13-14,49 %, снизить количество дней от отела до плодотворного осеменения на 30,51-53,82 дня, а также количество дней бесплодия на 33,63-59,37 %. Индекс осеменения во второй опытной группе, показавшей наилучшие результаты по молочной продуктивности, не отличался от показателя

контроля, наилучшие результаты получены в третьей опытной группе. Это говорит о необходимости проведения дополнительных исследований для определения оптимальной дозы добавки, способствующей стимуляции воспроизводительной функции коров.

Установлен стимулирующий эффект Ламарин Saldonum на биосинтез молочной продукции животных, что выражается в повышении валового надоя сырого молока в период раздоя. Высокие результаты получены при скармливании животным добавки в дозе 0,2 г на 1 кг живой массы, у которых валовой надой молока превышал показатель интактной группы на 13,43-39,87 %.

Список литературы

1. Матвеева Е. А., Тяпугин Е. Е., Боголюбова Л. П., Никитина С. В., Семенова Н. В., Тяпугин С. Е., Кочетков А. А. Динамика численности и продуктивности молочного и молочно-мясного скота в Российской Федерации. Молочное и мясное скотоводство. 2020;(8):3-6.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44531380>
2. Евглевский А. А., Ерыженская Н. Ф., Скира В. Н., Евглевская Е. П., Рыжкова Г. Ф., Михайлова И. И. Дефицит энергии у новотельных коров: проблемы и решения. Вестник Российской сельскохозяйственной науки. 2017;(4):61-63. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30770207>
3. Шабунин С. В., Нежданов А. Г., Алехин Ю. Н. Проблемы профилактики бесплодия у высокопродуктивного молочного скота. Ветеринария. 2011;(2):3-8.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15577894>
4. Порфирьев И. А. Бесплодие высокопродуктивных коров. Ветеринария. 2009;(8):37-40.
Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12930957>
5. Белова С. Н., Кишняйкина Е. А., Ларина Н. А. Анализ причин низкого выхода телят и разработка рекомендаций по улучшению воспроизводительных качеств коров. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(2):55-58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29008720>
6. McArt J. A. A., Nydam D. V., Oetzel G. R. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. DairySci. 2012;95(9):5056-5066. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443>
7. Лебедева И. Ю., Соломахин А. А. Метаболический статус крупного рогатого скота в предотельный и послеотельный периоды в связи с функциональным состоянием яичников. Молочное и мясное скотоводство. 2021;(1):41-46. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45152736>
8. Душкин Е. В. О связи между функцией молочной железы и жировой дистрофией печени у высокопродуктивных коров. Сельскохозяйственная биология. 2010;45(2):18-24.
Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/2-2010dushkin.html>
9. Шапошников И. Т., Коцарев В. Н., Бригадиров Ю. Н., Папин Н. Е. Метаболический статус коров во время лактации при различном функциональном состоянии печени. Молочное и мясное скотоводство. 2018;(4):30-33. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35325828>
10. El-Kasrawy N. I., Swelum A. A., Abdel-Latif M. A., Alsenosy A., El-Wahab A., Beder N. A., Alkahtani S., Abdel-Daim M. M., Abd El-Aziz A. H. Efficacy of different drenching regimens of gluconeogenic precursors during transition period on body condition score, production, reproductive performance, subclinical ketosis and economics of dairy cows. Animals. 2020;10(6):937. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10060937>
11. Банго О. А., Прохоров О. Н., Шевченко С. А., Шевченко А. И., Дядичкина Т. В. Фитобиотики в кормлении сельскохозяйственных животных (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2018;53(4):687-697.
Режим доступа: <http://www.agrobiology.ru/4-2018bagnoo.html>
12. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Растения как основа для создания экологически безопасных высокофункциональных биодобавок для животных (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(5):483-502. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>
13. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Ламинария японская и расторопша пятнистая для повышения продуктивности быков-производителей. Ветеринария. 2020;(12):43-46.
DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.12.43-46>

14. Васильева О. К. Взаимосвязь упитанности, молочной продуктивности и воспроизводительных качеств коров-первотелок. Генетика и разведение животных. 2019;(2):71-76.

DOI: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-71-76>

15. Аминова А. Л., Юмагузин И. Ф., Фенченко Н. Г., Хайруллина Н. И., Шамсутдинов Д. Х. Репродуктивный статус коров в зависимости от продуктивности и количества лактаций. Молочное и мясное скотоводство. 2019;(6):29-31. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41421072>

16. Фирсова Э. В., Карташова А. П., Митюков А. С. Взаимосвязь воспроизводительных способностей и молочной продуктивности коров. Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2017;(48):53-58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30383539>

17. Сакса Е. И., Барсукова О. Е. Влияние уровня продуктивности на плодовитость коров. Зоотехния. 2007;(11):23-26. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11743769>

18. Громова Т. В., Косарев А. П., Конорев П. В., Цой Т. А. Воспроизводительная способность и ее влияние на эффективность использования коров Приобского типа черно-пестрой породы. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016;(7(141)):108-114.

Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26341481>

Reference

1. Matveeva E. A., Tyapugin E. E., Bogolyubova L. P., Nikitina S. V., Semenova N. V., Tyapugin S. E., Kochetkov A. A. *Dinamika chislennosti i produktivnosti molochnogo i molochno-myasnogo skota v Rossiyskoy Federatsii*. [Dynamics of number and productivity of dairy and meat-dairy cows in Russian Federation]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2020;(8):3-6. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44531380>

2. Evglevskiy A. A., Eryzhenskaya N. F., Skira V. N., Evglevskaya E. P., Ryzhkova G. F., Mikhaylova I. I. *Defitsit energii u novotel'nykh korov: problemy i resheniya*. [Energy deficiency of the newly calved cows: problems and solutions]. *Vestnik Rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2017;(4):61-63. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30770207>

3. Shabunin S. V., Nezhdanov A. G., Alekhin Yu. N. *Problemy profilaktiki besplodiya u vysokoproduktivnogo molochnogo skota*. [Problems of infertility prophylaxis in highly productive dairy cattle]. *Veterinariya* = Veterinary. 2011;(2):3-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15577894>

4. Porfiriev I. A. *Besplodie vysokoproduktivnykh korov*. [Sterility in high-productive dairy cows]. *Veterinariya* = Veterinary. 2009;(8):37-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12930957>

5. Belova S. N., Kishnyaykina E. A., Larina N. A. *Analiz prichin nizkogo vykhoda telyat i razrabotka rekomendatsiy po uluchsheniyu vosproizvoditel'nykh kachestv korov*. [Analysis of the reasons of low output of calves and development of measures to improve the reproductive qualities of cows]. *Dostizheniya nauki i tekhniki AПК = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31(2):55-58. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29008720>

6. McArt J. A. A., Nydam D. V., Oetzel G. R. Epidemiology of subclinical ketosis in early lactation dairy cattle. *DairySci*. 2012;95(9):5056-5066. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5443>

7. Lebedeva I. Yu., Solomakhin A. A. *Metabolicheskiy status krupnogo rogatogo skota v predotel'nyy i posleotel'nyy periody v svyazi s funktsional'nym sostoyaniem yaichnikov*. [Metabolic status of cattle during the prepartum and postpartum periods in relation to the ovarian functional state]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2021;(1):41-46. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=45152736>

8. Dushkin E. V. *O svyazi mezhdu funktsiyey molochnoy zhelezy i zhirovoy distrofiyey pecheni u vysokoproduktivnykh korov*. [Correlation between mammary gland activity and fatty degeneration of liver in high productive cows]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2010;45(2):18-24. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/2-2010dushkin.html>

9. Shaposhnikov I. T., Kotsarev V. N., Brigadirov Yu. N., Papin N. E. *Metabolicheskiy status korov vo vremya laktatsii pri razlichnom funktsional'nom sostoyanii pecheni*. [Metabolic status of cows during lactation in different functional state of the liver]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo* = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming. 2018;(4):30-33. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35325828>

10. El-Kasrawy N. I., Swelum A. A., Abdel-Latif M. A., Alsenosy A., El-Wahab A., Beder N. A., Alkahtani S., Abdel-Daim M. M., Abd El-Aziz A. H. Efficacy of different drenching regimens of dluconeogenic precursors during transition period on body condition score, production, reproductive performance, subclinical ketosis and economics of dairy cows. *Animals*. 2020;10(6):937. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani10060937>

11. Bango O. A., Prokhorov O. N., Shevchenko S. A., Shevchenko A. I., Dyadichkina T. V. *Fitobiotiki v kormlenii sel'skokhozyaystvennykh zhiivotnykh (obzor)*. [Use of phytobiotics in farm animal feeding]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2018;53(4):687-697. (In Russ.). URL: <http://www.agrobiology.ru/4-2018bagn.html>

12. Shemuranova N. A., Garifullina N. A. *Rasteniya kak osnova dlya sozdaniya ekologicheski bezopasnykh vysokofunktsional'nykh biodobavok dlya zhivotnykh (obzor)*. [Plants as the basis for the development of environmentally friendly highly functional bioadditives for animals (review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(5):483-502. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.5.483-502>

13. Shemuranova N. A., Garifullina N. A. *Laminariya yaponskaya i rastoropsha pyatnistaya dlya povysheniya produktivnosti bykov-proizvoditeley*. [Laminaria japonica and silybum marianum to increase productivity of bulls-sires]. *Veterinariya = Veterinary*. 2020;(12):43-46. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.12.43-46>

14. Vasileva O. K. *Vzaimosvyaz' upitannosti, molochnoy produktivnosti i vosproizvoditel'nykh kachestv korov-pervotelok*. [Relationships body condition score, milk yield and reproductive performance of first-calving cows]. *Genetika i razvedenie zhivotnykh = Genetics and breeding of animals*. 2019;(2):71-76. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.31043/2410-2733-2019-2-71-76>

15. Aminova A. L., Yumaguzin I. F., Fenchenko N. G., Khayrullina N. I., Shamsutdinov D. Kh. *Reproduktivnyy status korov v zavisimosti ot produktivnosti i kolichestva laktatsiy*. [Dependence of cow reproduction status on the productivity and the quantity of lactation periods]. *Molochnoe i myasnoe skotovodstvo = Journal of Dairy and Beef Cattle Farming*. 2019;(6):29-31. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41421072>

16. Firsova E. V., Kartashova A. P., Mityukov A. S. *Vzaimosvyaz' vosproizvoditel'nykh sposobnostey i molochnoy produktivnosti korov*. [The relationship of reproductive abilities and dairy productivity of cows]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2017;(48):53-58. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30383539>

17. Saksa E. I., Barsukova O. E. *Vliyanie urovnya produktivnosti na plodovitost' korov*. [Effect of milk productivity on fertility of cows]. *Zootekhnika*. 2007;(11):23-26. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11743769>

18. Gromova T. V., Kosarev A. P., Konorev P. V., Tsoy T. A. *Vosproizvoditel'naya sposobnost' i ee vliyanie na effektivnost' ispol'zovaniya korov Priobskogo tipa cherno-pestroy porody*. [Reproductive ability and its influence on the use efficiency of black-pied cows of the Priobskiy type]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2016;(7(141)):108-114. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26341481>

Сведения об авторах

✉ **Шемуранова Наталья Александровна**, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией кормления сельскохозяйственных животных, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: kormlenie@fanc-sv.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3501-9348>, e-mail: nashem85@yandex.ru

Гарифуллина Наталья Аркадьевна, младший научный сотрудник лаборатории кормления сельскохозяйственных животных, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: kormlenie@fanc-sv.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-4507>

Information about the authors

✉ **Natalia A. Shemuranova**, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Feeding Farm Animals, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: kormlenie@fanc-sv.ru,

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3501-9348>, e-mail: nashem85@yandex.ru

Natalia A. Garifullina, junior researcher, the Laboratory of Feeding Farm Animals, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007,

e-mail: kormlenie@fanc-sv.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1325-4507>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Сравнительная оценка хозяйственно полезных признаков полугрубошерстных и грубошерстных овец в Республике Тыва

© 2021. С. С. Монгуш ✉

ФГБНУ «Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»,
г. Кызыл, Российская Федерация

В Республике Тыва овцеводство является ведущей отраслью животноводства. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия, на 1 января 2021 года численность овец составляет 980 тыс. гол. Среди них доля тувинско-сараджинских полугрубошерстных помесей составляет более 60 процентов. Цель работы – изучение хозяйственно полезных признаков тувинско-сараджинских полугрубошерстных овец нового типа в сравнении с тувинскими грубошерстными короткожирнохвостыми. Для сравнительной оценки живой массы, настрига невымытой шерсти и длины шерсти овец по методу случайной выборки отобраны из стада по 30 голов баранчиков-годовиков и 30 голов ярок-годовиков тувинско-сараджинских полугрубошерстных нового типа и тувинской грубошерстной короткожирнохвостой породы. Результаты исследования показали, что баранчики-, ярочки-годовики тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа значительно отличаются по величине и шерстной продуктивности. Они превосходят сверстников тувинских грубошерстных короткожирнохвостых по живой массе на 3,2-3,4 кг (9,7-10,2 %), что статистически достоверно больше, чем у сверстников тувинских грубошерстных короткожирнохвостых. Наиболее длинную шерсть имели баранчики-годовики нового типа, пух которых равнялся 7,8 см, что превышало длину пуха тувинских баранчиков-годовиков на 1,3 см, или 20,0 %, ость равнялась 14,4 см и превосходила тот же показатель аналогов соответственно на 3,4 см, или 30,9 %. Тувинские грубошерстные ярочки-годовики уступали сверстникам полугрубошерстным ярочкам нового типа по длине пуха и ости. Таким образом, годовики баранчики и ярочки полугрубошерстные нового типа значительно отличаются по живой массе, настригу невымытой шерсти и длине шерсти в сравнении со сверстниками тувинскими грубошерстными короткожирнохвостыми.

Ключевые слова: баранчики, ярочки, тувинско-сараджинские, полугрубошерстные нового типа, тувинские грубошерстные, живая масса, настриг невымытой шерсти, длина шерсти

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства» (тема № 0804-2019-0001).

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

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов

Для цитирования: Монгуш С. С. Сравнительная оценка хозяйственно полезных признаков полугрубошерстных и грубошерстных овец в Республике Тыва. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(5):754-760. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.754-760>

Поступила: 22.03.2021

Принята к публикации: 07.10.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Comparative assessment of economically valuable traits of semi-coarse hair and coarse-hair sheep in Republic of Tuva

© 2021. Songukchu S. Mongush ✉

Tuvan Research Institute of Agriculture, Kyzyl, Russian Federation

In Republic of Tuva sheep breeding is a leading branch of animal husbandry. According to the Ministry of Agriculture and Food, the number of sheep is 980 thousand heads at the 1st of January 2021. Among them the percentage of Tuva-Saraja coarse-hair hybrids is more than 60%. The purpose of the work is to study economically valuable traits of Tuva-Saraja sheep of a new type in comparison with Tuva coarse-hair short-fat tailed sheep. For comparative assessment of live weight, dirty wool clip and length of wool according to the method of random sample, out of the herd there were selected 30 heads of ram lambs yearlings and 30 heads of ewe lambs yearlings of Tuva-Saraja semi-coarse-hair sheep of new type and Tuva coarse-hair short-fat tailed sheep. The results of research have shown, that rams and ewes yearlings of Tuva-Saraja semi-coarse-hair breed of new type significantly differ in size and wool productivity. They predominate over the lambs of the same age of Tuva coarse-hair short-fat tailed in live weight by 3.2-3.4 kg (9.7-10.2 %) statistically more, than Tuva coarse-hair short-fat tailed of the same age. The longest wool was recorded in rams yearlings of new type, with underwool of 7.8 cm that exceeded the length of underwool of Tuva ram lambs yearlings by 1.3 cm or 20.0 %, the top hair was 14.4 cm and exceeded the same index in analogues by 3.4 cm or 30.9 %. Tuva coarse-hair ewe lambs yearlings gave way to the semi-coarse-hair ewes of new type in the length of underwool and top hair. Thus, the rams and ewes yearlings semi-coarse-hair ewes of new type considerably differ in live weight, dirty wool clip and length of wool in comparison with Tuva coarse-hair short-fat tailed of the same age.

Key words: rams, ewes, Tuva-Saraja, semi-coarse-hair of new type, Tuva coarse-hair, live weight, dirty wool clip, length of wool

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 Tuvan Research institute of Agriculture (theme No. 0804-2019-0001).

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

Conflict of interests: the author declared no conflict of interests.

For citations: Mongush S. S. Comparative assessment of economically valuable traits of semi-coarse hair and coarse-hair sheep in Republic of Tuva. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):754-760. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.754-760>

Received: 22.03.2021

Accepted for publication: 07.10.2021

Published online: 27.10.2021

В Республике Тыва овцеводство – традиционно ведущая и экономически значимая отрасль, которая и впредь будет занимать важное место в развитии животноводства. Отрасль обеспечивает занятость сельского населения. Более 60 % сельских семей разводят овец. Этому способствуют традиции, богатый опыт населения и наличие больших массивов естественных пастбищ. Пастбища – основная кормовая база овец. От их травостоя, урожая и снежного покрова зависит сохранность и продуктивность овец.

В настоящее время в Республике Тыва разводятся тувинские грубошерстные и их полугрубошерстные помеси во всех овцеводческих хозяйствах. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Тыва, на 01.01.2021¹ численность их составляет более 980 тыс. голов. Среди них удельный вес тувинско-сараджинских полугрубошерстных помесей составляет более 60 % в общем поголовье. Овцеводческие хозяйства ежегодно производят более 4 тыс. тонн баранины (в живой массе) и 1740 тонн шерсти (в физическом весе).

Для повышения продуктивности тувинских овец в прошлом массово скрещивали с баранами алтайской и красноярской тонкорунных пород. В то же время в южных и западных районах метизация не способствовала росту продуктивности и приспособительных качеств помесей. В этих районах помеси с однородной тонкой шерстью имели низкую продуктивность и слабую жизнеспособность. Исстари применяемая зимняя тебеневка овец без дополнительной подкормки отрицательно влияла на упитанность и здоровье животных. В связи с этим возникла необходимость выбора более продуктивной породы, способной хорошо использовать сухостепные, полупустынные и горные пастбища и давать продукцию лучшего качества.

Тувинская грубошерстная короткожирнохвостая порода овец представляет средних по величине животных, крепкой или несколько грубоватой конституции с легким костяком, крепкими конечностями и прочными копытами. Высота в холке баранов равна в среднем 70,2 см, маток 63,6 см, голова длинная, узкая с небольшой горбоносостью у маток, более значительной у баранов, окрашены в черный, иногда в рыжий и бурый цвета. Большинство баранов имеет массивные спиральные рога, матки, как правило, комолые, морда и ноги покрыты коротким кроющим волосом. Шея относительно длинная, спина ровная, но несколько узкая, ноги тонкие, но прочные с правильной постановкой. Величина и форма хвоста сильно варьирует от жировой «подушки» и «фартучка» до клинообразной формы. Обычно хвост состоит из жировой и тощей части, тощей конец хвоста бывает часто изогнутый в виде буквы «S». Индекс телосложения характеризует их как животных высоконогих, с несколько растянутым туловищем и крепким костяком².

Тувинские овцы в большинстве имеют белую масть, голова и уши черные. Шерсть грубая состоит из большого количества тонкого пуха, переходного волоса и ости. Овцы малотребовательные в уходе, энергичны, пугливы. Хорошо приспособлены к круглогодичному пастбищному содержанию³ [1].

Местные овцы имеют существенные недостатки: невысокие продуктивные качества. Живая масса у баранов составляет 60-65 кг, овцематок 43-45 кг, настриг невымытой шерсти соответственно 2,3-2,6, 1,5-1,7 кг. В шерсти содержится большое количество сухих мертвых остевых волокон. Для исправления этих недостатков потребуются много времени и кропотливая селекционная работа [2]. Аналогичные работы с другими породами и типами овец достаточно подробно описаны в литературе [3, 4].

¹Официальный портал Республики Тыва. [Электронный ресурс]. URL: mcx_priem@rtyva.ru (дата обращения: 20.01.2021).

²Кызыл-оол И. Т. Предварительные результаты скрещивания тувинских овец с алтайской тонкорунной породы. Труды Тувинской ГСХОС. Кызыл: Тувинское книжное изд-во, 1959. Вып. 3. С. 3-24.

³Байкова-Дзукоева Г. Х. Местная овца Тувинской автономной области и ее улучшения мериносами и каракулем. Труды Тувинской ГСХОС. 1950. Вып. 2. С. 18-27.

По рекомендации ученых и практиков для улучшения продуктивных качеств тувинских овец определена сараджинская полугрубшерстная курдючная порода⁴. Сараджинская порода выведена в результате длительной народной селекции в районах Юго-Восточной Туркмении, дает ценную полугрубшерсть. Овцы крупные с хорошо выраженной мясосоальной продуктивностью, крепкой конституцией. Живая масса баранов составляет 85-92 кг, маток 50-55 кг. Настриг производителей 4,8 кг, маток 3,2 кг, поярок 1,2 кг. Длина ости, переходного волоса (косицы) 19 см, пуха 13 см⁵.

Впервые опыты по скрещиванию тувинских грубошерстных маток с баранами полугрубшерстной курдючной сараджинской породы были проведены в хозяйствах «Ак-Эрик», «Тес-Хем» Тес-Хемского района под методическим руководством члена-корреспондента Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина, доктора сельскохозяйственных наук М. Д. Чамухи, непосредственными исполнителями были кандидаты сельскохозяйственных наук В. И. Коротков, А. М. Рогожников из Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства. Согласно методике исследований, преобразование тувинских грубошерстных низкопродуктивных маток с баранами полугрубшерстной курдючной сараджинской породы проводилось для получения в основном помесей первого поколения. Закрепление основных хозяйственно полезных признаков полугрубшерстных помесей начали проводить с первого поколения путем разведения «в себе» полукровных животных, отвечающих требованиям желательного типа. Маток F₁ с удовлетворительными признаками спаривали с сараджинскими баранами для получения помесей второго поколения. Помеси F₂ с нежелательными признаками выбраковывались на мясо. В результате приведенного опыта установлено, что при скрещивании сараджинских баранов с тувинскими грубошерстными матками у помесей увеличилась живая масса на 6,0 кг, или 14,0 %, настриг шерсти – на 0,9 кг, или 52,9 % [5].

Положительный опыт по использованию сараджинских баранов стали широко внедрять в хозяйствах южных и западных районов. В течение 1969-1975 гг. в Республику Тыва было завезено 340 голов сараджинских бара-

нов из Туркмении. Основное поголовье сараджинских баранов находилось в хозяйствах на круглопастбищном содержании в одинаковых условиях с местными грубошерстными баранами и получало подкормку концентратами в осенне-зимний период. В таких условиях сараджинские бараны хорошо адаптировались, не снижали продуктивность, не болели, в сильные морозы не мерзли, хорошо добывали корм из-под снега и в случной сезон продуцировали оптимальное количество спермы высокого качества. По данным В. И. Короткова, в условиях колхоза «Ак-Эрик» за ряд лет живая масса 42 сараджинских баранов составляла в среднем 85,1 кг (варьируя от 76 до 94,4 кг), настриг шерсти 3,8 кг [6].

В настоящее время ФГБНУ «Тувинский НИИСХ» проводит исследовательские и селекционные работы с тувинско-сараджинскими полугрубшерстными помесными овцами для создания нового полугрубшерстного типа овец тувинской короткожирнохвостой породы на базе сельскохозяйственного кооператива «Бай-Хол» Эрзинского района. Здесь созданы стада нового полугрубшерстного типа овец в количестве 6346 голов [7].

При разведении тувинско-сараджинских полугрубшерстных помесей «в себе», прежде всего, устанавливали желательный тип. Он наиболее полно соответствовал природно-климатическим и кормовым условиям южных и западных районов республики. Учитывали также улучшение кормления, содержания животных и технологию выращивания молодняка. Исходя из этого, созданы полугрубшерстные овцы нового типа в кооперативе «Бай-Хол». Овцы характеризуются крепкой конституцией, сравнительно крупной величиной, хорошей мясной и шерстной продуктивностью, несколько растянутым туловищем, правильно поставленными конечностями, прочным копытным рогом.

Жировой хвост (курдюк) подтянутый, характерный для сараджинских овец со средними размерами в виде двух «подушек», разделенных между собой хорошо заметным углублением без тощего отростка или коротким хрящевым отростком. Шерсть полугруббая белая, светло-серая, косичного строения коврового типа, отсутствуют сухие, мертвые остевые волокна или присутствуют в небольшом количестве.

⁴План селекционной работы по животноводству в колхозах, совхозах Тувинской АССР на 1976-1980 годы. Кызыл, 1977. С. 25-34.

⁵Гельдыев К. Г. Восстанавливаем и совершенствуем сараджинскую породу. Овцеводство. 1968;(12):15-18.

Овцы полугрубошерстные тувинско-сараджинские нового типа имеют хорошую продуктивность. Бараны племенные весят 80-85 кг, матки 49-53 кг, настриг невытой шерсти составляет соответственно 3,2-3,4, 2,4-2,6 кг.

В практической работе и специальных опытах по выращиванию молодняка показателем, отражающим его мясные качества, является живая масса. Величина ее в определенном возрасте имеет большое значение и связи с тем, что быстрорастущее животное достигает необходимой для сдачи на мясо живой массы в более короткий срок, чем медленно растущее.

Живая масса обуславливается целым рядом факторов: породой, наследственными особенностями, полом, условиями кормления и содержания животных. Потенциальные возможности животных к росту и развитию наиболее полно проявляются при благоприятных условиях кормления и содержания. Н. П. Чирвинский пришел к выводу, что обильное питание растущих животных ускоряет их рост и развитие и, напротив, резкое ухудшение питания замедляет этот процесс. При длительном недокорме животные не достигают той величины, какую могли бы иметь при хорошем питании и остаются недоразвитыми⁶.

Изучая вопрос о компенсации роста, Е. А. Богданов указал, что у животных, имеющих хорошую наследственность, недостатки, приобретенные при скудном кормлении, могут сглаживаться. Однако полного сходства между животными, которые росли нормально и с задержкой в развитии, может и не быть [8].

Исследуя рост овец, Дж. Хэммонд приходит к заключению, что за временной задержкой роста, вызванной различными причинами, начинается усиленный период роста⁷. По мнению П. Н. Кулешова, способность к быстрому росту у местных овец обусловлена наследственностью, однако развитие и проявление этого признака возможно в соответствующих условиях окружающей среды⁸.

Аборигенные курдючные короткожирнохвостые овцы хорошо приспособлены к суровым условиям разведения, легко переносят сезонный недокорм и жару, разводятся в таких условиях, где вряд ли могут содер-

жаться другие культурные породы овец. Для аборигенных пород важное значение имеет способность молодняка быстро расти за короткий благоприятный по кормовым условиям летний период, чтобы вступить в первую зимовку достаточно окрепшим и развитым.

Одним из основных видов продукции овцеводства является шерсть, которая имеет определенные технологические свойства: прядильность, валкоспособность и окрашиваемость.

Шерсть, или волосяной покров животных, выполняет теплоизоляционную и защитную функции. Тувинские грубошерстные овцы, помеси тувинско-сараджинские полугрубошерстные обладают богатой пуховой зоной, что позволяет овцам хорошо переносить суровые условия длительного зимнего содержания. Пуховые волокна у них, находясь в нижнем ярусе, поддерживаются остью и образуют подушки с воздушными прослойками, что способствует наилучшему сохранению тепла в зимний период.

Эффективность развития полугрубошерстного и грубошерстного овцеводства зависит не только от мясной скороспелости, но и от шерстной продуктивности животных и качества шерсти.

Многие исследователи утверждают, что настриг шерсти помесных животных, при скрещивании полугрубошерстных пород с овцами других направлений продуктивности, зависит от характера шерстного покрова и величины настрига шерсти у исходных пород. По данным А. К. Ахмеджанова, при скрещивании алайских полугрубошерстных баранов с более крупными матками породы джайдар, настриг шерсти у полукровных животных составил 2,24 кг в мытом волокне [9].

В опытах С. Ж. Стамбекова и А. М. Жарнибаева при скрещивании казахских грубошерстных курдючных маток с баранами алайской полугрубошерстной породы настриг шерсти годовалых помесных животных первого поколения составил 1,84 кг, что на 0,13-0,31 кг больше, чем у местных грубошерстных овец [10]. Аналогичные данные были получены при скрещивании баранов сараджинской породы с монгольскими короткожирнохвостыми овцами.

⁶Чирвинский Н. П. Изменение сельскохозяйственных животных под влиянием обильного и скудного питания в молодом возрасте. Изб. соч. М., 1949. Т. 1. С. 125-142.

⁷Хэммонд Дж. Рост и развитие мясности у овец: Обзор проблем, связанных с образованием мяса... М.: Сельхозгиз, 1937. 440 с.

⁸Кулешов В. И. Теоретические работы по племенному животноводству. М.: Сельхозгиз, 1947. 224 с.

Таким образом, величина и настриг шерсти у овцы в конкретной природной зоне будет та, которая обусловлена наследственностью и условиями разведения.

Цель исследований – выявление отличительных особенностей баранчиков-годовиков и ярочек-годовиков разного происхождения по живой массе, настригу и длине шерсти.

Научная новизна работы – впервые в сравнительном аспекте изучаются показатели живой массы, настрига и длины шерсти полугрубошерстных тувинско-сараджинских и грубошерстных тувинских овец в условиях Республики Тыва. Исследования будут способствовать дальнейшему развитию полугрубошерстного овцеводства.

Материал и методы. Работу проводили в сельскохозяйственном кооперативе «Бай-Хол» Эрзинского района. Для сравнительной оценки живой массы, настрига и длины шерсти овец нами по методу случайной выборки отобраны из стада группы по 30 голов в каждой баранчиков-годовиков и ярочек-годовиков тувинско-сараджинских полугрубошерстных овец нового типа и тувинской грубошерстной породы.

Живую массу, настриг невымытой шерсти определяли путем индивидуального взвешивания перед стрижкой каждого животного в возрасте одного года и каждого руна с точностью до 0,1 кг. Измерение длины шерсти проводили с точностью до 0,1 см у 10 голов баранчиков и ярочек годовиков тувинско-сараджинских полугрубошерстных нового типа и 10 голов баранчиков и ярочек годовиков тувинских грубошерстных овец.

На протяжении всего периода баранчики и ярочки годовики разного происхождения находились в одном хозяйстве в одинаковых условиях кормления и содержания.

Оценку живой массы, настрига невымытой шерсти, длины шерсти проводили по общепринятым методикам, определение длины неоднородной шерсти – по методике И. Д. Козлова с соавторами⁹, материал исследования обработан методом вариационной статистики по Н. А. Плохинскому¹⁰. Данные по живой массе, настригу невымытой шерсти животных обработаны по методу большой выборки.

Результаты исследований. При создании тувинско-сараджинских полугрубошерстных овец нового типа основным селекцион-

ным признаком была живая масса. Баранчики-годовики тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа отличались лучшим ростом по сравнению со сверстниками тувинской грубошерстной. Так, баранчики-годовики полугрубошерстные имели живую массу 39,5 кг, что на 3,5 кг, или 9,7 %, больше, чем у сверстников тувинских грубошерстных (табл. 1). Аналогичное отличие по живой массе имели ярочки-годовики полугрубошерстные. Они превосходили сверстниц тувинских грубошерстных по живой массе на 3,4 кг, или 10,2 %. Разница живой массы между баранчиками, ярочками-годовиками разного происхождения была статистически достоверна.

Сходные данные получены Р. Ш. Иргит при скрещивании тувинских грубошерстных овец с баранами баядской (монгольской) породы. При этом баранчики и ярочки-годовики тувинско-баядские полугрубошерстные весили 33,0-35,6 кг, тогда как сверстники тувинские грубошерстные – 29,7-32,2 кг [11].

Таким образом, баранчики и ярочки годовики тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа резко отличаются от сверстников тувинских грубошерстных аналогов по живой массе.

Невысокие показатели живой массы годовиков баранчиков и ярочек связаны с кормлением и содержанием их в зимний период. При круглогодичном пастбищно-тебеневочном содержании ни баранчики, ни ярочки не получали никакой подкормки. Поэтому они имели недостаточно высокую живую массу.

При выведении нового типа тувинско-сараджинских полугрубошерстных овец большое внимание уделялось увеличению шерстной продуктивности. Выявлены незначительные различия настрига невымытой шерсти между баранчиками- и ярочками-годовиками разного происхождения (табл. 2). Так, настриг невымытой шерсти у баранчиков-годовиков тувинско-сараджинских полугрубошерстных нового типа составил 1,83 кг, что на 0,23 кг, или 14,3 %, выше, чем у сверстников тувинских грубошерстных. Подобное различие имели и ярочки-годовики тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа: они превосходили сверстников тувинских грубошерстных по настригу невымытой шерсти на 0,19 кг, или 13,1 %.

⁹Козлов И. Д., Спешнева З. В., Кравченко А. Н. Методика лабораторной оценки числового соотношения волокон различных фракций неоднородной шерсти. Аскания – Нова: Каховская типография, 1968. 13 с.

¹⁰Плохинский Н. А. Биометрия. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.

Аналогичные данные получены в опытах В. С. Орус-оола при изучении шерстной продуктивности молодняка разного шерстного покрова: настриг невытой шерсти

годовиков баранчиков и ярочек тувинских грубошерстных составил 1,22-1,30 кг, а сверстников тувинско-баядских полугрубошерстных 1,65-1,80 кг [12].

Таблица 1 – Живая масса баранчиков- ярочек годовиков разного происхождения, кг (n = 30) / Table 1 – Live weight of rams- ewes yearlings of different origin, kg (n = 30)

Пол / Sex	Породность / Breed		Разница / Difference		
	тувинские грубошерстные / tuva coarse-haired	тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа / tuva-saraja semi-coarse-haired of new type	кг	%	td
Баранчики-годовики / Rams yearlings	36,0±0,21	39,5±0,23***	3,5	9,7	3,29
Ярочки-годовики / Ewes yearlings	33,2±0,18	36,6±0,14***	3,4	10,2	4,78

*** Различия достоверны по отношению к группе аналогов тувинских грубошерстных овец при $p < 0,001$ / *** The differences are significant in relation to the group of analogues of Tuva coarse-haired sheep at $p < 0.001$

Таблица 2 – Настриг невытой шерсти баранчиков- ярочек годовиков разного происхождения, кг (n = 30) / Table 2 – Dirty wool clip of rams- ewes yearlings of different origin, kg (n = 30)

Пол / Sex	Породность / Breed		Разница / Difference		
	тувинские грубошерстные / tuva coarse-haired	тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа / tuva-saraja semi-coarse-haired of new type	кг	%	td
Баранчики-годовики / Rams yearlings	1,60±0,04	1,83±0,05	0,23	14,3	0,35
Ярочки-годовики / Ewes yearlings	1,45±0,02	1,64±0,03	0,19	13,1	0,52

Баранчики-годовики тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа отличались наиболее длинной шерстью, пух которой равнялся 7,8 см, что превышало длину пуха сверстников тувинских грубошерстных на 1,3 см, или 20,0 %; длина ости составила 14,4 см, что больше на 3,4 см, или 30,9 %. Подобное отличие имели и ярочки-годовики тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа. Длина пуха у них составила 7,4 см, длина ости – 12,4 см, что больше, чем у сверстниц тувинских грубошерстных на 1,1 см (17,5 %) и 3,2 см (34,7%) соответственно.

Из вышеизложенного следует, что баранчики- и ярочки-годовики разного происхождения значительно отличаются по настригу и длине шерсти.

Выводы. При сравнении хозяйственно полезных признаков баранчиков- и ярочек-годовиков разного происхождения выявлены существенные различия по живой массе и шерстной продуктивности. Наиболее высокой живой массой отличаются годовики баранчики и ярочки тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа – 36,6-39,5 кг, что на

3,4-3,5 кг, или 9,7-10,2 %, достоверно больше, чем у сверстников тувинских грубошерстных.

Отмечено значительное различие настрига невытой шерсти между баранчиками- и ярочками-годовиками разного происхождения. Более высоким настригом невытой шерсти отличаются годовики баранчики и ярочки тувинско-сараджинские полугрубошерстные нового типа. Они превосходят сверстников тувинских грубошерстных по настригу невытой шерсти на 0,19-0,23 кг, или 13,1-14,3 %. Полугрубошерстные баранчики-, ярочки-годовики дают длинную шерсть, длина пуха которой составляет 7,4-7,8 см, а ости – 12,4-14,4 см, что превышает длину пуха и ости сверстников тувинских грубошерстных на 1,1-1,3 см (17,5-20,0 %) и 3,2-3,8 см (34,7-35,9 %) соответственно.

В целом следует отметить, что существенные отличия живой массы и шерстной продуктивности между баранчиками-годовиками и ярочками-годовиками разного происхождения обусловлены большой степенью влияния сараджинской породы, участвующей в создании полугрубошерстного овцеводства в Республике Тыва.

Список литературы

1. Луценко А. Е., Иргит Р. Ш. Шерстная продуктивность и качество шерсти тувинских грубошерстных овец. Красноярск, 2005. С. 76-81.
2. Амерханов Х. А., Билтуев С. И. Особенности селекции тувинских короткожирнохвостых овец в разных природно-климатических условиях Республики Тыва. Овцы, козы, шерстяное дело. 2010;(2):8-13.
3. Двалишвили В. Г. Весовой рост и мясная продуктивность чистопородных и у кровных по эдильбаям романовских баранчиков при разной эффективности использования корма. Овцы, козы, шерстяное дело. 2019;(2):34-36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37529084>
4. Malhado C. H. M., Carneiro P. L. S., Affonso P. R. A. M., Souza A. A., Sarmeno J. L. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Ines. Small Ruminant Research. June 2009;84(1-3):16-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.04.006>
5. Коротков В. И. Полугрубошерстное овцеводство в Сибири. М.: Колос, 1981. С. 121-130.
6. Коротков В. И. Первые итоги работы по улучшению грубошерстного овцеводства в Тувинской АССР. Труды СО ВАСХНИЛ, СибНИПТИЖ. Новосибирск, 1971. Вып. 18. С. 12-16.
7. Монгуш С. С. Оптимальные признаки тувинских полугрубошерстных овец нового типа. Зоотехния. 2020;(12):12-13. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44482953>
8. Богданов Е. А. Учение о разведении сельскохозяйственных животных. Избранные труды. М.: Колос, 1977. С. 16-256.
9. Ахмеджанов А. К. Алайские бараны в скрещивании с матками джадараю. Овцеводство. 1991;(5):23-24.
10. Стамбеков С. Ж., Жаркимбаев А. М. Скрещивание курдючных овец с баранами алайской породы. Овцеводство. 1991;(4):20-21.
11. Иргит Р. Ш., Луценко А. Е. Нагульные качества и мясная продуктивность тувинских овец и их помесей с баятской породой. Вестник КрасГАУ. 2005;(8):198-201.
12. Орус-оол В. С. Краткие сведения об использовании баранов баядской (монгольской) полугрубошерстной породы для улучшения мясной продуктивности тувинских короткожирнохвостых овец. Овцы, козы, шерстяное дело. 2010;(2):4-7.

References

1. Lushchenko A. E., Irgit R. Sh. *Sherstnaya produktivnost' i kachestvo shersti tuvinskikh grubosherstnykh ovets*. [Productivity and quality of wool of Tuva coarse-haired sheep]. Krasnoyarsk, 2005. pp. 76-81.
2. Amerkhanov Kh. A., Biltuev S. I. *Osobennosti seleksii tuvinskikh korotkozhirokhvostykh ovets v raznykh prirodno-klimaticheskikh usloviyakh Respubliki Tyva*. [Features of selection of Tuva short-fat-tailed sheep in different natural and climatic conditions of Republic of Tuva]. *Ovtsy,kozy, sherstyanoe delo*. 2010;(2):8-13. (In Russ.).
3. Dvalishvili V. G. *Vesovoy rost i myasnaya produktivnost' chistopородnykh i u krovnykh po edil'bayam romanovskikh baranchikov pri raznoy effektivnosti ispol'zovaniya korma*. [Weight growth and meat productivity of pure bred and by blood on Edilbay Romanov breed rams at different efficiency of forage use]. *Ovtsy,kozy, sherstyanoe delo*. 2019;(2):34-36. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37529084>
4. Malhado C. H. M., Carneiro P. L. S., Affonso P. R. A. M., Souza A. A., Sarmeno J. L. Growth curves in Dorper sheep crossed with the local Brazilian breeds, Morada Nova, Rabo Largo, and Santa Ines. Small Ruminant Research. June 2009;84(1-3):16-21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.04.006>
5. Korotkov V. I. *Polugrubosherstnoe ovsevodstvo v Sibiri*. [Semi-coarse-haired sheep breeding in Siberia]. Moscow: Kolos, 1981. pp. 121-130.
6. Korotkov V. I. *Pervye itogi raboty po uluchsheniyu grubosherstnogo ovsevodstva v Tuvinskoй ASSR*. [First results of work on improvement of coarse-haired sheep breeding in Tuva ASSR]. *Trudy SO VASKhNIL, SibNIPTIZh*. Novosibirsk, 1971. Iss. 18. pp. 12-16.
7. Mongush S. S. *Optimal'nye priznaki tuvinskikh polugrubosherstnykh ovets novogo tipa*. [Distinctive signs of Tuva semi-coarse-haired sheep of a new type]. *Zootekhnika*. 2020;(12):12-13. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44482953>
8. Bogdanov E. A. *Uchenie o razvedenii sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh*. [Doctrine about cultivation of agricultural animals]. *Izbrannye trudy*. Moscow: Kolos, 1977. pp. 16-256.
9. Akhmedzhanov A. K. *Alayskie barany v skreshchivanii s matkami dzhadarayu*. [Alaska rams in crossing with Dzhadara ewes]. *Ovtsevodstvo*. 1991;(5):23-24. (In Russ.).
10. Stambekov S. Zh., Zharkimbaev A. M. *Skreshchivanie kurdyuchnykh ovets s baranami alayskoй породы*. [Crossing of fat-rumped sheep with rams of Alaska breed]. *Ovtsevodstvo*. 1991;(4):20-21. (In Russ.).
11. Irgit R. Sh., Lushchenko A. E. *Nagul'nye kachestva i myasnaya produktivnost' tuvinskikh ovets i ikh pomesey s bayatskoй породы*. [Feeding qualities and meat productivity of Tuvan sheep and their crossbreeds with Bayat breed]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2005;(8):198-201. (In Russ.).
12. Orus-ool V. S. *Kratkie svedeniya ob ispol'zovanii baranov bayadskoy (mongol'skoй) polugrubosherstnoй породы dlya uluchsheniya myasnoy produktivnosti tuvinskikh korotkozhirokhvostykh ovets*. [Brief of data on use of rams of Bayat (mongolian) semi-coarse-haired breed for improvement meat productivity of Tuva short-fat-tailed sheep]. *Ovtsy,kozy, sherstyanoe delo*. 2010;(2):4-7. (In Russ.).

Сведения об авторе

✉ Монгуш Сонгукчу Сазыг-оолович, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела животноводства и ветеринарии, ФГБНУ «Тувинский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», ул. Бухтуева 4, город Кызыл, Республика Тыва, Российская Федерация, 667005, e-mail: tuv_niish@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-9702>

Information about the author

✉ Songukchu S. Mongush, PhD in Agricultural Science, senior researcher, the Department of Animal Husbandry and Veterinary, Tuvan Research Institute of Agriculture st. Bukhtueva 4, Kyzyl, Republic Tyva, Russian Federation, 667005, e-mail: tuv_niish@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8103-9702>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.761-769>

УДК 619:616.98:616.995.7:595.77

Эффективность методов отлова насекомых – векторов-переносчиков трансмиссивных болезней животных и их видовой состав

© 2021. О. А. Бурова ✉, О. И. Захарова, Н. Н. Торопова, Н. А. Гладкова, А. А. Блохин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦВиМ), Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

В статье представлены результаты исследования эффективности методов сбора и таксономической идентификации насекомых в регионах России. В нашей работе было использовано три метода сбора насекомых: УФ-ловушка; липкие ленты; жидкостная ловушка для слепней («лужа смерти»). Важную роль в эпизоотологии трансмиссивных инфекций играют следующие кровососущие насекомые – настоящие мухи (Muscidae), мошки (Simuliidae), комары (Culicidae), мокрецы (Ceratopogonidae), слепни (Tabanidae). Получены новые знания о видовой, территориальной и временной динамике распространения векторов заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота в субъектах Российской Федерации. По материалам статистической отчетности сформированы массивы данных пространственно-временного распространения болезни, визуализированные с использованием GIS-технологий. В результате исследований установлено, что в Нижегородской области в ночном энтомокомплексе преобладали представители сем. Psychodidae, доля которых составила 40,9 %. Далее следовали настоящие комары (род Culex) – 21,6 %, мокрецы – 16,4 % шароуски – 7,0 % и мошки – 3,0 %. В Саратовской области ночной энтомокомплекс был представлен шароусками (сем. Sphaeroceridae), мошками (сем. Simuliidae) и настоящими комарами (род Culex), доля которых составила 56,0, 32,0 и 12,0 % соответственно. При этом в Саратовской области было собрано комаров в 239 раз меньше, чем в Нижегородской, что обусловлено повышением температуры в условиях южных регионов. Это вызвало пересыхание водоемов и снизило пул насекомых, чей цикл развития связан с водой. Установлено, что круглогодичное содержание крупного рогатого скота в зимних скотных дворах способствует разнообразию и увеличению количества насекомых-переносчиков, что повышает риск возникновения заразного узелкового дерматита по сравнению с пастбищным содержанием. Для сбора дневных насекомых-переносчиков рекомендуем использовать липкие ленты, имеющие в составе канифоль и минеральное масло. Для сбора насекомых ночного энтомокомплекса, являющихся основными переносчиками вируса LSD, рекомендуем использовать ультрафиолетовые ловушки.

Ключевые слова: заразный узелковый дерматит, насекомые, ловушки**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (тема № FGNM-0451-2021-0004).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Бурова О. А., Захарова О. И., Торопова Н. Н., Гладкова Н. А., Блохин А. А. Эффективность методов отлова насекомых – векторов-переносчиков трансмиссивных болезней животных и их видовой состав. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2021;22(5):761-769. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.761-769>

Поступила: 01.02.2021

Принята к публикации: 12.10.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

The efficiency of methods for catching insects – vectors of vector-borne diseases of animals and their species composition

© 2021. Olga A. Burova ✉, Olga I. Zakharova, Nadezhda N. Toropova, Nadezhda A. Gladkova, Andrey A. Blokhin

Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhniy Novgorod Research Veterinary Institute – Branch of Federal Research Center for Virology and Microbiology, Nizhniy Novgorod, Russian Federation

The article provides the results of study of the effectiveness of collection methods and the taxonomic identification of insects in the regions of Russia. During the research three methods of collecting insects were used: a UV trap, fly strips and a liquid gadfly trap (“death puddle”). The following blood-sucking insects play a key role in the epizootology of transmissible infections – houseflies (Muscidae), black flies (Simuliidae), mosquitoes (Culicidae), biting midges (Ceratopogonidae), gadflies

(*Tabanidae*). There has been obtained new information on the species, territorial and temporal dynamics of the distribution of vectors of lumpy skin disease in cattle in the subjects of the Russian Federation. Data collection of the spatial and temporal spread of the disease visualized using GIS-technologies have been generated on the basis of the statistical reports. As the result of the research, it has been established that in the Nizhny Novgorod region representatives of the Psychodidae family, the percentage of which was 40.9 %, predominate in the nocturnal entomological complex. They are followed by mosquitoes (genus *Culex*) – 21.6 %, biting midges – 16.4 % manure flies – 7.0 % and black flies – 3.0 %, respectively. In the Saratov region, the nocturnal entomological complex was represented by manure flies (family *Sphaeroceridae*), black flies (family *Simuliidae*) and mosquitoes (genus *Culex*), the percentages were 56,0, 32,0 and 12,0 %, respectively. At the same time, in the Saratov region there were collected 239 times less mosquitoes than in the Nizhny Novgorod region, which was due to an increase in temperature in the conditions of the southern regions. This caused the water bodies to dry out and reduced the pool of insects whose developmental cycle is related to water. It has been established that all-year keeping of cattle in winter cow yards provides the diversity and rise in the number of insect vectors, which increases the risk of lumpy skin disease as compared to the grazing system of cattle keeping. For collection daytime insect vectors, it is recommended to use fly strips covered with rosin and mineral oil. For collection insects of the nocturnal entomocomplex, which are the main transmitters of the lumpy skin disease virus, one should use ultraviolet traps.

Keywords: Lumpy skin disease, insects, traps

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 Virology and Microbiology (theme No. FGNM-0451-2021-0004).

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: Burova O. A., Zakharova O. I., Toropova N. N., Gladkova N. A., Blokhin A. A. The efficiency of methods for catching insects - vectors of vector-borne diseases of animals and their species composition. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):761-769. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.761-769>

Received: 01.02.2021

Accepted for publication: 12.10.2021

Published online: 27.10.2021

В мире все чаще возникают инфекции, вызываемые коренными африканскими патогенами с трансграничным потенциалом, такими как вирусы заразного узелкового дерматита, африканской чумы свиней, лихорадки долины Рифт, африканской чумы лошадей и другие [1, 2]. Изменение климата в сторону глобального потепления способствует интродукции трансмиссивных инфекций на Евроазиатский континент [3, 4]. Ярким примером эмерджентных трансмиссивных инфекций является заразный узелковый дерматит.

Важную роль в эпизоотологии заразного узелкового дерматита, как и других трансмиссивных инфекций, играют следующие кровососущие насекомые отряда *Diptera* – настоящие мухи (сем. *Muscidae*), комары (сем. *Culicidae*), мошки (сем. *Simuliidae*), мокрецы (сем. *Ceratopogonidae*), слепни (сем. *Tabanidae*). Учитывая, что кровососущие насекомые обитают повсеместно, а спектр потенциальных транмиттеров недостаточно изучен, вопрос изучения энтомофауны в регионах страны с целью выявления эпизоотических рисков является весьма актуальным¹ [5].

Настоящие мухи (*Muscidae*), к которым относится осенняя жигалка (*Stomoxys calcitrans*), в поисках пищи могут летать до 2-3 и более километров, распространяя возбудителей

туляремии, сибирской язвы, бруцеллеза, чумы и других особо опасных инфекций [6].

Мошки (*Simuliidae*) – мелкие, напоминающие мух, насекомые с длиной тела 2-6 мм, в поисках добычи (людей, животных) могут мигрировать до 10 км, а с помощью ветра – на десятки километров. Кровососущими являются самки, наибольшую активность они проявляют при температуре 15-20 °С и освещенности в 100-500 люкс².

Комары (*Culicidae*) – большая группа насекомых, включающая более 3 тыс. видов, но кровососущими являются только самки (кровь нужна для созревания яиц), самцы питаются растительными соками. Отмечена положительная корреляция между количеством осадков (влажностью) и численностью комаров. Высокая интенсивность солнечного излучения и высокая скорость ветра способствуют уменьшению плотности всех видов комаров [7].

Мокрецы (*Ceratopogonidae*) – самые мелкие (1-4 мм) кровососущие двукрылые насекомые комплекса «гнус» [8].

Слепни (*Tabanidae*) также являются переносчиками инфекционных болезней, кроме того, их укусы приводят к развитию дерматитов, флегмон и абсцессов. Слепни многочисленны в лесной зоне, степях и пустынях, но обычно держатся по берегам рек и озер, где развиваются их личинки [9].

¹Виды членистоногих и борьба с ними. StudFiles, 2021. [Электронный ресурс]. URL: <https://studfiles.net/preview/5019714/page:8/> (дата обращения 01.06.2018).

²Там же. (дата обращения: 11.10.2021).

Представленные потенциальные трансмиттеры инфекционных болезней крупного рогатого скота различаются своими биологическими и экологическими особенностями [10, 11]. Это диктует необходимость дифференцированного подхода к методам энтомологического исследования в полевых условиях. При этом особое значение имеет анализ эффективности известных и разработка новых методов энтомологической работы как части противоэпизоотических мероприятий, а также учет климатических и социально-хозяйственных рисков, определяющих динамику эпизоотического процесса.

Сбор дневных насекомых отряда *Diptera* (*Muscidae*, *Simuliidae*) липкими бумажными листами – древний метод. Классическая лента имеет форму полоски, желтого, серого или светло-коричневого цвета, висит вертикально, и расположена в нескольких метрах над уровнем земли [12].

Для мониторинга популяций комаров и других насекомых из комплекса «гнус» в вечернее и ночное время чаще всего используются световые или ультрафиолетовые ловушки (УФ-ловушки) [13].

Сбор слепней в жаркую сухую погоду проводится с помощью так называемой «лужи смерти» по И. А. Порчинскому. Предпочтение отдается местам вблизи прогона скота или по линии от животноводческого помещения до ближайшего крупного водоема³.

В лабораторию кровососущих двукрылых, предназначенных для вирусологического исследования, доставляют прижизненно замороженными в жидком азоте или в контейнерах с сухим льдом [14].

Цель работы – изучение эффективности известных методов отлова насекомых – векторов-переносчиков инфекционных болезней крупного рогатого скота и их видового состава.

Материал и методы. Исследования проводили в 2017-2018 годах в Нижегородской и Саратовской областях в аналогичных хозяйствах с поголовьем до 500 голов, расположенных недалеко (менее 1 км) от небольших речек (в Нижегородской области – река Пукс-терь, в Саратовской области – река Алтата). Для сбора насекомых были использованы липкие ленты желтого или светло-коричневого

цвета, подвешенные вертикально и расположенные на расстоянии 1,5 метра над уровнем земли [12]. Их размещали с 7-00 до 19-00 (на 12 часов) на открытом воздухе на стенах животноводческого помещения в загоне для выгула коров (по 2 ленты), а также внутри типового скотного двора (по 2 ленты). Всего использовано по 8 лент в каждом регионе. Суммарное время экспозиции лент – по 24 часа в каждом регионе.

УФ-ловушку размещали с 19-00 ч. до 7-00 ч. (на 12 часов) на открытом воздухе под навесом рядом с загонем для выгула коров и внутри типового скотного двора на расстоянии 2 м от пола [13]. Суммарное время работы УФ-ловушек – по 24 часа в каждом регионе.

Жидкостную ловушку («лужа смерти») для сбора слепней размещали на территории животноводческого комплекса в стороне от людей и животных, по направлению от животноводческого помещения до ближайшего водоема. По 2 ловушки площадью 1 м² в каждом регионе. Время экспозиции – по 24 часа в каждом регионе.

Транспортировка собранных насекомых проводилась в промаркированных пластиковых контейнерах с сухим льдом⁴.

Разбор энтомологических объектов и дифференцировка по таксономическим и половым группам осуществлялась с использованием визуального метода и стереомикроскопа (МБС-9). Критериями дифференцировки были морфологические признаки, выявление и фиксация которых осуществлялась в соответствии с Определителем насекомых⁵ с актуализацией таксономии по Определителю семейств двукрылых насекомых⁶.

Полученные цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики⁷ с помощью пакета MS Office Excel (Microsoft, USA).

Результаты и их обсуждение. Нижегородская область благополучна по заразному узелковому дерматиту. В Саратовской области в 2017 году зарегистрировано 24 неблагополучных пункта по заразному узелковому дерматиту, в 2018 году (по данным на 06.09.18) – 1 неблагополучный пункт.

³Порчинский И. А. Слепни (Tabanidae) и простейший способ их уничтожения. СПб., 1899. 19 с.

⁴Ежлова Е. Б., Пакскина Н. Д. Методические указания МУ 3.1.3012-12 «Сбор, учет и подготовка к лабораторному исследованию кровососущих членистоногих в природных очагах опасных инфекционных болезней». М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. 55 с.

⁵Бей-Биенко Г. Я. Определитель насекомых европейской части СССР. Л.: Наука, 1965. Т. III. 668 с.

⁶Нарчук Э. П. Определитель семейств двукрылых насекомых (Insecta: Diptera) фауны России и сопредельных стран (с кратким обзором семейств мировой фауны). СПб.: Зоологический институт РАН, 2003. 252 с.

⁷Плохинский Н. А. Алгоритмы биометрии. Под ред. акад. АН УССР Б. В. Гнеденко. М.: Изд-во МГУ, 1980. 150 с.

По материалам статистической отчетности⁸ нами сформированы массивы данных пространственно-временного распространения болезни, визуализированные с использованием GIS-технологий (рис. 1). Как показано на рисунке 1, подавляющее большинство

эпизоотических инцидентов зафиксировано в регионах, граничащих с Казахстаном, с формированием выраженной зоны эпизоотического риска. При этом вектор распространения болезни имеет выраженную направленность на Восток.

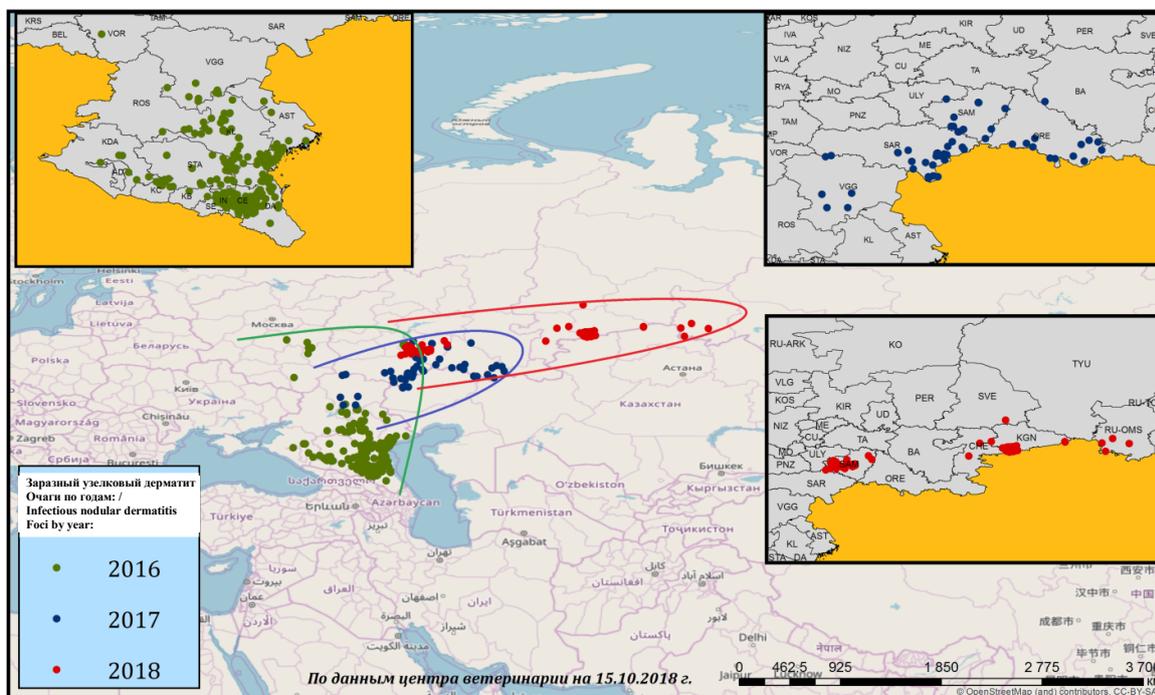


Рис. 1. Распространение заразного узелкового дерматита крупного рогатого скота в Российской Федерации (2016-2018 гг.) /

Fig. 1. Dynamics of spread of lumpy skin disease in cattle in the Russian Federation over three years (2016-2018)

Эпизоотическая ситуация по заразному узелковому дерматиту крупного рогатого скота на территории Российской Федерации остается сложной, что обусловлено зависимостью от множества факторов, в том числе и от распространения насекомых-переносчиков [5].

Основную роль в распространении заболевания играют насекомые-переносчики, динамика численности популяций которых зависит от климата. Так, по данным Росгидромета, в целом за 2017 год и по сезонам 2017 и 2018 года продолжается потепление. Средняя скорость роста температуры воздуха в Российской Федерации за период 1976-2017 гг. составила 0,46 °C. Данный рост превосходит в 2,5 раза скорость роста глобальной температуры. При этом в Северной полярной зоне

Российской Федерации отмечен наибольший рост температуры (+0,75 °C)⁹. Во втором и третьем кварталах 2018 года средняя по России температура превосходила исторический максимум. Рекордно тёплые весна (+2,2 °C к средним значениям) и лето (+2,8 °C к средним значениям) были характерны отсутствием особо холодных дней в Европейской части России, Урале, Западной и юге Средней Сибири.

Во время сбора насекомых осуществлялась фиксация погодных параметров. В Нижегородской области (Дальнеконстантиновский район) восход солнца наблюдали в 3 ч. 20 мин., заход – в 20 ч. 53 мин., максимальная температура воздуха +20 °C, минимальная +12 °C, влажность от 42-52 % (в ясную погоду) до 71-89 % (во время дождя), давление 744 мм рт. ст., ветер 1-4 м/с.

⁸Россельхознадзор. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору. Эпизоотическая ситуация. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.fsvps.ru/fsvps/iac/messages/> (дата обращения: 10.02.2022).

⁹Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2017 год. М., 2018. 69 с.

В Саратовской области (Дергачевский район) во время полевых исследований восход солнца отмечен в 4 ч. 30 мин., заход – в 21 ч. 05 мин., максимальная температура воздуха +30 °С, минимальная +22 °С, влажность от

45-57 % (в ясную погоду) до 67-83 % (во время дождя), давление 757 мм рт. ст., ветер 4-6 м/с.

Результаты таксономической и половой дифференцировки представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Численность и видовой состав насекомых отряда Diptera, пойманных в Нижегородской области за двое суток /

Table 1 – The number of insect species of the order Diptera in the Nizhny Novgorod region collected for two days

Насекомые / Insects		Способ сбора / Method of collection		Всего / Total
отряд, семейство / order, family	род, вид / genus, species	липкие ленты / fly strips	УФ-ловушка / UV trap	
Настоящие мухи / Houseflies (<i>Muscidae</i>)	Осенняя жигалка / Stable fly (<i>Stomoxys calcitrans</i>)	9,0±0,4	-	9,0±0,4
	Комнатная муха / Domestic fly (<i>Musca domestica</i>)	16,0±0,7	1,0±0,1	17,0±1,4
	Домовая муха / House fly (<i>Muscinae stabulans</i>)	5,0±0,2	-	5,0±0,2
	Муха комнатная малая / Little housefly (<i>Fannia</i>)	4,0±0,1	3,0±0,2	7,0±0,5
Шароуски / Manure flies (<i>Sphaeroceridae</i>)	<i>Leptocera</i>	51,0±3,7	105,0±8,1	156,0±14,7
Мошки / Midges (<i>Simuliidae</i>)	Не определяли	16,0±1,1	52,0±2,5	68,0±6,5
Мокрецы / Biting midges (<i>Ceratopogonidae</i>)	<i>Culicoides</i>	16,0±1,3	349,0±32	365,0±33,2
Кровососущие комары / Blood-sucking mosquitoes (<i>Culicidae</i>)	<i>Aedes</i> , в т. ч. / including:	-	230,0±21,7	230,0±21,7
	♀	-	198±17	198±17
	♂	-	32,0±2,1	32,0±2,1
	<i>Culex</i> , в т. ч. / including	2,0±0,2	479±41	481±56,1
	♀	2,0±0,2	478±40	480,0±43,4
	♂	-	1,0±0,03	1,0±0,03
	<i>Anopheles</i> , в т. ч. / including:	-	9,0±0,4	9,0±0,4
	♀	-	7,0±0,3	7,0±0,3
♂	-	2,0±0,1	2,0±0,1	
Комары-долгоножки / Craneflies (<i>Tipulidae</i>)	Не определяли	-	4,0±0,1	4,0±0,1
Бабчницы / Sink flies (<i>Psychodidae</i>)	Не определяли	3,0±0,2	906±83	909±86
Всего / Total		122,0±11,7	2138±23	2260±29

Из данных таблиц видно, что сбор представителей семейства Настоящих мух (*Muscidae*) наиболее эффективен с использованием липких лент. Так, в Нижегородской и Саратовской областях настоящих мух с использованием липких лент собрано 89,5 и 99,3 % соответственно в общем пуле настоящих мух, что выше соответственно на 79,0 и 98,0 % количества особей, собранных с использованием УФ-ловушки (рис. 2).

При сборе шароусок (*Sphaeroceridae*) отмечена обратная динамика. Так, в Нижегородской области шароусок с использованием УФ-ловушки собрали 67,3 % в общем пуле семейства *Sphaeroceridae*, что на 34,7 % больше по сравнению с использованием липких лент (табл. 1). В Саратовской области на липкую ленту не удалось поймать ни одной шароуски, тогда как с помощью УФ-ловушки было поймано 14 особей (табл. 2).

Таблица 2 – Численность и видовой состав насекомых отряда *Diptera*, пойманных в Саратовской области за двое суток /

Table 2 – The number of insect species of the order *Diptera* in the Saratov region collected for two days

Насекомые / Insects		Способ сбора / Method of collection		Всего / Total
отряд, семейство / order, family	род, вид / genus, species	липкие ленты / sticky tapes	УФ-ловушка / UV trap	
Настоящие мухи / Houseflies (<i>Muscidae</i>)	Осенняя жигалка / Stable fly (<i>Stomoxys calcitrans</i>)	4,0±0,3	-	4,0±0,3
	Комнатная муха / Domestic fly (<i>Musca domestica</i>)	289,0±22,7	-	289,0±22,7
	Домовая муха / House flies (<i>Muscinae stabulans</i>)	3,0±0,2	1,0±0,1	4,0±0,4
	Муха комнатная малая / Little housefly (<i>Fannia</i>)	-	1,0±0,1	1,0±0,1
Серые мясные мухи / Flesh flies (<i>Sarcophagacarnaria</i>)	Серая мясная муха / Flesh fly (<i>Sarcophagacarnaria</i>)	1,0±0,1	1,0±0,2	2,0±0,5
Падальные мухи, подсемейство <i>Luciliinae</i> / Carrion flies (<i>Calliphoridae</i>), subfamily <i>Luciliinae</i>	Зеленая падальная муха / Green carrion fly (<i>Lucilia Caesar</i>)	1,0±0,2	1,0±0,1	2,0±0,2
Шароуски / Manure flies (<i>Sphaeroceridae</i>)	<i>Leptocera</i>	-	14,0±0,9	14,0±0,9
Мошки / Midges (<i>Simuliidae</i>)	Не определяли	-	8,0±0,7	8,0±0,7
Кровососущие комары / Blood-sucking mosquitoes (<i>Culicidae</i>)	<i>Culex</i>	-	3,0±0,2	3,0±0,2
Итого / Total		302±29	29±27	331±34

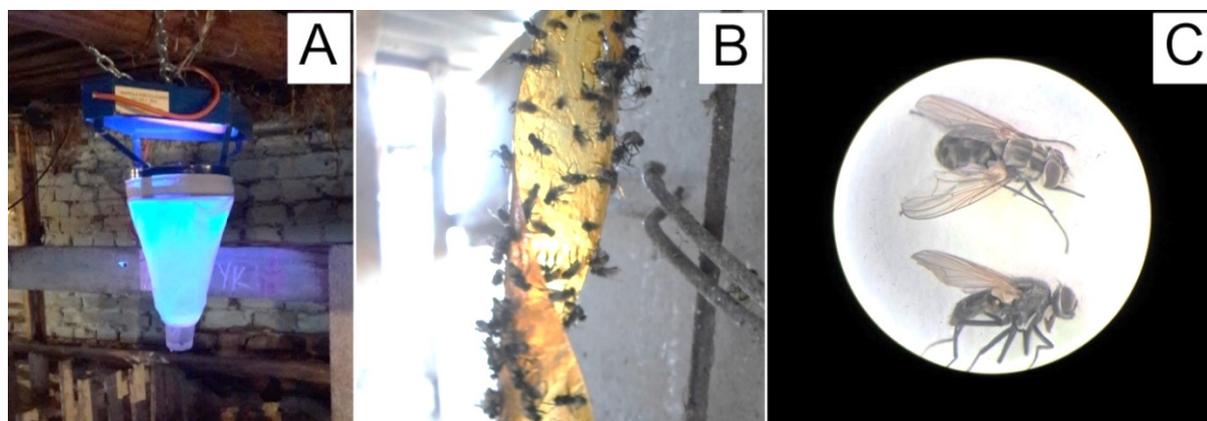


Рис. 2. Способы сбора насекомых: А – УФ-ловушка; В – липкая лента. Настоящие мухи: С – осенняя жигалка (*Stomoxys calcitrans*) (сверху) и комнатная муха (*Musca domestica*) (внизу) /

Fig. 2. Methods for collecting insects: А – UV trap; В – fly strip; Houseflies: С – Stable fly (*Stomoxys calcitrans*) (top) and Domestic fly (*Musca domestica*) (bottom)

Сбор мошек (*Simuliidae*) на липкие ленты также оказался менее эффективным по сравнению с использованием УФ-ловушки и в Нижегородской, и в Саратовской области. С использованием УФ-ловушки собрано 76,5 и 100 % мошек в общем пуле соответственно в Нижегородской и Саратовской областях.

Мокрецы (*Ceratopogonidae*) были выявлены только в Нижегородской области.

Их сбор с использованием УФ-ловушки составил 95,6 % против 4,3 % особей, собранных с использованием липких лент в общем пуле *Ceratopogonidae*. Это соответствует литературным данным по ареалу их обитания [8].

Бабочницы (*Psychodidae*) выявлены в Нижегородской области, причем 99,7 % бабочниц собрано с применением УФ-ловушки, что выше на 99,6 % по сравнению

с использованием липких лент. Хотя, по литературным данным, бабочницы плохо летают и перемещаются потоком ветра¹⁰.

Среди настоящих мух в Нижегородской области превалировала комнатная муха (*Musca domestica*), обладающая лижущим ротовым аппаратом (рис. 2, С, снизу), доля которой в общем пуле настоящих мух составляла 44,7 %. В собранном пуле настоящих мух осенняя жигалка (*Stomoxys calcitrans*), имеющая колюще-сосущий ротовой аппарат (рис. 2, С, сверху) и являющаяся потенциальным переносчиком вируса заразного узелкового дерматита, составляла 23,7 %, домовая (*Muscina stabulans*) и малая комнатная мухи (род *Fannia*), обладающие лижущим ротовым аппаратом, составили 13,2 и 18,4 % соответственно.

В ходе проведенных исследований установлено, что насекомые легче отделяются с тех лент, у которых в состав клея входит канифоль, которая легко растворяется в спирте [14]. Такие ленты подходят не только для бытового использования, но и для научных целей.

Кровососущие комары (сем. *Culicidae*) преимущественно выявлены в Нижегородской области, где собрано 718 особей, из которых 95,1 % составляли самки, а 4,9 % – самцы. Такая половая динамика обусловлена тем, что самкам с целью откладки яиц необходимо питание кровью теплокровных животных, которые содержатся в агроценозе [7].

Анализ соотношения трех родов кровососущих комаров показал, что в наибольшем количестве в энтомофауне ферм представлены настоящие комары (род *Culex*) с долей 66,8 %. Комары кусаки (род *Aedes*) составляли 31,9 %, а малярийные комары (род *Anopheles*) – 1,3 % в общем пуле кровососущих комаров.

Среди двукрылых, собранных преимущественно в ночное время, установлено преобладание представителей семейства бабочниц (*Psychodidae*), доля которых составила 40,9 %. Эти насекомые живут во влажных местах, размножаются в навозе. Вреда животным и человеку они не причиняют¹¹. Далее в спектре ночных двукрылых выявлялись настоящие комары (род *Culex*), количество которых составляло 21,6 %. Мокрецы и мошки составили 16,4 и 3,0 % соответственно.

Наличие шароусок (*Sphaeroceridae*), доля которых в пуле ночных двукрылых составила 7,0 %, было связано с обилием органических остатков в агроценозе животноводческих ферм.

Пул ночных насекомых Саратовской области был представлен шароусками (*Sphaeroceridae*), мошками (*Simuliidae*) и настоящими комарами (род *Culex*), доля которых составила 56,0, 32,0 и 12,0 % соответственно.

Следует отметить, что внутри животноводческих помещений спектр потенциальных насекомых-переносчиков вируса заразного узелкового дерматита шире, а количество больше в сравнении с открытыми площадками и пастбищным содержанием крупного рогатого скота.

Хотя агроклиматические условия были благоприятны для слепней [9], с помощью так называемой «лужи смерти» по И. А. Порчинскому¹² не было поймано ни одной особи.

Из анализа полученных данных прослеживается зависимость распространения насекомых-трансмиссивов от природно-метеорологических условий. Так, большое влияние на формирование биоценозов и географическое распространение насекомых оказывает температура. Рекордно тёплые весна и лето 2018 года в Европейской части России обусловили активный и продолжительный лет потенциальных насекомых-переносчиков [14]. Следовательно, риск интродукции заразного узелкового дерматита в Нижегородскую область и другие регионы Европейской и Азиатской частей России остается высоким. Однако в условиях южных регионов сложившиеся климатические условия резко ограничили период лета насекомых, чей цикл развития связан с водой¹³. Этим объясняется малое количество кровососущих комаров в энтомофауне Саратовской области.

Собранные пулы насекомых по их суточной активности можно разделить на две группы:

- ночные насекомые, куда входят мошки, мокрецы, кровососущие комары, шароуски и бабочницы;
- дневные насекомые, включающие настоящих, серых мясных и падальных мух.

¹⁰Бей-Биенко Г. Я. Указ. соч.

¹¹Фарафонова Г. В. Указ. соч.

¹²Порчинский И. А. Указ. соч.

¹³Лихорадка Рифт-Валли. Всемирная организация здравоохранения. 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/rift-valley-fever> (дата обращения: 26.04.2018)

Сравнение разных липких лент показало, что липучки с густым слоем клея «собирают» на себя больше насекомых и лучше их удерживают, но затрудняется дальнейшее отделение собранного материала. С лент с тонким слоем клея насекомые отделяются легче. Клеевой слой, содержащий канифоль, легче растворяется в спирте, что позволяет очистить собранный материал для дальнейшего изучения.

Установлено, что при летнем содержании крупного рогатого скота в условиях зимних животноводческих помещений (Нижегородская область), в агроценозе выявляется более широкий спектр видов потенциальных переносчиков вируса заразного узелкового дерматита, а их количество в составе энтомофауны больше по сравнению с векторами-переносчиками, отловленными в условиях пастбищного содержания крупного рогатого скота (Саратовская область). Поэтому содержание животных в условиях зимних животноводческих помещений предопределяет большие риски возникновения заразного узелкового дерматита.

Выводы 1. Для сбора дневных насекомых-переносчиков с целью дальнейшего исследования в лаборатории рекомендуется использовать липкие ленты, имеющие в составе канифоль и минеральное масло и, тем самым обладающие сравнительно высокой уловистостью по отношению к дневным насекомым.

2. Переносчиками заразного узелкового дерматита, как и других трансмиссивных инфекций, являются настоящие мухи, комары, мошки, мокрецы, слепни. Учитывая, что основная масса этих насекомых была поймана в ночное время с помощью УФ-ловушек, рекомендуем использовать УФ-ловушки как эффективный способ сбора переносчиков трансмиссивных болезней с целью проведения мониторинга. Заявленный в литературных источниках способ ловли слепней с помощью жидкостной ловушки оказался неэффективным.

3. Температура и влажность оказывают большое влияние на формирование биоценозов и географическое распространение насекомых. Глобальное потепление ведёт к увеличению продолжительности лёта насекомых-переносчиков. Однако повышение температуры в условиях южных регионов вызывает засуху, снижая пул насекомых, чей цикл развития связан с водой. Следует учитывать влияние погодных условий на количество насекомых при планировании их отлова.

4. Летнее содержание животных в помещениях зимних скотных дворов способствует разнообразию и увеличению количества насекомых-переносчиков по сравнению с пастбищным содержанием, что повышает риск возникновения заразного узелкового дерматита.

Список литературы

1. Van Vuuren M., Penzhorn B. L. Geographic range of vector-borne infections and their vectors: the role of African wildlife. *Revue Scientifique Et Technique-Office International Des Epizooties*. 2015;34(1):139-149. DOI: <https://doi.org/10.20506/rst.34.1.2350>
2. Tuppurainen E., Oura C. Lumpy skin disease: an African cattle disease getting closer to the EU. *Veterinary Record*. 2014;175(12):300-301. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.g5808>
3. Elhaig M. M., Selim A., Mahmoud M. Lumpy skin disease in cattle: Frequency of occurrence in a dairy farm and a preliminary assessment of its possible impact on Egyptian buffaloes. *Onderstepoort Journal of Veterinary Research*. 2017;84(1):1-6. DOI: <https://doi.org/10.4102/ojvr.v84i1.1393>
4. Семкина В. П., Жильцова М. В., Савин А. В., Акимова Т. П. Распространение заразного узелкового дерматита (нодулярного дерматита) крупного рогатого скота в мире. *Ветеринария сегодня*. 2017;(3):13-23. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30079574>
5. Semakina V. P., Zhiltsova M. V., Savin A. V., Akimova T. P. *Rasprostranenie zaraznogo uzelkovogo dermatita (nodulyarnogo dermatita) krupnogo rogatogo skota v mire*. [Occurrence of lumpy skin disease in cattle in the world]. *Veterinariya segodnya = Veterinary Science Today*. 2017;(3):13-23. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30079574>
5. Chihota C. M., Rennie L. F., Kitching R. P., Mellor P. S. Attempted mechanical transmission of lumpy skin disease virus by biting insects. *Medical and Veterinary Entomology*. 2003;17(3):294-300. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2915.2003.00445.x>
6. Kahana-Sutin E., Klement E., Lensky I., Gottlieb Y. High relative abundance of the stable fly *Stomoxys calcitrans* is associated with lumpy skin disease outbreaks in Israeli dairy farms. *Medical and Veterinary Entomology*. 2017;31(2):150-160. DOI: <https://doi.org/10.1111/mve.12217>
7. Sang R., Lutomiah J., Said M., Makio A., Koka H., Koskei E., Nyunja A., Owaka S., Matoke-Muhia D., Bukachi S., Lindahl J., Grace D., Bett B. Effects of Irrigation and Rainfall on the Population Dynamics of Rift Valley Fever and Other Arbovirus Mosquito Vectors in the Epidemic-Prone Tana River County, Kenya. *Journal of Medical Entomology*. 2017;54(2):460-470. DOI: <https://doi.org/10.1093/jme/tjw206>
8. Sprygin A. V., Fedorova O. A., Babin Yu. Yu., Kononov A. V., Karaulov A. K. Blood-sucking midges from the genus *Culicoides (Diptera: Ceratopogonidae)* act as feral vectors of bluetongue and Schmallenberg diseases in Russia (review). *Agricultural Biology*. 2015;50(2):183-197. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2015.2.183eng>
9. Лутта А. С., Быкова Х. И. Слепни Европейского Севера СССР. Л.: Наука, Ленинградское отд-ние, 1982. 184 с. Режим доступа: <https://bookree.org/reader?file=1426931>

Lutta A. S., Bykova Kh. I. *Slepni Evropeyskogo Severa SSSR*. [Horseflies of the European North of the USSR]. Leningrad: Nauka, Leningradskoe otd-nie, 1982. 184 p. URL: <https://bookree.org/reader?file=1426931>

10. Thomson G. R., Fosgate G. T., Penrith M. L. Eradication of Transboundary Animal Diseases: Can the Rinderpest Success Story be Repeated? *Transboundary and Emerging Diseases*. 2017;64(2):459-475. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.12385>

11. Бурова О. А., Блохин А. А., Захарова О. И., Яшин И. В., Лискова Е. А., Гладкова Н. А. Векторы трансмиссивных вирусных болезней животных. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;66(5):4-17. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.04-17>

Burova O. A., Blokhin A. A., Zakharova O. I., Yashin I. V., Liskova E. A., Gladkova N. A. *Vektory transmissivnykh virusnykh bolezney zhivotnykh*. [Vectors of vector-borne viral diseases of animals]. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;66(5):4-17. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.66.5.04-17>

12. Athanassiou C. G., Kavallieratos N. G., Pardo D., Sancho J., Colacci M., Boukouvala M. C., Nikolaidou A. J., Kondodimas D. C., Benavent-Fernandez E., Galvez-Settier S., Trematerra P. Evaluation of pheromone trap devices for the capture of *Thaumetopoea pityocampa* (Lepidoptera: Thaumetopoeidae) in Southern Europe. *Journal of economic entomology*. 2017;110(3):1087-1095. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tox050>

13. De Sa I. L. R., Sallum M. A. M. Comparison of automatic traps to capture mosquitoes (Diptera: Culicidae) in rural areas in the tropical Atlantic rainforest. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*. 2015;108(8):1014-1022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0074-0276130474>

14. Gachohi J. M., Njenga M. K., Kitale P., Bett B. Modelling Vaccination Strategies against Rift Valley Fever in Livestock in Kenya. *PLOS Neglected Tropical Diseases*. 2016;10(12):e0005049. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0005049>

Сведения об авторах

✉ **Бурова Ольга Александровна**, зам. руководителя отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

Захарова Ольга Игоревна, научный сотрудник отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>

Торопова Надежда Николаевна, микробиолог отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

Гладкова Надежда Алексеевна, кандидат вет. наук, зам. руководителя лаборатории молекулярной микробиологии, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2868-5158>

Блохин Андрей Александрович, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, руководитель отдела эпизоотологии и оценки риска, связанного со здоровьем животных, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

Information about the authors

✉ **Olga A. Burova**, Deputy Head, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

Olga I. Zakharova, researcher, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>

Nadezhda N. Toropova, microbiologist, the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

Nadezhda A. Gladkova, PhD in Veterinary Science, Deputy Head, the Laboratory of Molecular Microbiology, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2868-5158>

Andrey A. Blokhin, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Head of the Department of Epizootology and Risk Assessment Associated with Animal Health, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: info@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.770-776>

УДК 636.085.34



Применение систем технического зрения для диагностики качества кормов КРС

© 2021. В. В. Кирсанов, Д. Ю. Павкин, Е. А. Никитин✉, И. А. Кирюшин
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва,
Российская Федерация

В ходе исследования проанализирована российская и зарубежная литература, посвященная разработке систем диагностики и сканирования объектов с использованием системы технического зрения с программами глубокого машинного обучения. Рассмотрены особенности технологического процесса кормления крупного рогатого скота. Предложена система бесконтактной оценки содержания сухого вещества/влажности компонентов кормовой смеси естественного выращивания на примере кукурузного силоса с применением систем технического зрения. Собрана база данных изображений кукурузного силоса и выявлены зависимости по интенсивности отражающего светового потока силоса с учетом изменения влажности. Исследования проводили в 2020 году на базе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФНАЦ ВИМ) с использованием экспериментального оборудования Института общей физики РАН им. А. М. Прохорова и ФНАЦ ВИМ. Разработан стенд с системой технического зрения, позволяющий классифицировать компоненты кормовой смеси по цветовым характеристикам. Полученные зависимости отражающей интенсивности кукурузного силоса позволяют утверждать о перспективе применения системы технического зрения для экспресс-оценки качественных показателей компонентов кормовой смеси. С учетом уровня роботизации технологических процессов кормления крупного рогатого скота, вопрос оценки качественных показателей (в частности, содержание сухого вещества/влажности) компонентов кормовой смеси является актуальным.

Ключевые слова: радиочастотная модуляция света, технологический мониторинг, эффективность кормления КРС, влажность кормов

Благодарности: работа выполнена при поддержке Фонда содействия инновациям по договору №63853 от 14.12.2020 г. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кирсанов В. В., Павкин Д. Ю., Никитин Е. А., Кирюшин И. А. Применение систем технического зрения для диагностики качества кормов КРС. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2021;22(5):770-776. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.770-776>

Поступила: 22.04.2021

Принята к публикации: 01.10.2021

Опубликована онлайн: 27.10.2021

Application of technical vision systems for diagnosing the quality of cattle feed

© 2021. Vladimir V. Kirsanov, Dmitry Yu. Pavkin, Evgeniy A. Nikitin✉,
Ivan A. Kiryushin
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

Russian and foreign literature on the development of diagnostic systems and scanning of objects using a vision system with deep machine learning programs has been analyzed during the study. The features of the technological process of feeding cattle have been studied. A system of non-contact assessment of the dry matter content/humidity of the components of the feed mixture of natural cultivation on the example of a corn silo using technical vision systems was proposed. A database of images of corn silage was collected and the dependences on the intensity of the reflecting light flux of the silage were revealed taking into account changes in humidity. The research was conducted in 2020 on the basis of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (FNAC VIM), using experimental equipment of the Institute of General Physics of the Russian Academy of Sciences named after A. M. Prokhorov and FNAC VIM. A stand with a technical vision system has been developed that allows to classify the components of a cattle feed mixture by color characteristics. The obtained dependences of the reflecting intensity of corn silage allow us to assert the prospect of using a vision system for express-evaluation of the quality indicators of feed mixture components. Taking into account the level of robotization of technological processes of feeding cattle, the problem of assessing the quality indicators (in particular, the dry matter/moisture content) of the components of a feed mixture is relevant.

Keywords: technical vision, radio-frequency light modulation, technological monitoring, cattle feeding efficiency, feed moisture content

Acknowledgment: The study is carried out under the support of «Innovation support fund» within the contract No. 63853 of 12/14/2020.

The authors are grateful to reviewers for their contribution to expert assessment of the work.

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

For citations: Kirsanov V. V., Pavkin D. Yu., Nikitin E. A., Kiryushin I. A. Application of technical vision systems for diagnosing the quality of cattle feed. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):770-776. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.770-776>

Received: 22.04.2021

Accepted for publication: 01.10.2021

Published online: 27.10.2021

Содержание крупного рогатого скота (КРС) одно из приоритетных направлений в сельскохозяйственной деятельности большинства стран мира, формирующее продовольственную безопасность государства. Современные животноводческие комплексы по получению молока КРС – это предприятия с высоким уровнем автоматизации энергозатратных технологических процессов, таких как доение, навозоудаление и кормление [1].

Стоит отметить, что современная степень изучения физиологических процессов пищеварения животных описывает процесс переваривания и усвоения компонентов кормовой смеси на микрохимическом уровне, что позволяет определять потребность каждого вещества (протеин, глюкоза, клетчатка, кальций и пр.) в точной пропорции для конкретных технологических групп животных (с учетом лактационного периода) и половозрастных [2].

В качестве инструментария для составления рациона кормления используются автоматизированные системы: Коралл-АГРО, Белкофф, АМТS, РАЦИОН, HYBRIMIN Futter и другие, которые обеспечивают максимальное соответствие составляемого рациона и потребности животных для достижения необходимого уровня показателей продуктивности.

Кормление животных на ферме – это не только составление рациона с использованием компьютерной программы, но и выполнение ряда последовательных технологических операций. Например, в роботизированных системах кормления типа Lely Vector или Delaval Optimat и прочих влияние человеческого фактора сводится к минимуму и весь перечень операций, начиная от последовательного весового дозирования каждого компонента кормовой смеси до их смешивания и последующей раздачи, осуществляется без участия человека, всё происходит автономно по предварительно заданному режиму. Но даже в подобных системах отсутствуют автоматические системы входного контроля качества используемых компонентов кормовой смеси, что может способствовать попаданию

силоса/сенажа/сена, подвергшегося гнилостным процессам, плесени или отклонению уровня питательности составленного рациона от приготовленной кормой смеси на выходе [3, 4].

В большинстве случаев на долю рациона КРС приходится корма естественного происхождения (силос, сенаж, сено). При этом их заготовка производится в течение длительного периода из растений различной фазы спелости, при различных погодных условиях и с разной степенью подвяливания (сушки) в момент уборки. Таким образом, процесс кормозаготовки имеет многофакторное влияние на конечный результат. Например, уровень влажности зелёной массы кукурузы, используемой на силосование в день уборки, может отличаться в зависимости от места, где она была скошена – на возвышенном открытом пространстве или недалеко от водоёма, или в местах куда не попадает солнце и ветер. В результате чего в одном хранилище может находиться силос с показателями содержания сухого вещества, отличающимися до 10 %.

В настоящее время мировым рынком предлагается множество приборов, позволяющих оценивать показатель влажности/сухого вещества корма, в основу которых заложен диэлектрический метод на примере Wille 500. Прибор выглядит в виде стержня, один конец которого помещается в исследуемый образец, а на другом размещается приборная часть. Результаты оценки влажности можно получить за 20 секунд [5, 6]. Существенным недостатком метода является то, что исследуемый образец должен быть плотно спрессован, в противном случае прибор дает высокую погрешность, что ограничивает сферу применения подобного метода.

Учитывая развивающийся тренд роботизации процессов кормления на ферме, для автоматической оценки качества корма на выходном окне дозатора, подающего корм в робот-кормораздатчик, необходимо применение бесконтактных спектральных методов [7, 8, 9, 10].

В ходе исследования была проанализирована российская и зарубежная литература, посвященная разработке систем диагностики и сканирования объектов с использованием системы технического зрения с программами глубокого машинного обучения. В подобных системах в качестве исполнительных устройств служат TOF-камеры, способные сканировать геометрические параметры объекта, а также оптические камеры высокого разрешения с системой определения цветовой гаммы сканируемого объекта [11, 12, 13, 14].

Настоящим исследованием предлагаются некоторые результаты, посвященные разработке метода на основе системы технического зрения как инструмента определения влажности/сухого вещества в компонентах корма естественного выращивания.

Цель исследования – оценить перспективу применения систем технического зрения для автоматического мониторинга процесса приготовления кормовой смеси для крупного рогатого скота на животноводческих комплексах.

Новизна исследований заключается в выявлении зависимостей по интенсивности отражающего светового потока образцов

кукурузного силоса с учетом изменения их влажности.

Материал и методы. Для определения актуальности направления научных исследований изучили материалы международных выставок отрасли, публикации в базах Web of Science, E-library и Scopus, сайты ведущих производителей оборудования для исследования кормов.

Исследования проводили в 2020 году на базе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФНАЦ ВИМ) с использованием экспериментального оборудования Института общей физики РАН им. А. М. Прохорова и ФНАЦ ВИМ. В качестве образцов компонентов кормовой смеси использовали кукурузный силос и сенаж люцерны, заготовленный в сезон 2020-2021 гг. на базе АО "Зеленоградское", Пушкинский район Московской области. Использовали экспериментальную установку, оснащенную системой технического зрения, где в качестве исполнительного устройства применяется камера Basler ace acA5472-17uc. Тип камеры матричная цветная, сканирующий затвор, тип матрицы CMOS, размер матрицы 3.1 мм x 8.8 мм, максимальное разрешение 5472 на 3648 пикселей (рис. 1).



Рис. 1. Экспериментальная установка для диагностики кормов с системой технического зрения / Fig. 1. Experimental installation with a vision system for the diagnosis of feed

Для возбуждения флуоресценции исследуемого корма использовался источник света с диапазоном излучения от 570 до 720 нм.

Объектив камеры содержал светофильтры для отсеивания не интересующих спектров флуоресценции.

При обработке изображений использовали программу, позволяющую оценивать спектр флуоресценции и интенсивность по каждому каналу с возможностью построения графических зависимостей по каждому образцу кукурузного силоса.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования была сформирована база данных изображений (1000 фото образцов) для калибровки системы технического зрения, которые характеризовали цветовую интенсивность эталонных образцов кукурузного силоса с влажностью 70 % (рис. 2).

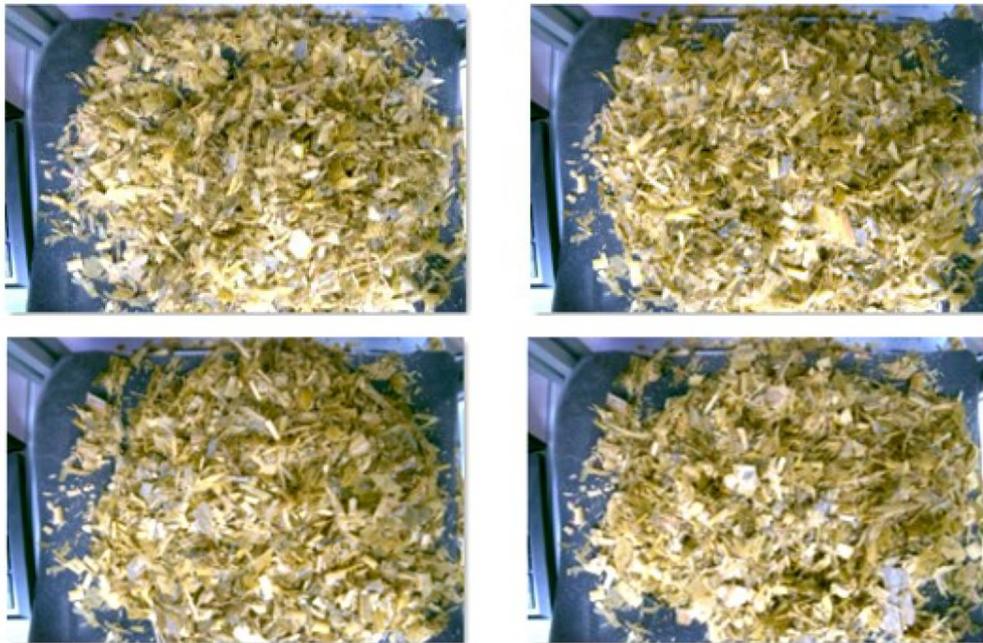


Рис. 2. Пример полученных изображений силоса кукурузного / Fig. 2. An example of the obtained images of corn silage

По каждому снимку эталонного образца кукурузного силоса формировался пакет гистограмм, который характеризовал интенсивность отражения хлорофиллов и воды в

образцах кукурузного силоса от падающего источника света (рис. 3), на каждом пикселе изображения, в соответствии с цветовым каналом (красный/red, зеленый/green, синий/blue).

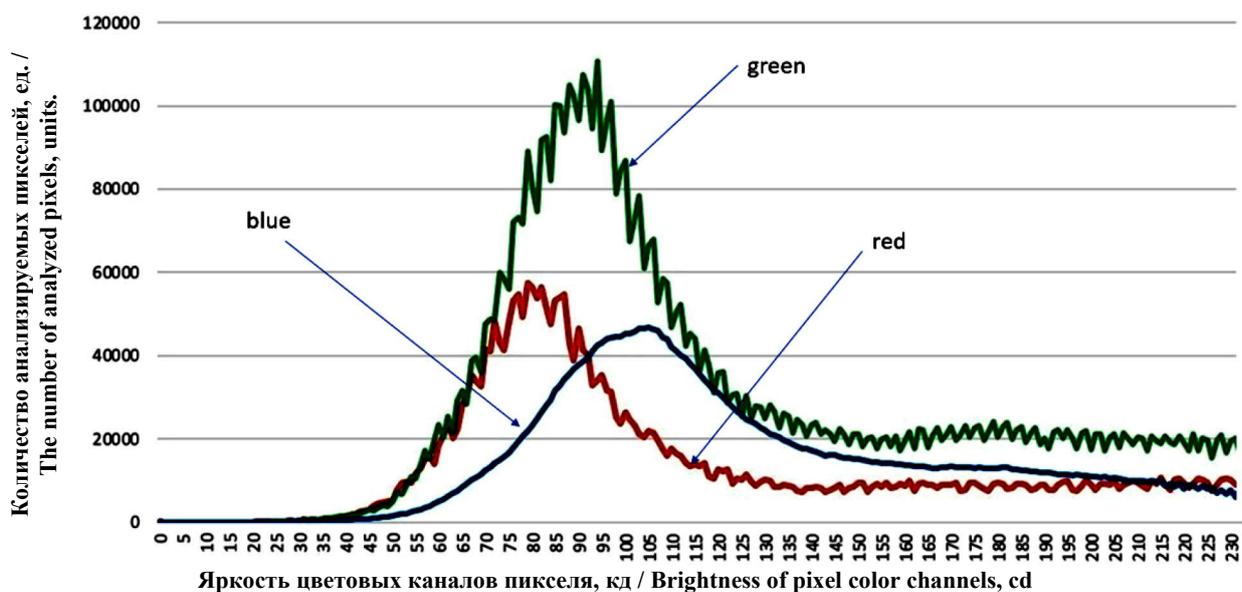


Рис. 3. Гистограмма световой отражающей интенсивности силоса / Fig. 3. The histogram of the light reflecting intensity of the silo

С использованием устройства конвекционной сушилки 48 эталонных образцов кукурузного силоса были подвергнуты сушке с контролем изменения влажности традиционным диэлькометрическим прибором Wille 500. Замеры и фиксация отражающего светового сигнала кукурузного силоса производили с указанным на рисунке 4 шагом уменьшения влажности от 65 % до максимального высыхания.

Обработанные результаты отражающей интенсивности анализировали с использованием метрики качества оценки сегментации – jaccard metric; число параллельно обрабатываемых изображений – 6. Функция ошибки – ФокалЛосс (FocalLoss). Метрика качества для

оценки сегментации jaccard metric рассчитывается по формуле:

$$Jacc(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} = \frac{|A \cap B|}{|A| + |B| - |A \cap B|}$$

где A – первое множество,
B – второе множество,
A ∩ B – пересечение множеств,
A ∪ B – объединение множеств.

В качестве сигнала был выбран интеграл полосы флуоресценции хлорофилла в спектральном диапазоне от 655 до 715 нм. Результаты зависимости флуоресценции хлорофилла от влажности образца представлены на рисунке 5.

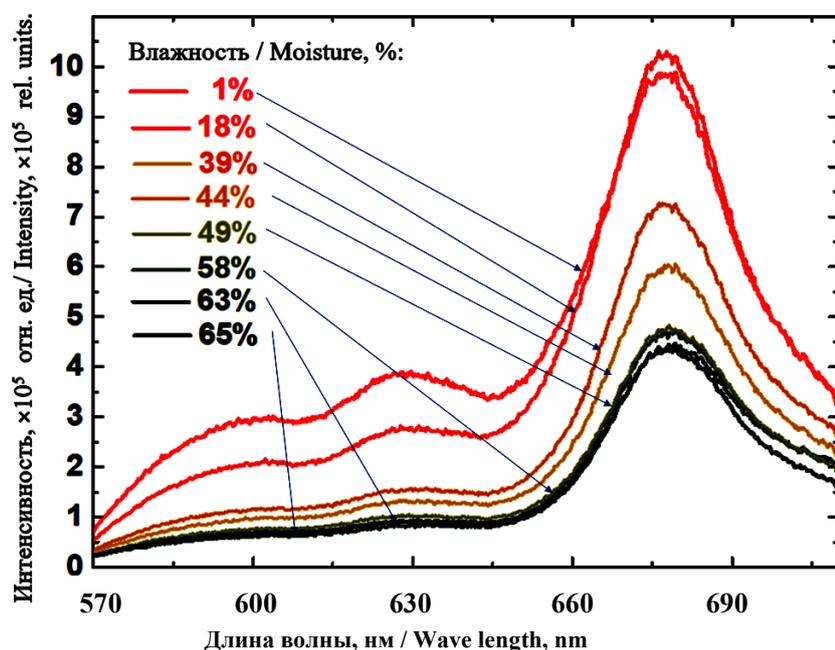


Рис. 4. Изменение отражающего светового сигнала кукурузного силоса при последовательных итерациях сушки / Fig. 4. Change in the reflecting light signal of the corn silo during successive iterations of drying

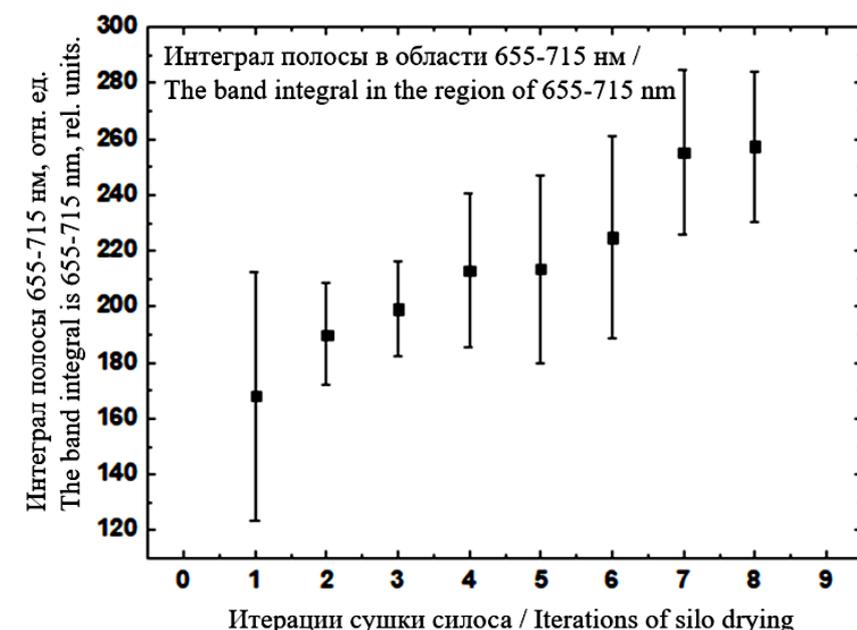


Рис. 5. Зависимость изменения спектров флуоресценции от влажности образца / Fig. 5. Dependence of changes in the fluorescence and humidity spectra

Проведенные исследования позволяют утверждать, что при изменении показателей содержания сухого вещества/влажности коррелируются показатели интенсивности светоотражающего сигнала в кукурузном силосе при различных стадиях готовности.

Выводы. 1. С учетом уровня роботизации технологических процессов кормления крупного рогатого скота, вопрос оценки качест-

венных показателей (в частности, содержание сухого вещества/влажности) компонентов кормовой смеси является актуальным.

2. Полученные зависимости отражающей интенсивности кукурузного силоса позволяют утверждать о перспективе применения системы технического зрения для экспресс-оценки качественных показателей компонентов кормовой смеси для КРС.

References

1. Никитин Е. А., Дорохов А. С., Павкин Д. Ю. Совершенствование технологии приготовления кормовой смеси при реконструкции кормовых площадок. Техника и оборудование для села. 2019;(11):32-34. DOI: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-11-32-34>
1. Nikitin E. A., Dorokhov A. S., Pavkin D. Yu. *Sovershenstvovanie tekhnologii prigotovleniya kormovoy smesi pri rekonstruktsii kormovykh ploshchadok*. [Improving a process for the preparation of feed mixture during the reconstruction of feed sites]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*. 2019;(11):32-34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2019-11-32-34>
2. Павкин Д. Ю., Никитин Е. А., Зобов В. А. Система роботизированного обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2020;14(3):33-38. DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-3-33-38>
2. Pavkin D. Yu., Nikitin E. A., Zobov V. A. *Sistema robotizirovannogo obsluzhivaniya kormovogo stola na zhivotnovodcheskikh kompleksakh*. [Robotic system for maintenance of feed table for livestock complexes]. *Sel'skokhozyaystvennye mashiny i tekhnologii = Agricultural Machinery and Technologies*. 2020;14(3):33-38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2020-14-3-33-38>
3. Neethirajan S. The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. Sensing and Bio-Sensing Research. 2020;29:100367. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbsr.2020.100367>
4. Nasirahmadi A., Edwards S., Sturm B. Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs. Livestock Science. 2017;202:25-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.05.014>
5. Regoa G., Ferrero F., Valledora M., Campoa Ju. C., Forcadab S., Royob L. J., Soldadob A. A portable IoT NIR spectroscopic system to analyze the quality of dairy farm forage. Computers and Electronics in Agriculture. 2020;175:105578. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105578>
6. Wajizaha S. S., Munawarb A. A. Rapid and Simultaneous Determination of Feed Nutritive Values by Means of Near Infrared Spectroscopy. Tropical Animal Science Journal, August 2018;41(2):121-127. DOI: <https://doi.org/10.5398/tasj.2018.41.2.121>
7. Rodionova O. Ye., Fernandez Pierna J. A., Baeten V., Pomerantsev A. L. Chemometric non-targeted analysis for detection of soybean meal adulteration by near infrared spectroscopy. Food Control. 2021;119:107459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107459>
8. Piccioli-Cappelli F., Calegari F., Calamari L., Bani P., Minuti A. Application of a NIR device for precision feeding in dairy farms: effect on metabolic conditions and milk production. Italian Journal of Animal Science. 2019;18(1): 754-765. DOI: <https://doi.org/10.1080/1828051X.2019.1570829>
9. Oetzel G. R., Villalba F. P., Goodger W. J., Nordlund K. V. A Comparison of On-Farm Methods for Estimating the Dry Matter Content of Feed Ingredients. Journal of Dairy Science. 1993;76(1):293-299. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77349-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77349-X)
10. Crofcheck C., Wade J., Swamy J. N., Aslan M. M., Mengüç M. P. Effect of Fat and Casein Particles in Milk on the Scattering of Elliptically Polarized Light. Biosystems and Agricultural Engineering Faculty Publications. 2005;48(3):1147-1155. DOI: <https://doi.org/10.13031/2013.18488>
11. Taneja P., Vasava H. K., Daggupati P., Biswas A. Multi-algorithm comparison to predict soil organic matter and soil moisture content from cell phone images. Geoderma. 2021;385:114863. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114863>
12. Kim W.-S., Lee D.-H., Kim Y.-J., Kim Y.-S., Kim T., Park S.-U., Kim S.-S., Hong D.-H.g. Crop height measurement system based on 3D image and tilt sensor fusion. 2020;10(11):1670. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy10111670>
13. Dorokhov A. S., Sibirev A. V., Aksenov A. G. Dynamic systems modeling using artificial neural networks for agricultural machines. INMATEH-AGRICULTURAL ENGINEERING. 2019;58(2):63-74. URL: https://inmateh.eu/INMATEH_2_2019/58-07%20Dorokhov.pdf

14. Dorokhov A. S., Shepovalova O. V. Solar PV systems integrated into hardscape and sculptures. Technologies and materials for renewable energy, environment and sustainability: TMREES19GR. 2019;2190:020094. DOI: <https://doi.org/10.1063/1.5138580>

Сведения об авторах

Кирсанов Владимир Вячеславович, доктор техн. наук, гл. научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2549-4070>

Павкин Дмитрий Юрьевич, кандидат техн. наук, ст. научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

✉ **Никитин Евгений Александрович**, аспирант, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3748-6561>, e-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

Кирюшин Иван Алексеевич, аспирант, инженер, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», д. 5, 1-й Институтский проезд, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3748-6561>

Information about the authors

Vladimir V. Kirsanov, DSc in Engineering, chief researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

Dmitriy Yu. Pavkin, PhD in Engineering, senior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8769-8365>

✉ **Evgeniy A. Nikitin**, postgraduate, junior researcher, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0918-2990>, e-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

Ivan A. Kiryushin, postgraduate, engineer, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3748-6561>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.777-786>
УДК 368.5



Проблемы и направления совершенствования страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений от рисков наступления чрезвычайных ситуаций природного характера

© 2021. Н. Н. Семенова¹, А. Ю. Аверин²✉

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва», г. Саранск, Российская Федерация,

²ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет»,

Институт экономики и управления, г. Пенза, Российская Федерация

Одновременное существование двух взаимосвязанных форм государственной помощи – субсидирования классического сельскохозяйственного страхования и компенсации ущерба пострадавшим регионам из федерального бюджета – требует осмысления основных принципов взаимодействия и оценки взаимного влияния данных направлений поддержки. Целью исследования является выявление проблем развития страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений от рисков наступления чрезвычайных ситуаций природного характера. Исследования проводили в разрезе страховой статистики регионов России с использованием общепринятых методов. Проведенное исследование выявило негативную динамику значительного снижения объемов страхования урожая сельскохозяйственных культур в 2016-2020 гг. Региональные органы власти в условиях единого субсидирования не заинтересованы в самостоятельном распределении выделяемых государством средств на развитие сельскохозяйственного страхования. Это связано с тем, что при получении сельским хозяйством значительных убытков в результате воздействия стихийных бедствий распространена практика введения регионам режима чрезвычайной ситуации. Что дает основание для получения компенсации половины величины ущерба напрямую из федерального бюджета. Это определяет основную проблему развития классического сельскохозяйственного страхования – отсутствие целесообразности и материальной заинтересованности в данном механизме защиты имущественных интересов как со стороны производителей сельскохозяйственной продукции, так и со стороны региональных органов власти. В связи с этим было дано краткое обоснование целесообразности трансформации механизма оказания прямой помощи регионам из федерального бюджета в отдельное направление страхования рисков растениеводства на случай наступления чрезвычайной ситуации природного характера. Данное направление поддержки будет дополнять классическое мультирисковое сельскохозяйственное страхование.

Ключевые слова: сельскохозяйственное страхование, государственная поддержка, субсидирование, утрата урожая, стихийные бедствия, единая субсидия

Благодарности: работа выполнена в соответствии с планом научно-исследовательских работ Национального исследовательского Мордовского государственного университета имени Н. П. Огарёва (г. Саранск) на 2019-2021 гг.

Авторы выражают глубокую признательность коллегам за помощь при проведении масштабного исследования, поиске и анализе значительного объема статистических данных.

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Семенова Н. Н., Аверин Е. Ю. Проблемы и направления совершенствования страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений от рисков наступления чрезвычайных ситуаций природного характера. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2021;22(5):777-786.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.777-786>

Поступила: 21.07.2021

Принята к публикации: 19.10.2021

Опубликована онлайн: 27.11.2021

Problems and directions of improving the insurance of agricultural crops and plantings of perennial plantations against the risks of natural emergencies

© 2021. Nadezhda N. Semenova¹, Anton Y. Averin²✉

¹National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation,

²Penza State University, Institute of Economics and Management, Penza, Russian Federation

The simultaneous existence of two interrelated forms of state aid – subsidizing classical agricultural insurance and compensation for damage to affected regions from the federal budget – requires understanding the basic principles of interaction and assessing the mutual impact of these areas of support. The purpose of the study is to identify the problems of the

development of crop insurance and planting of perennial crops against the risks of natural emergencies. The research was carried out in the context of insurance statistics of Russian regions using generally accepted methods. The conducted research revealed the negative dynamics of a significant decrease in the volume of crop insurance of agricultural crops in 2016-2020. Regional authorities in the conditions of a single subsidy are not interested in the independent distribution of funds allocated by the state for the development of agricultural insurance. This is due to the fact that when the agricultural sector has significant losses as a result of the impact of natural disasters, the practice of introducing an emergency regime by the region is widespread. Which gives grounds for receiving compensation for half of the amount of damage directly from the federal budget. This determines the main problem of the development of classical agricultural insurance - the lack of expediency and material interest in this mechanism of protection of property interests both on the part of producers of agricultural products and on the part of regional authorities. In this regard, a brief justification was given for the feasibility of transforming the mechanism for providing direct assistance to the regions from the federal budget into a separate area of crop risk insurance in case of a natural emergency. This line of support will complete the classic multi-risk agricultural insurance.

Keywords: agricultural insurance, state support, subsidies, crop loss, natural disaster, a single subsidy

Acknowledgments: the work was done in accordance with the research plan of National Research Ogarev Mordovia State University (Saransk) for 2019-2021.

The authors are deeply grateful to colleagues for their help in conducting a large-scale study, searching and analyzing a significant amount of statistical data.

The authors are grateful to the reviewers for their contributions to the peer review of this work.

Conflict of Interest: the authors have declared no conflict of interest.

For citation: Semenova N. N., Averin E. Yu. Problems and directions of improving the insurance of agricultural crops and plantings of perennial plantations against the risks of natural emergencies. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(5):777-786. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.5.777-786>

Received: 21.07.2021

Accepted for publication: 19.10.2021

Published online: 27.11.2021

По данным официальной статистики, количества чрезвычайных ситуаций в России за последние десять лет существенно выросли частота, интенсивность и масштаб негативных последствий для сельского хозяйства России в результате воздействия стихийных действий природного характера.

При этом даже ученые-климатологи из числа скептиков, которые объясняли происходящее временным явлением и цикличностью климатических изменений, ссылаясь на непредсказуемость, случайный и разовый характер происходивших стихийных бедствий, вынуждены были признать, что катаклизмы природного характера становятся регулярными и постепенно превращаются в тенденцию.

Доказательством, помимо материалов специализированных научных исследований, являются собранные статистические данные по страхованию сельскохозяйственных рисков отрасли растениеводства в России [1, 2, 3, 4].

Изменение климатических условий в отдельных регионах приводит к эпизодическому появлению нетипичных для регионов природных явлений, которые со временем становятся регулярными. Так, начиная с 2013 года, в Амурской области фиксируются локальные подтопления, переувлажнение почвы и ранние заморозки с выпадением снежного покрова [5].

Кроме того, природные катаклизмы объединяют отдельные риски природного характера и начинают оказывать комплексное интенсивное воздействие на сельское хозяйство.

К примеру, в Ставропольском крае в 2020 году в результате крайне неблагоприятных погодных условий произошло редкое явление – масштабное повреждение как яровых, так и озимых посевов сельскохозяйственных культур, что привело к значительному снижению объемов урожая и получению ущерба сельскохозяйственными товаропроизводителями на сумму 3 млрд руб. Таким образом, природные аномалии, температурные и прочие климатические рекорды становятся привычной практикой.

Это приводит к необходимости адаптировать существующую систему защиты имущественных интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей посредством страхования урожая сельскохозяйственных культур под три основные тенденции изменений:

- усиление интенсивности и масштаба воздействия типичных для сельского хозяйства отдельных регионов рисков;

- трансформация характера, особенностей и направления воздействия природных рисков на регулярной основе по причине изменения климатических условий;

- эпизодическое возникновение нетипичных или значительное усиление интенсивности воздействия типичных для климатических особенностей региона стихийных бедствий, носящих нерегулярный характер.

Каждое из выделенных направлений требует реализации специфического подхода в целях снижения уровня рисков, оперативной нейтрализации последствий их реализации и

минимизации причиненного ущерба. Однако, вне зависимости от отдельных направлений, данные изменения затрагивают систему комплексной защиты интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей в целом и актуализируют оценку эффективности системы страхования сельскохозяйственных рисков в результате реализации чрезвычайных ситуаций природного характера.

Цель исследования – выявление проблем развития страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений от рисков наступления чрезвычайных ситуаций природного характера.

Материал и методы. Исследования проводились в разрезе страховой статистики регионов России с использованием данных Росстата, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБНУ «Федеральное агентство по государственной поддержке страхования в сфере агропромышленного производства» Минсельхоза РФ, Центрального банка России, Национального союза агростраховщиков (НСА) и других источников.

В ходе проведения исследования, оценки статистических данных и интерпретации полученных результатов применялись следующие методы – анализ, синтез, дедукцию, индукцию, обобщение, экономико-статистические методы.

Результаты и их обсуждение. На протяжении длительного периода времени вплоть до середины 2021 года система страхования урожая сельскохозяйственных культур и посадок многолетних насаждений от катастрофических рисков природного характера функционировала в формате двух взаимосвязанных направлений – классического сельскохозяйственного страхования с государственной поддержкой и оказания прямой помощи пострадавшим регионам из федерального бюджета [6, 7, 8].

В теории данные формы поддержки должны взаимодополнять друг друга следующим образом. Классическое страхование урожая сельскохозяйственных культур покрывает большинство стандартных рисков сельскохозяйственных товаропроизводителей по обычным видам страховых случаев. А при наступлении чрезвычайной ситуации и масштабной гибели урожая, потери аграриев сверх лимита ответственности страховщика (пределов страховой суммы) или по не входящим в страхование рискам могут быть покрыты из федерального бюджета в рамках реализации государ-

ственной программы поддержки и обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства.

По сути классическое страхование урожая сельскохозяйственных культур должно защищать производителей от небольших, средних и крупных рисков в рамках действующих договоров страхования с государственной поддержкой, а помощь из федерального бюджета компенсировать полученный ущерб в результате воздействия катастрофических рисков, к нейтрализации которых страхование оказывается не готово в силу ряда причин – редкости возникновения чрезвычайных ситуаций, значительного размера ущерба и отсутствия достаточных объемов перестраховочных мощностей [9].

На практике прямая компенсация ущерба по катастрофическим рискам должна была стать временной мерой поддержки системы страховой защиты сельскохозяйственных товаропроизводителей на период становления и развития.

С накоплением необходимого опыта, стабилизацией условий страхования, повышением доступности и востребованности страховой защиты участниками страховых отношений должны были увеличиваться объемы страхования урожая сельскохозяйственных культур и степень покрытия страховой защитой сельского хозяйства и, соответственно, уменьшаться размеры оказываемой помощи из федерального бюджета.

Однако количество просубсидированных договоров страхования урожая сельскохозяйственных культур (рис. 1) активно снизилось на 93,8 % с 6 741 ед. на конец 2013 года до критически низких 416 ед. на конец 2018 года, а объем начисленной страховой премии по заключенным договорам сократился на 90,3 % с 10,9 млрд руб. на конец 2013 года до 1,1 млрд руб. на конец 2018 года.

Начиная с 2015 года вплоть до 2018 года, происходило интенсивное снижение активности страхования даже несмотря на предпринимаемые государством и экспертным сообществом меры по повышению доступности страховых продуктов для конечных товаропроизводителей. Безусловно, на снижение привлекательности страхования урожая сельскохозяйственных культур оказало заметное влияние масштабная санация страхового рынка Банком России, которая заметно снизила число страховых организаций в данном сегменте более чем в 3 раза с 42 на конец 2013 года до 12 на конец 2018 года.

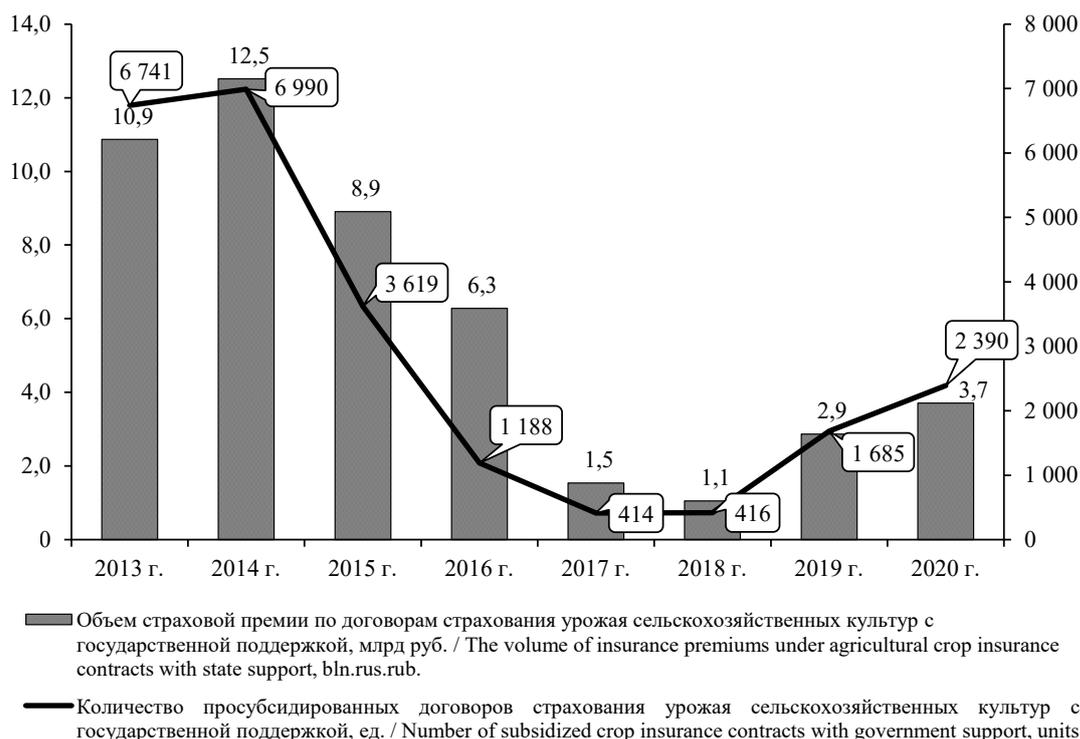


Рис. 1. Статистика договоров страхования урожая сельскохозяйственных культур с государственной поддержкой в России (рассчитано по данным Банка России)¹ /

Fig. 1. Statistics of insurance contracts for agricultural crops with state support in Russia (calculated according to the Bank of Russia)

Включение же сельскохозяйственного страхования в общий пакет единого субсидирования в 2017 году фактически обрушило рынок сельскохозяйственного страхования и свело на нет многолетние усилия по развитию данного сектора [10, 11]. Об этом свидетельствует негативная динамика страховых сумм по страхованию урожая сельскохозяйственных культур (рис. 2).

Происходило снижение объема страховой суммы на 85,5% с 183,2 млрд руб. на конец 2013 года до 26,6 млрд руб. на конец 2018 года. Количество сельскохозяйственных производителей, заключивших договоры страхования рисков утраты урожая, также активно сократилось на 93,4% с 4 663 ед. на конец 2013 года до 1 665 ед. на конец 2020 года.

На практике система прямой компенсации из федерального бюджета ущерба сельскому хозяйству при реализации чрезвычайной ситуации не только не дополняла классическое сельскохозяйственное страхование, но фактически подменяла его, создавая на уровне отдельно взятых регионов условия для снижения заинтересованности в заключении договоров страхования фактически для всех участников страховых отношений [9, 12].

Об этом свидетельствует сравнительная динамика показателей региональной активности (рис. 3).

До 2015 года официальная статистика по количеству случаев объявленных чрезвычайных ситуаций природного характера в сельском хозяйстве не велась ввиду отсутствия нормативной системы критериев опасных природных явлений, отвечающей современному уровню агротехнологий и учитывающей региональную специфику ведения сельского хозяйства.

Данные свидетельствуют, что регионы использовали возможности единого субсидирования, позволившие с 2016 года самостоятельно распределять выделенные государственные средства по основным направлениям поддержки сельскохозяйственного производства [13, 14]. При этом частота и интенсивность чрезвычайных ситуаций природного характера оставалась стабильно высокой – на конец 2018 года режим чрезвычайной ситуации был объявлен в 28 регионах России, фактически сравнявшись с общим числом регионов, принявших участие в программе страхования сельскохозяйственных рисков с государственной поддержкой.

¹Сводные данные отчетности субъектов страхового дела 20.07.2021 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.cbr.ru/statistics/insurance/> (дата обращения: 20.07.2021).

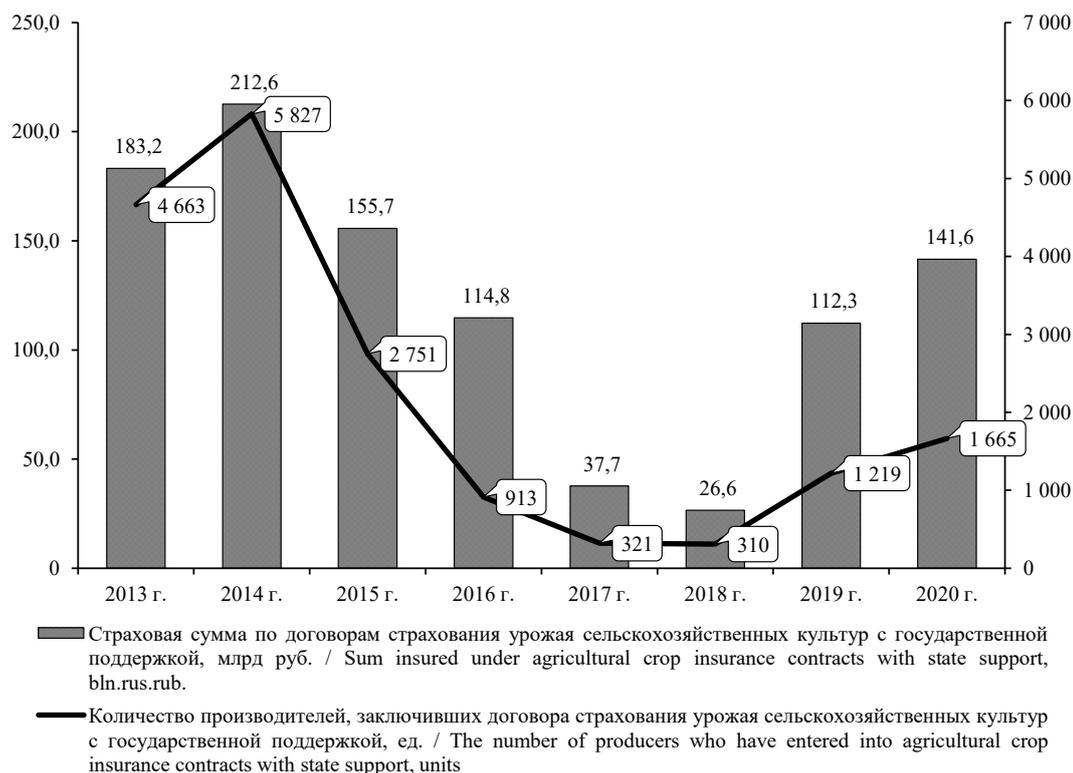


Рис. 2. Динамика объемов страхования урожая сельскохозяйственных культур с государственной поддержкой в России (рассчитано по данным Банка России²) /

Fig. 2. Dynamics of volumes of insurance of agricultural crops with state support in Russia (calculated according to the Bank of Russia)

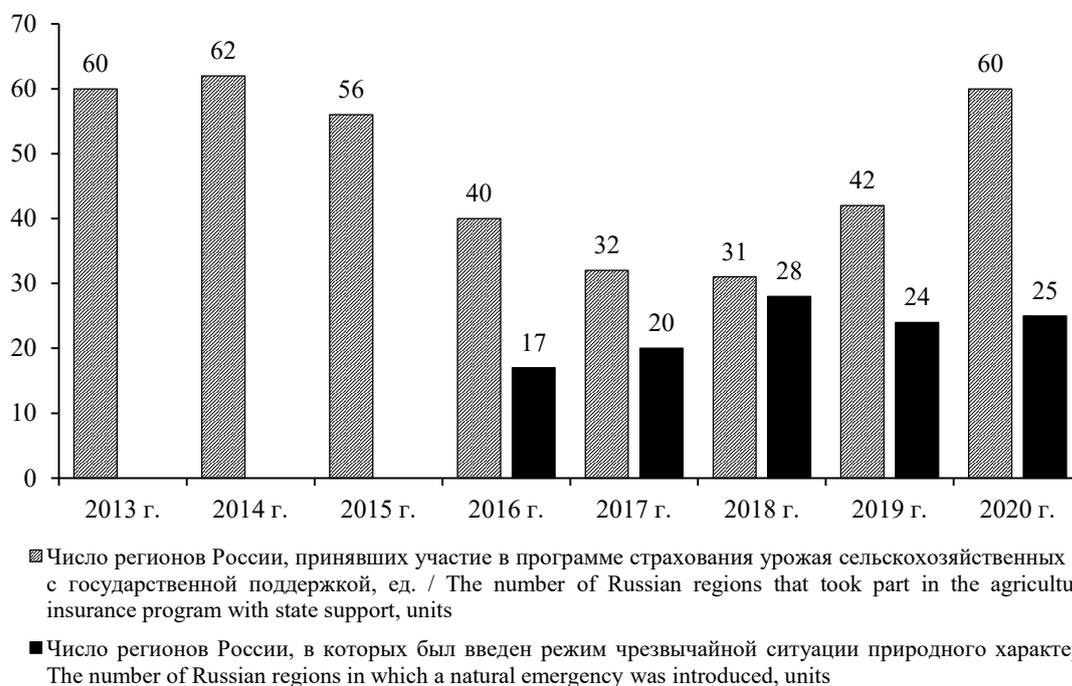


Рис.3. Статистика показателей активности регионов при страховании урожая сельскохозяйственных культур в России (рассчитано по данным Банка России³) /

Fig. 3. Statistics of indicators of activity of regions in insurance of agricultural crops in Russia (calculated according to the Bank of Russia)

²Там же.

³Там же.

Данные изменения происходили на фоне снижения уровня покрытия страхова-

нием площадей посевов сельскохозяйственных культур (рис. 4).



Рис. 4. Динамика застрахованных посевных площадей сельскохозяйственных культур (рассчитано по данным Банка России⁴) /

Fig. 4. Dynamics of insured sown areas of agriculture of Russia (calculated according to the Bank of Russia)

Размер застрахованных посевных площадей значительно сократился с 11,7 млн га в 2013 году до 1,3 млн га в 2018 году. Удельный вес застрахованных посевных площадей синхронно снизился с 15,7 % на конец 2013 года до крайне низких 1,7 % на конец 2018 года при сохранении высокого уровня площадей гибели сельскохозяйственных культур в 2018 году на уровне 1,4 млн га, сопоставимом с размером застрахованных посевных площадей.

Прагматизм региональных органов власти привел к значительному сокращению региональной поддержки программ сельскохозяйственного страхования в 2 раза с 60 на конец 2013 года до 31 субъекта РФ на конец 2018 года.

Логика поведения региональных органов власти была проста: наступление чрезвычайных ситуаций носит вероятностный характер, при этом классическое страхование все равно не покрывает значительную часть убытков, а ущерб при реализации негативного сценария чрезвычайной ситуации так или иначе будет возмещен из федерального бюджета. Следовательно, регионы распределяли средства на другие направления, а при наступлении стихийных бедствий объявляли режим чрезвычайной ситуации по формальным признакам, что позволяло им избежать штрафных санкций

⁴Там же.

за невыполнение целевых показателей развития сельского хозяйства и при этом получить компенсацию ущерба из федерального бюджета.

Логика поведения крупных сельскохозяйственных товаропроизводителей также была экономически обоснована: при наличии возможности получения компенсации ущерба в случае возникновения чрезвычайных ситуаций без заключения договора страхования сельскохозяйственные организации направляли ресурсы на получение более востребованных видов государственной поддержки в виде льготного кредитования и компенсации части расходов на осуществление капитального строительства.

Анализ объемов государственной поддержки пострадавших от чрезвычайных ситуаций сельскохозяйственных производителей из федерального бюджета демонстрирует стабильное покрытие около 50 % совокупного ущерба сельского хозяйства (рис. 5).

При этом величина фактически выплаченного страхового возмещения по заключенным договорам страхования с государственной поддержкой демонстрирует значительную динамику снижения в 14,7 раза с 1,5 млрд руб. на конец 2013 года до 0,1 млрд руб. на конец 2018 года несмотря на общее ухудшение рисков ситуации в сельском хозяйстве.

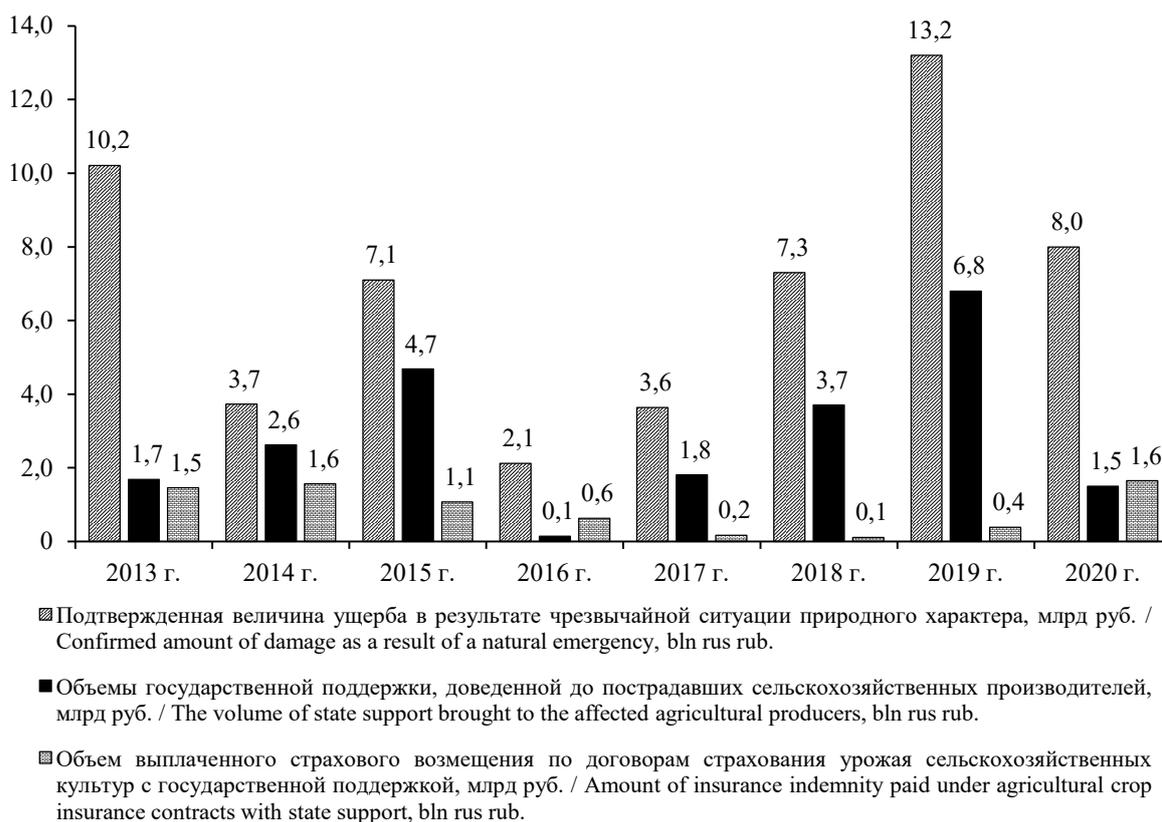


Рис. 5. Динамика объемов финансирования пострадавших от чрезвычайных ситуаций сельскохозяйственных производителей России (рассчитано по данным Банка России⁵) / Fig. 5. Dynamics of financing of agricultural producers affected by emergency situations in Russia (calculated according to the Bank of Russia)

Размер страхового возмещения в 68,7 раза ниже уровня фактически полученного ущерба и 34,3 раза ниже уровня прямых компенсаций регионам из федерального бюджета.

В 2018 году были введены ограничительные меры на оказание помощи регионам из федерального бюджета с привязкой к участию в программе сельскохозяйственного страхования. Регионы, не поддержавшие программу сельскохозяйственного страхования, получали существенно меньшие лимиты бюджетного субсидирования в размере 50 % стоимости ущерба от чрезвычайных ситуаций. При этом застраховавшие свои риски в добровольном порядке аграрии могли рассчитывать на полное возмещение ущерба, которое складывалось из суммы страховой выплаты и компенсации недостающей части из федерального бюджета.

Кардинальные изменения системы обеспечения государственной поддержки сельско-

хозяйственных производителей на случай введения в регионе режима чрезвычайной ситуации были внедрены лишь в начале июля 2021 года вместе с принятием закона о введении в России нового вида субсидируемого страхования урожая сельскохозяйственных культур от гибели в результате воздействия факторов чрезвычайных ситуаций⁶.

Данная инициатива, по сути, расширяет практику страхования урожая сельскохозяйственных культур и выделяет два основных направления – классическое мультирисковое сельскохозяйственное страхование и специализированное страхование от чрезвычайных ситуаций.

Основным отличием нового вида страхования от действующего в России с 2012 года мультирискового страхования является степень покрытия объектов страхованием и особенности расчета величины страхового возмещения.

⁵Там же.

⁶Федеральный закон от 11.06.2021 №177-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О государственной поддержке в сфере сельскохозяйственного страхования и о внесении изменений в Федеральный закон «О развитии сельского хозяйства». [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_386868/ (дата обращения 20.08.2021).

Классическое сельскохозяйственное страхование рисков отраслей растениеводства с государственной поддержкой предоставляет более широкое покрытие рисков и дает свободу выбора набора рисков, от которых можно застраховать урожай сельскохозяйственных культур и многолетние насаждения. При этом ущербом признается величина упущенной выгоды в случае снижения или гибели урожая от реализации рисков, не связанных с объявлением режима чрезвычайной ситуации. В новом рисковом виде сельскохозяйственного страхования размер страховых выплат в случае гибели посевов из-за чрезвычайной ситуации природного характера определяется объемом фактически осуществленных (прямых) затрат производителя на проведение подготовительных и посевных работ, что составляет в среднем 30-50 % величины ожидаемого урожая.

Страховой случай будет наступать для любого застрахованного хозяйства при объявлении в регионе режима чрезвычайной ситуации и гибели урожая в результате воздействия факторов природного характера.

В классическом сельскохозяйственном страховании с государственной поддержкой за счет средств государства субсидируется 50 % расходов страхователя на уплату страховых взносов.

В целях привлечения внимания и повышения доступности нового вида страхования был введен льготный период, в течение которого за счет средств государственных субсидий компенсируется 80 % стоимости страхового полиса. Данный льготный период будет длиться для субъектов малого бизнеса (фермерских и крестьянских хозяйства) два года с момента введения данного вида страхования, для прочих категорий сельскохозяйственных организаций – один год. Таким образом, стоимость договора страхования посевов от рисков наступления чрезвычайной ситуации в первый год составит 20 % величины рассчитанной страховщиком премии.

Далее ставка субсидирования расходов на оплату страховых взносов государством будет плавно снижаться ежегодно на 10 % до достижения величины 50 % в 2025 году для субъектов малого и среднего предпринима-

тельства, в 2024 году для прочих категорий сельскохозяйственных организаций.

Реализация нового рискового вида страхования потребует также формирования значительного по объему фонда компенсационных выплат на случай необходимости погашения обязательств перед страхователями при неспособности отдельной страховой организации осуществить в полном объеме страховое возмещение при наступлении катастрофических последствий в результате чрезвычайных происшествий природного характера.

Еще одной важной для страховщиков и аграриев новацией законопроекта стали положения, которые позволяют разрабатывать специальные программы сельскохозяйственного страхования по отдельным видам сельскохозяйственного бизнеса на гибких условиях с учетом отраслевой специфики, географических и климатических особенностей.

Проведенные экспертами расчеты на основе анализа статистических многолетних данных по чрезвычайным ситуациям в России за последние 15 лет, позволяют в настоящее время дать предварительную оценку о более низкой стоимости полиса нового вида страхования в 2-4 раза по сравнению с классическим мультирисковым⁷.

Новый страховой продукт должен стать максимально привлекателен для мелких и средних хозяйств, так как сама процедура заключения договора страхования, урегулирования вопросов получения страхового возмещения будет простой и быстрой.

Прямая зависимость величины страховой выплаты от площади погибших посевов позволяет существенно повысить скорость урегулирования претензий и получения выплат в течение одного-двух месяцев с момента фиксации гибели урожая посредством оперативного получения доказательной базы наступления страхового случая за счет активного использования инструментов космического мониторинга (дистанционного зондирования) полей. Вся необходимая сопроводительная документация и статистическая отчетность могут быть предоставлены позже в установленные сроки.

⁷Михайлова А. Н. Поправки с риском. Изменения в закон об агростраховании лишат господдержки растениеводов без полиса в чрезвычайной ситуации. Агроинвестор. 2021;5. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/analytics/article/35757-popravki-s-riskom-izmeneniya-v-zakon-ob-agrostrakhovanii-lishat-gospodderzhki-rasteniyevodov-bez-poli/> (дата обращения: 10.06.2021).

Внедрение нового вида страхования на практике планируется начать осенью 2021 года в период проведения осенней посевной кампании озимых культур. В 2022 году будет происходить отработка на практике процедуры урегулирования убытков при наступлении чрезвычайных ситуаций, а в последующие три года станет возможным массовое внедрение нового направления сельскохозяйственного страхования. По оценкам экспертов НСА⁸, в течение ближайших пяти лет рынок страхования по рискам наступления чрезвычайных ситуаций сравняется с объемом классического мультирискового страхования.

Выводы. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о негативном влиянии практики оказания прямой государственной помощи регионам из федерального бюджета на динамику развития системы мультирискового страхования урожая сельскохозяйственных культур в России.

Одновременное существование двух видов поддержки выступило сдерживающим фактором развития страхования урожая

сельскохозяйственных культур в результате распространения практики манипуляций региональными органами власти и крупными агрохолдингами.

Принятый в июне 2021 года федеральный закон от 11.06.2021 №177-ФЗ⁹ заложил основы для нового вида страхования урожая сельскохозяйственных культур от воздействия факторов чрезвычайных ситуаций. Был установлен порядок формирования фонда компенсационных выплат, а также определен объем выделяемых государством субсидий.

Данный вид страхования может стать востребованным малым и средним агробизнесом ввиду более низких тарифов. В случае массового распространения новая программа защиты интересов сельскохозяйственного товаропроизводителя станет качественной альтернативой прямой поддержке регионам из федерального бюджета. И при этом органично дополнит уже существующую систему мультирискового классического сельскохозяйственного страхования.

Список литературы

1. Носов А. В., Тагирова О. А., Боряева Т. Ф., Новичкова О. В. Агрострахование как инструмент финансовой поддержки сельского хозяйства в условиях санкций. Нива Поволжья. 2015;(2(35)):131-136. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23859162>
2. Хохлов А. А. Страхование рисков в растениеводстве с господдержкой. Эпоха науки. 2015;(4):21. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34216076&selid=25429419>
3. Углицких О. Н., Клишина Ю. Е. Проблемы современной системы сельскохозяйственного страхования и пути их решения. KANT. 2017;(2(23)): 231-235. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29655154>
4. Юдаева Н. Ю., Сысоева С. П. Проблемы агрострахования с государственной поддержкой в России. Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. 2017;(9(21)):1-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30069226>
5. Популях Ю. Г., Ададимова Л. Ю., Брызгалин Т. В., Белаконь М. В. Территориальная модель анализа рисков ситуаций и оценки угроз устойчивого развития сельского хозяйства региона. Нива Поволжья. 2016;(4(41)):158-164. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29233313>
6. Большакова Ю. А., Ильичева О. В. Государственная поддержка как механизм устойчивого развития АПК. Азимут научных исследований: экономика и управление. 2018;7(1(22)):57-60. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennaya-podderzhka-kak-mehanizm-ustoychivogo-razvitiya-apk>
7. Старкова О. Я. Результативность государственной поддержки агрострахования. Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. 2017;(5(17)):1-6. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29204726>
8. Тимошенко М. А. Особенности государственной поддержки сельского хозяйства в современных условиях. Продовольственная политика и безопасность. 2015;2(2):113-126. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25077983>
9. Юняева Р. Р., Аверин А. Ю. Специфика функционирования системы государственной поддержки сельского хозяйства в регионах РФ в условиях возникновения чрезвычайной ситуации. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. 2020;(2(54)):115-125.
10. Виноходова И. Г. Рынок агрострахования РФ на современном этапе и приоритетные направления его развития. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(4):55-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36738537>
11. Козырь Н. С., Бойко А. П. Основные тенденции развития агрострахования с государственной поддержкой в России. Экономический анализ: теория и практика. 2018;17(7):1240-1251. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35289782>
12. Тенетко А. А. Проблемы государственного регулирования аграрного сектора в Российской Федерации в современных условиях. Управление в современных системах. 2016;(3(10)):24-28. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27208836>
13. Климова Н. В., Шаповалова Г. И. Государственная поддержка в достижении целевых показателей развития сельского хозяйства. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017;130(06):760-773. DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-130-053>

⁸Биждов К. Агростраховщики предложили снизить в 5-8 раз расходы аграриев в первый год страхования от ЧС. [Электронный ресурс]. URL: http://www.naai.ru/press-tsentr/novosti_nsa/korney_bizhdov_prezident_nsa_agrostrakhovshchiki_predlozili_snizit_v_5_8_raz_raskhody_agrariyev_v_pe/ (дата обращения: 16.07.2021).

⁹URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_386868/

14. Бугай Ю. А. Экономический анализ эффективности существующих инструментов государственной поддержки агропромышленного комплекса региона. Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 3: Экономика. Экология. 2017;19(3):174-183. DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.3.17>

References

1. Nosov A. V., Tagirova O. A., Boryaeva T. F., Novichkova O. V. *Agrostrakhovanie kak instrument finansovoy podderzhki sel'skogo khozyaystva v usloviyakh sanktsiy*. [Agricultural insurance as an implement of financial farm support in the conditions of sanctions]. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*. 2015;(2(35)):131-136. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23859162>
2. Khokhlov A. A. *Strakhovanie riskov v rasteniyevodstve s gospodderzhkoy*. [Insurance of risk in crop production with state support]. *Epokha nauki*. 2015;(4):21. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/contents.asp?id=34216076&selid=25429419>
3. Uglitskikh O. N., Klishina Yu. E. *Problemy sovremennoy sistemy sel'skokhozyaystvennogo strakhovaniya i puti ikh resheniya*. [Problems of the modern system of agricultural insurance and their solutions]. *KANT*. 2017;(2(23)): 231-235. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29655154>
4. Yudaeva N. Yu., Sysoeva S. P. *Problemy agrostrakhovaniya s gosudarstvennoy podderzhkoy v Rossii*. [Problems of agricultural insurance with state support in Russia]. *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe khozyaystvo*. 2017;(9(21)):1-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30069226>
5. Populyakh Yu. G., Adadimova L. Yu., Bryzgalin T. V., Belakon M. V. *Territorial'naya model' analiza riskovykh situatsiy i otsenki ugroz ustoychivogo razvitiya sel'skogo khozyaystva regiona*. [Territorial model of the analysis of risky situations and estimations of threats to steady development of agriculture in the region]. *Niva Povolzh'ya = Volga Region Farmland*. 2016;(4(41)):158-164. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29233313>
6. Bolshakova Yu. A., Ilyicheva O. V. *Gosudarstvennaya podderzhka kak mekhanizm ustoychivogo razvitiya APK*. [State support as a mechanism of sustainable development of the agro industrial complex]. *Azimut nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravlenie = Azimuth of scientific research: economics and administration*. 2018;7(1(22)):57-60. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/gosudarstvennaya-podderzhka-kak-mekhanizm-ustoychivogo-razvitiya-apk>
7. Starkova O. Ya. *Rezultativnost' gosudarstvennoy podderzhki agrostrakhovaniya*. [The performance state operating support for agricultural insurance]. *Aekonomika: ekonomika i sel'skoe khozyaystvo*. 2017;(5(17)):1-6. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29204726>
8. Timoshchenko M. A. *Osobennosti gosudarstvennoy podderzhki sel'skogo khozyaystva v sovremennykh usloviyakh*. [Specific features of state support for agriculture in the modern conditions]. *Prodoval'stvennaya politika i bezopasnost = Food Policy and Security*. 2015;2(2):113-126. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25077983>
9. Yunyaeva R. R., Averin A. Yu. *Spetsifika funktsionirovaniya sistemy gosudarstvennoy podderzhki sel'skogo khozyaystva v regionakh RF v usloviyakh vozniknoveniya chrezvychaynoy situatsii*. [The functioning specifics of the state agricultural support system in the regions of the Russian federation at emergency situations]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Obshchestvennyye nauki = University proceedings. Volga region. Social sciences*. 2020;(2(54)):115-125. (In Russ.).
10. Vinokhodova I. G. *Rynok agrostrakhovaniya RF na sovremennom etape i prioryetnye napravleniya ego razvitiya*. [The agricultural insurance market of the Russian Federation at the present stage and priority directions of its development]. *Izvestiya Velikoluk-skoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2018;(4):55-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36738537>
11. Kozyr' N. S., Boiko A. P. *Osnovnye tendentsii razvitiya agrostrakhovaniya s gosudarstvennoy podderzhkoy v Rossii*. [Major trends in developing the state supported agricultural insurance in Russia]. *Ekonomicheskyy analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*. 2018;17(7):1240-1251. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35289782>
12. Tenetko A. A. *Problemy gosudarstvennoy regulirovaniya agrarnogo sektora v Rossiyskoy Federatsii v sovremennykh usloviyakh*. [Problems of state regulation of agricultural sector in the Russian Federation in the modern conditions]. *Upravlenie v sovremennykh sistemakh*. 2016;(3(10)):24-28. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27208836>
13. Klimova N. V., Shapovalova G. I. *Gosudarstvennaya podderzhka v dostizhenii tselevykh pokazateley razvitiya sel'skogo khozyaystva*. [State support in the achievement of target indicators of the development of the agriculture]. *Politematicheskyy setevoj elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University*. 2017;130(06):760-773. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1990-4665-130-053>
14. Bugar Yu. A. *Ekonomicheskyy analiz effektivnosti sushchestvuyushchikh instrumentov gosudarstvennoy podderzhki agropromyshlennogo kompleksa regiona*. [Economic analysis of the effectiveness of existing tools of state support for agro-industrial complex of the region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 3: Ekonomika. Ekologiya = Journal of Volgograd State University. Economics*. 2017;19(3):174-183. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15688/jvolsu3.2017.3.17>

Сведения об авторе

Семенова Надежда Николаевна, доктор экон. наук, профессор, заведующая кафедрой «Финансы и кредит», Национальный исследовательский Мордовский государственный университет имени Н. П. Огарёва, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430005, e-mail: dep-general@adm.mrsu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2270-256X>

✉ **Аверин Антон Юрьевич**, научный сотрудник, старший преподаватель кафедры «Экономика и финансы», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», Институт экономики и управления, г. Пенза, Пензенская область, Российская Федерация, 440026, e-mail: rektorat@pnzgu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8951-9241>, e-mail: prosto-anton@mail.ru

Information about the authors

Nadezhda N. Semenova, DSc in Economics, professor, Head of the Department of Finance and Credit, National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430005, e-mail: dep-general@adm.mrsu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2270-256X>

✉ **Anton Y. Averin**, researcher, senior lecturer at the Department of Economics and Finance, Penza State University, Institute of Economics and Management, Penza, Penza Region, Russian Federation, 440026, e-mail: rektorat@pnzgu.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8951-9241>, e-mail: prosto-anton@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

**ПАМЯТИ УЧЕНОГО-РУКОВОДИТЕЛЯ:
ФАДЕЕВ АНАТОЛИЙ ПАВЛОВИЧ**



1 ноября 2021 года **Фадееву Анатолию Павловичу** – уникальному, многогранному и талантливому человеку, учёному-руководителю, кандидату сельскохозяйственных наук – исполнилось бы 80 лет.

Всю свою жизнь Анатолий Павлович посвятил сельскому хозяйству. После окончания с отличием Чувашского сельскохозяйственного института (1968 г.) работал ст. научным сотрудником, гл. агрономом, зам. директора, а с 1978 г. – директором Чувашской сельскохозяйственной опытной станции (с 1991 г. – Чувашский НИИ сельского хозяйства). Одновременно (с 1991 по 2010 г.) являлся директором ОПХ «Колос» Чувашского НИИСХ – одного из крупнейших сельскохозяйственных предприятий Россельхозакадемии, ставшего полигоном для внедрения новых прогрессивных технологий возделывания зерновых культур и картофеля, заготовки кормов в Чувашской Республике.

Анатолий Павлович проработал в Чувашском НИИСХ 43 года. Всегда стремился и достигал совершенства – высокая культура земледелия и передовые агротехнологии на полях, внедрение новых культур и перспективных сортов, развитие селекционных направлений исследований. А. П. Фадеев – соавтор

12 сортов сельскохозяйственных культур селекции Чувашского НИИСХ, при его участии выведен Колосовский тип свиньи. Анатолий Павлович – автор 80 научных работ, в т. ч. 2 монографий.

Под руководством А. П. Фадеева институт и опытно-производственное хозяйство стали в Чувашии основными производителями семян новых высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур.

Фадеев Анатолий Павлович являлся ярким примером беззаветного служения любимому делу, преданности идеалам чести, добра и справедливости. Истинный интеллигент, человек блестящего интеллекта и огромной эрудиции. Его отличали энергичность, целеустремленность, инициативность и высокий талант организатора.



Среди директоров 15 институтов Северо-Восточного научно-методического центра Россельхозакадемии Анатолий Павлович обладал безусловным авторитетом – был бессменным «старостой».

Так вспоминает о нем Александр Михайлович Гурьянов, доктор сельскохозяйственных наук, директор Мордовского НИИСХ: «Фадеев Анатолий Павлович являлся уникальным организатором аграрного движения Чувашской Республики, великим другом коллектива нашего института и наставником директоров Центра. Его добрые дела проявились во всем и везде – в своем крае, Россельхозакадемии, Минсельхозпрод России, научных коллективах Поволжья и за его пределами. До сих пор для меня слышны его убедительные выступления и глубокие доклады, дружеские подсказки и человеческая поддержка. Он по жизни был очень серьезным и в делах – ответственным. Очень любил свою Чувашию и гордился тем, что был мордвин-эрья. Когда мне нужно было принять трудное решение в политически сложном производственном деле, я обратился к нему за советом. Он не только посоветовал, а на два дня приехал в наш институт и помог нам выйти из сложной ситуации. Анатолий Павлович был очень справедливым и свое мнение выражал напрямую. За это его очень уважал и считал своим другом великий человек – первый вице-президент Россельхозакадемии академик Жученко Александр Александрович. Нет обоих в жизни, но их дела и дружба, часто вспоминаются, как добрый пример».

Анатолий Павлович принимал активное участие в общественно-политической жизни: делегат XXVIII съезда КПСС (1990 г.), депутат Верховного Совета Чувашской Республики 12-го созыва (1990-1994 гг.) и Государственного Совета Чувашской Республики 1-го созыва (1994-1998 гг.), действительный член Национальной академии наук и искусств Чувашской Республики (с 1996 г.), председатель агропромышленного Союза Чувашской Республики (1997-2010 гг.).



Анатолий Павлович награждён медалью ордена «За заслуги перед Чувашской Республикой» (2011 г.), медалями «За преобразование Нечерноземья РСФСР» (1998 г.), «Имени Т. С. Мальцева» (2004 г.), «Ветеран труда» (1990 г.), Почётными грамотами Россельхозакадемии (1992 г., 1999 г.), Президиума Верховного Совета ЧАССР, Чувашской Республики и Государственного Совета Чувашской Республики. Ему присвоены почётные звания «Заслуженный работник сельского хозяйства Чувашской Республики» (1991 г.), «Заслуженный работник сельского хозяйства Российской Федерации» (1998 г.).

До последних дней Анатолий Павлович был преисполнен творческих планов, связанных с вовлеченностью Чувашского НИИСХ в масштабные программы развития сельского хозяйства Чувашской Республики и Волго-Вятского региона в целом. Он ушел из жизни 3 сентября 2012 года.

Светлая память об этом замечательном порядочном человеке, выдающемся руководителе своей эпохи и истинном подвижнике навсегда сохранится в сердцах его близких, друзей, коллег, учеников.

