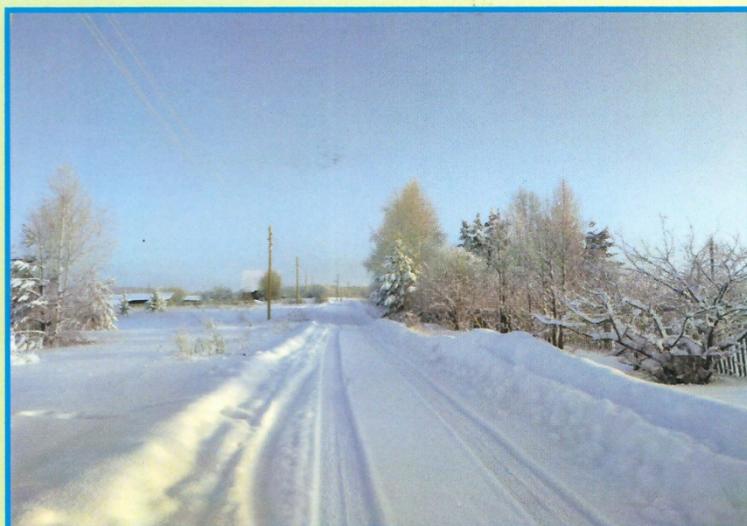


ISSN 2072-9081 (print)
ISSN 2500-1396 (online)

Аграрная наука Евро-Северо-Востока

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

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



Том 23
№ 1
2022

Vol. 23
No. 1
2022

© 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 – Сысуйев 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

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

Журнал включен в базы данных РИНЦ, 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.cnsnb.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 4-й странице обложки фото
В. Малишевского

Подписано к печати
21.02.2022.

Дата выхода в свет
04.03.2022.

Формат 60x84^{1/8}.

Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 16,04.

Тираж 100 экз. Заказ 1.

Свободная цена

Отпечатано с оригинал-макета

Адрес типографии:

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

**Самоделькин
Александр
Геннадьевич**

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

**Сисягин
Павел Николаевич**

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

**Титова
Вера Ивановна**

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

**Токарев
Антон Николаевич**

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

**Урбан
Эрома Петрович**

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

**Цой
Юрий Алексеевич
Широких
Ирина Геннадьевна**

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

**Щенникова
Ирина Николаевна**

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

Changzhong Ren

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

Ivanovs Semjons

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

Marczuk Andrzej

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

Náhlik András

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

Poutanen Kaisa

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

Romaniuk Wazlaw

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

Yu Li

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

Редакционная коллегия

**Алешкин Алексей
Владимирович**

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

**Брандорф
Анна Зиновьевна**

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

**Бурков Александр
Иванович**

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

**Егошина Татьяна
Леонидовна**

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

**Ивановский
Александр
Александрович**

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

**Козлова Людмила
Михайловна**

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

**Костенко Ольга
Владимировна**

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

**Рябова Ольга
Вениаминовна**

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

**Савельев Александр
Павлович**

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

**Товстик Евгения
Владимировна**

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

**Филатов
Андрей Викторович**

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

**Шешегова
Татьяна Кузьмовна**

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

**Юнусов Губейдулла
Сибяттулович**

д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки с.-х. продукции Аграрно-технологического института Марийского государственного 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 outside back cover there is the photo of V. Malishevsky

Passed for printing
21.02.2022 г.

Date of publication
04.03.2022.

Format 60x84^{1/8}. Offset paper.
Cond. pecs. l. 16.04.
Circulation 100 copies. Order 1.
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. Egozhina	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. Sheshhegova	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

- О. А. Бурова, О. И. Захарова, Н. Н. Торопова, Е. А. Лискова, И. В. Яшин, А. А. Блохин*
Болезнь Шмалленберг: обзор литературы и эпизоотическая ситуация в мире и России..... 7
- С. В. Шабунин, Г. А. Востроилова, Н. А. Григорьева, М. С. Жуков, В. А. Грицюк*
Интерфероны- α и - γ в клинической ветеринарной практике при профилактике и лечении инфекционных заболеваний у крупного рогатого скота и свиней (обзор)..... 16

РАСТЕНИЕВОДСТВО

- О. В. Левакова, М. И. Костаньянц*
Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России..... 36
- В. Н. Пакуль*
Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири..... 44
- А. Д. Степин, М. Н. Рысев, Т. А. Рысева, Т. Д. Лисицкая*
Оценка коллекционных образцов льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Запада Российской Федерации..... 54
- Л. В. Багмет, Е. М. Чеботок, А. В. Шлявас*
Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть II..... 69

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

- И. Э. Шарпова, Т. В. Косолапова*
Изучение селекционных образцов ежи сборной в условиях Республики Коми..... 81

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- М. В. Ивевор, Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, С. Л. Саукова, Ю. В. Питунова, К. К. Елисеева*
Состояние популяции возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Российской Федерации..... 90

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

- В. Г. Гольдштейн, В. А. Дегтярев, В. А. Коваленок, А. В. Семенова, А. А. Морозова*
Определение пригодности различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с белой и пигментированной мякотью для переработки на картофелепродукты..... 98

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

- Я. Барвицкий, А. Марчук, Д. Гураль, М. Гураль-Ковальчик, С. Назаревич*
Устойчивое развитие экологических и энергетических аспектов ферментации метана на семейных фермах в Польше..... 110
- Е. А. Никитин*
Имитационное моделирование роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах КРС..... 117

ЭКОНОМИКА

- С. К. Сеитов*
Влияние экспортных пошлин на российский рынок пшеницы..... 126

ХРОНИКА

- Новые научные издания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока..... 138

CONTENTS

REVIEWS

- Olga A. Burova, Olga I. Zakharova, Nadezhda N. Toropova, Elena A. Liskova, Ivan V. Yashin, Andrey A. Blokhin*
Schmallenberg disease: literature review and epizootic situation in the world and in Russia..... 7
- Sergey V. Shabunin, Galina A. Vostroilova, Natalya A. Grigoryeva, Maksim S. Zhukov, Vasilina A. Gritsyuk*
Interferons- α and - γ in clinical veterinary practice in the prevention and treatment of infectious diseases in cattle and pigs (review)..... 16

PLANT GROWING

- Olga V. Levakova, Margarita I. Kostanyants*
Galatea is a new variety of winter wheat for the Central Region of the Russian Federation..... 36
- Vera N. Pakul*
Variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia..... 44
- Aleksander D. Stepin, Michail N. Rysev, Tamara A. Ryseva, Tatyana D. Lisitskaya*
Evaluation of collection accessions of fiber flax according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of North-West of the Russian Federation..... 54
- Larisa V. Bagmet, Elena M. Chebotok, Anna V. Shlyavas*
Nomenclatural standards of black currant cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part II..... 69

FODDER PRODUCTION

- Irina E. Sharapova, Tatyana V. Kosolapova*
Study of breeding numbers of cocksfoot in the conditions of the Komi Republic..... 81

PLANT PROTECTION

- Maria V. Iwebor, Tatiana S. Antonova, Nina M. Araslanova, Svetlana S. Saukova, Yulia V. Pitinova, Ksenia K. Eliseeva*
The situation in the population of the sunflower downy mildew pathogen in some regions of the Russian Federation..... 90

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

- Vladimir G. Goldstein, Vladimir A. Degtyarev, Vladimir A. Kovalenok, Anastasia V. Semenova, Anastasia A. Morozova*
Determination of suitability of different potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties with white and pigmented pulp for processing into potato products..... 98

MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

- Jan Barwicki, Andrzej Marczuk, Dariusz Góral, Małgorzata Góral-Kowalczyk, Sybilla Nazarewicz*
Sustainable development of environment and energy aspects of methane fermentation on family farms in Poland..... 110
- Evgeniy A. Nikitin*
Simulation of a robotic device for maintenance of the feed table at cattle breeding complexes..... 117

ECONOMY

- Sanat K. Seitov*
Impact of export duties on the Russian wheat market..... 126

CHRONICLE

- New scientific publications of FANC of the North-East..... 138

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.7-15>

УДК 619:578.8:616-036.22



Болезнь Шмалленберг: обзор литературы и эпизоотическая ситуация в мире и России

© 2022. О. А. Бурова✉, О. И. Захарова, Н. Н. Торопова, Е. А. Лискова, И. В. Яшин, А. А. Блохин

ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии» (ФГБНУ ФИЦ ВиМ), Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Болезнь Шмалленберг – это относительно новая вирусная болезнь жвачных животных, которая передается кровососущими членистоногими. Возбудитель болезни Шмалленберг представляет собой РНК-вирус с тремя геномными сегментами, который устойчив к частым мутациям. К вирусу болезни Шмалленберг восприимчивы жвачные животные, особенно овцы, а также коровы и козы. Впервые болезнь Шмалленберг зарегистрирована в Германии в августе 2011 года. В 2012-2013 годах инфекция распространилась на большую часть Северо-Западной Европы. Основным путем распространения болезни были насекомые-переносчики. Распространение болезни на большие расстояния было обусловлено перемещением племенного инфицированного скота. Именно таким путем болезнь была завезена в Россию в 2012 году. Следовательно, болезнь имеет выраженный трансграничный потенциал при несоблюдении ветеринарных правил ввоза импортного скота. Болезнь может иметь высокую заболеваемость, но при этом характеризуется низкой летальностью. Основные экономические потери складываются из снижения продуктивности, аборт, нарушения процесса воспроизводства стада. Контроль болезни эффективно реализуется с помощью вакцинации и общих карантинных и профилактических мер.

Ключевые слова: новый вирус, этиология, векторы-переносчики, жвачные животные, распространение, профилактика

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., Лискова Е. А., Яшин И. В., Блохин А. А. Болезнь Шмалленберг: обзор литературы и эпизоотическая ситуация в мире и России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):7-15. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.7-15>

Поступила: 22.09.2021

Принята к публикации: 22.12.2021

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Schmallenberg disease: literature review and epizootic situation in the world and in Russia

© 2022. Olga A. Burova✉, Olga I. Zakharova, Nadezhda N. Toropova, Elena A. Liskova, Ivan V. Yashin, 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

Schmallenberg disease is a relatively new viral disease of ruminants that is transmitted by bloodsucking arthropods. The causative agent of Schmallenberg disease is an RNA virus with three genomic segments. The virus is resistant to frequent mutations. Ruminants, especially sheep, cows and goats are susceptible to the disease. First, Schmallenberg disease was reported in Germany in August 2011. In 2012-2013, the infection spread to the most part of Northwestern Europe. Insect vectors were the main mechanism for the spread of the disease. The spread of the disease over long distances was due to the movement of infected breeding cattle. It was in this way that the disease was introduced to Russia in 2012. Consequently, the disease has a high cross-border potential, especially if veterinary rules for the import of imported livestock are not followed. The disease can have a high incidence, but it is characterized by low mortality. The main economic losses include a decrease in productivity, abortions, and disturbances in the process of animal reproduction. Disease control is effectively implemented through vaccination and general quarantine and preventive measures.

Keywords: new virus, etiology, vectors, ruminants, spread, prevention

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 (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 citations: Burova O. A., Zakharova O. I., Toropova N. N., Liskova E.A., Yashin I. V., Blokhin A. A. Schmallenberg disease: literature review and epizootic situation in the world and in Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):7-15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.7-15>

Received: 22.09.2021

Accepted for publication: 22.12.2021

Published online: 25.02.2022

Болезнь Шмалленберг – это недавно открытая вирусная болезнь жвачных животных, которая передается кровососущими членистоногими и характеризуется лихорадкой, поражением желудочно-кишечного тракта, снижением продуктивности и нарушением внутриутробного развития плода, ведущим к абортam, мертворождению и уродствам. Название – болезнь Шмалленберг – дано по месту выявления вспышки заболеваемости (Германия, 2011 г.).

Так как болезнь новая, необходимо знать свойства этого вируса, иметь сведения об источниках, путях распространения и способах передачи. Для предотвращения проникновения и распространения болезни Шмалленберг на территорию Российской Федерации и её профилактики необходимо анализировать как можно больше научных данных о диагностике и профилактике этой инфекции.

Цель работы – обобщить актуальные научные данные по болезни Шмалленберг и эпизоотической ситуации в мире и Российской Федерации.

Материал и методы. Поиск источников проводили путём скрининга международных баз научного цитирования Web of Science, PubMed, Scopus, Google Scholar и базы Российского научного цитирования. Критериями поиска служили ключевые слова: болезнь Шмалленберг (Schmallenberg disease), вирус (virus), этиология (etiology), распространение (spread), профилактика (prevention). Изначально было выбрано 105 источников, наиболее соответствующих критериям поиска. Путём исключения повторяющихся и непроверенных данных, выбора наиболее поздних публикаций было отобрано 46 источников.

Основная часть.

Этиология болезни. Болезнь Шмалленберг вызывается РНК-содержащим вирусом, принадлежащим к семейству буньявирусы (*Bunyaviridae*), роду ортобуньявирусы (*Orthobunyavirus*), серогруппе Симбу (*Simbu serogroup*) [1]. В роду *Orthobunyavirus* насчитывается более 170 представителей, включая вирусы, вызывающие заболевания у людей

(вирус лихорадки Оропуша, вирус энцефалита Ла Кросса) и жвачных животных (вирус болезни Акабана, вирус болезни Айно, вирус лихорадки долины Кэш) [2]. Вирусы серогруппы *Simbu* распространены в Африке, Океании и на Ближнем Востоке, включают более 25 видов, которые могут вызывать аналогичные болезни Шмалленберг клинические признаки и патологоанатомические изменения [3].

Строение вируса болезни Шмалленберг (Schmallenberg virus – SBV) в настоящее время изучено достаточно подробно [4, 5]. Это сферический оболочечный одноцепочечный вирус диаметром 100 нм с отрицательной РНК с тремя геномными сегментами: L (большой) – кодирующий РНК-полимеразу; М (средний) – кодирующий поверхностные гликопротеины; S (малый) – кодирующий нуклеокапсидный белок (N); эти сегменты принадлежат к разным генетическим группам. Hoffmann et al. (2015) сообщили, что вирус болезни Шмалленберг имеет относительно низкую частоту мутаций не только *in vivo*, но и *in vitro* [6]. Несколько полевых исследований вариативности вируса также продемонстрировали, что вирус относительно стабилен во времени [7, 8].

Восприимчивые животные. Как известно, к вирусу болезни Шмалленберг восприимчивы парнокопытные жвачные животные (крупный рогатый скот, козы и овцы) вне зависимости от пола и возраста [1]. Антитела к вирусу болезни Шмалленберг были обнаружены у широкого круга диких и экзотических жвачных животных, таких как альпаки, лоси, буйволы, европейские бизоны, благородный олень, лань, косуля, пятнистый олень, красный олень, лама, северный олень, муфлон, водный буйвол, серна, а также у верблюдов [3, 9, 10]. Из домашних парнокопытных наиболее чувствительны к вирусу овцы, в меньшей степени коровы и козы [11].

Косвенными методами болезнь Шмалленберг была зарегистрирована у ряда нежвачных животных. Например, SBV-специфические антитела были обнаружены у диких кабанов, свиней, собак, азиатского слона [10, 12].

Передача вируса. На сегодняшний день известны два пути передачи инфекции. Первый – горизонтальный, когда вирус попадает в организм животных при укусах кровососущих насекомых [4, 13], второй – вертикальный, когда передача вируса болезни Шмалленберг происходит от инфицированной матери к плоду [14].

Данных о прямой передаче вируса болезни Шмалленберг от инфицированных животных здоровым нет, хотя инфицированные животные выделяют вирус болезни Шмалленберг с фекалиями, оральными и назальными жидкостями [7]. Передача вируса болезни Шмалленберг через сперму от инфицированных быков также не доказана [15].

Вертикальная передача вируса болезни Шмалленберг от инфицированной матери к плоду происходит в течение первого и начале второго триместра беременности и приводит к уродствам плода, абортам и мертворождению [11, 14, 16].

Насекомые-переносчики, такие как мокрецы (*Culicoides spp.*), играют главную роль в передаче вируса болезни Шмалленберг [13]. Известно, что вирус размножается в слюнных железах самок насекомых, а также доказана трансвариальная передача вируса болезни Шмалленберг от самок мокрецов их потомству [17].

Распространение. Впервые болезнь Шмалленберг была зарегистрирована в Германии в августе 2011 года. До настоящего времени географическое происхождение вируса болезни Шмалленберг остается неизвестным. Распространение близкородственных ортобуньявирусов серогруппы *Simbu* (вирусы *Aino*, *Akabane*, *Sathuperi* и *Shamonda*) в Африке и Азии, Океании и Австралии [18] позволяет предположить, что вирус болезни Шмалленберг, возможно, был занесен в Европу из отдаленных географических регионов. Можно предположить, что и вирус болезни Шмалленберг, и вирус блютанга серотипа 8 были занесены в Европу схожим, но еще не установленным путем [19].

В 2012 году инфекция распространилась на большую часть Северо-Западной Европы. Были зафиксированы вспышки болезни в таких странах, как Бельгия, Франция, Нидерланды, Великобритания [20, 21]. Распространение возбудителя происходит за счет завоза инфицированного скота, миграции диких животных и насекомых-переносчиков. Вирус болезни Шмалленберг быстро распространился на

остальную часть континента, поскольку инфицированные мошки легко переносятся воздушными потоками [22]. Скорость распространения вируса оценивается в диапазоне от 0,9 до 1,5 км в день [23]. Во время сезона активности переносчиков инфекция болезнь распространилась на Австрию, Финляндию, Польшу, Швейцарию и Швецию [24].

После выявления нового вируса, в Турции [25] был проведен ретроспективный анализ сывороток крови, полученных в период 2006-2013 гг. в западных и юго-восточных районах страны. Антитела к вирусу Шмалленберг были обнаружены у 24,5 % животных, причём 39,8 % среди крупного рогатого скота, 1,6 % – среди овец, 2,8 % – среди коз, 1,5 % – среди буйволов. Это исследование показало, что в Турции вирус Шмалленберг существовал за 5 лет до первой официально подтвержденной вспышки болезни в 2011 г. в Германии [25].

По данным исследователей [26, 27], животные с антителами к вирусу болезни Шмалленберг были выявлены в 21 стране Европейского Союза, в таких как Германия, Бельгия, Великобритания, Франция, Италия, Испания, Дания, Эстония, Швейцария, Норвегия, Швеция, Финляндия, Польша, Австрия. Многие из этих стран являются экспортёрами племенных животных в Россию, что формирует определенный эпизоотический риск.

Первые случаи болезни Шмалленберг в Российской Федерации были выявлены в 2012 году у импортного крупного рогатого скота во Владимирской области и Красноярском крае, где было установлено 17 и 54 серопозитивных животных соответственно.

В 2013 году спектр территорий, где были обнаружены серопозитивные животные расширился до 13 регионов. В последующие годы болезнь Шмалленберг выявлялась в других регионах страны. В 2016 году на болезнь Шмалленберг в ветеринарных лабораториях Российской Федерации¹ исследовано всего 33835 материалов методом иммуноферментного анализа (ИФА) и полимеразной цепной реакции (ПЦР), получено 337 положительных результатов по сыворотке крови. Так, антитела были выявлены у 305 животных в Калининградской области, 16 – в Тверской области, 9 – в Кемеровской области, 5 – в Псковской области и 2 – в Ставропольском крае.

¹О внесении Россельхознадзором изменений в условия ввоза по БШ из стран Европы восприимчивых к этой болезни животных. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fsvps.gov.ru/fsvps/news/6787.html> (дата обращения: 23.07.2021).

На основе статистических данных² нами составлена карта распространения болезни

Шмалленберг в странах Европы, Ближнего Востока, Закавказья и России (рис.).



Рис. Первичное выявление болезни Шмалленберг в странах Европы, Закавказья, Турции и России / Fig. The first detection of Schmallenberg disease in Europe, Transcaucasia, Turkey and Russia

С 2017 года вспышек болезни Шмалленберг в нашей стране не зарегистрировано³. Однако в связи с тем, что из стран Европейского Союза и ближнего зарубежья в Россию регулярно ввозятся высокопродуктивные животные и племенной генетический материал, включая эмбрионы и замороженное семя, риск заноса вируса болезни Шмалленберг остаётся высоким. Поэтому сохранение эпизоотического благополучия нашей страны по данной болезни является актуальной задачей.

Клинические признаки. Инкубационный период болезни длится от 1 до 4-5 суток [20]. В зависимости от природно-климатических факторов, степени активности переносчиков, процент инфицирования взрослого поголовья составляет от 2-6 до 90 %, смертность около 3 %, а процент абортировавших животных может колебаться от 1 до 60 % [17, 28].

Клинические признаки у взрослого крупного рогатого скота обычно длятся от 6 до 20 дней и тесно связаны с кратковременной вирусемией [20, 29]. У больных животных в начале болезни отмечается недомогание, быстрая утомляемость, повышение темпера-

туры тела до 41 °С, снижение аппетита, в результате чего развивается истощение. Затем развиваются желудочно-кишечные расстройства (диарея), у коров резко снижается молочная продуктивность [16]. Иногда болезнь может проявляться гибелью взрослых животных и новорожденного молодняка, абортными, рождением молодняка с пороками развития и мертворождениями в результате заражения матерей до или в период беременности [20].

У овец и коз заболевание протекает тяжелее, наблюдается ярко выраженное истощение, у материнского поголовья выявляют поражение репродуктивных органов, процент гибели животных больше, чем среди крупного рогатого скота [30, 31].

Инфицирование вирусом болезни Шмалленберг на ранних сроках беременности у крупного рогатого скота обуславливает эмбриональную смертность (рассасывание плода) и возвращение к стадии эструса в половом цикле [32, 33]. Это приводит к увеличению числа осеменений на одну корову, снижению выхода молодняка и экономическим убыткам.

²Там же.

³Там же.

Сообщается, что при болезни Шмалленберг 25 % голов крупного рогатого скота, беременность которых ранее была подтверждена, abortируют⁴.

Важным фактором в развитии пери- и постнатальной симптоматики у потомства животных является срок беременности на момент инфицирования [20, 34]. Внутриутробная инфекция при болезни Шмалленберг может вызвать аборт, преждевременные роды, мертворождение, мумификацию плодов или рождение животных с уродствами. Врожденные уродства, как правило, характеризуются артрогрипоз-гидроэнцефалическим синдромом, пороками развития позвоночника и черепа, головного и спинного мозга у ягнят, козлят и телят [1, 35]. В некоторых случаях у новорожденных животных отмечаются слепота, водянка грудной и брюшной полости, параличи, отеки в подкожной клетчатке, патология нижней челюсти [12, 17].

Интересно, что при многоплодной беременности у коров, а также овец и коз возможно рождение одновременно инфицированного и неинфицированного потомства от инфицированных матерей [14, 36].

Диагностика. При подозрении на болезнь Шмалленберг из-за сходства клинических признаков инфекции с другими вирусными инфекциями жвачных животных для подтверждения диагноза необходимы лабораторные исследования [29]. Для постановки диагноза применяют вирусовыделение, серологические методы (иммуноферментный анализ (ELISA), реакция иммунофлюоресценции и вируснейтрализации) и метод полимеразной цепной реакции [37]. Разработаны различные системы ПЦР, нацеленные на выявление сегментов S, M или L генома вируса [20, 38]. Анализ на основе S-сегмента считается наиболее подходящим с точки зрения чувствительности и специфичности для обнаружения РНК-вируса болезни Шмалленберг. Также был разработан анализ pan-Simbu RT-qPCR для обнаружения ряда вирусов серогруппы *Simbu* [38].

У врожденно инфицированных и имеющих уродства плодов и молодняка предпочтительными материалами для обнаружения РНК-вируса болезни Шмалленберг с помощью RT-qPCR являются ствол мозга, плацента и меконий. Преколостральная сыворотка и фетальные жидкости также могут быть использованы для

обнаружения SBV-специфических нейтрализующих антител независимо или в качестве дополнения к образцам тканей [39]. Замороженные разбавленные или неразбавленные образцы спермы быков также могут служить материалом для обнаружения РНК-вируса болезни Шмалленберг [40].

Исследованию подвергаются и кровососущие членистоногие насекомые, участвующие в распространении вируса, в первую очередь *Culicoides* [17, 20, 41].

Обнаружение SBV-специфических антител является более надежным диагностическим тестом при обследовании взрослых животных по сравнению с обнаружением вируса или его генома. Это связано с тем, что в патогенезе болезни Шмалленберг у взрослого скота крайне короткая продолжительность виремии (приблизительно 4-6 дней), а клинические признаки у взрослых животных очень неспецифические [20, 29, 41].

Антитела против вируса болезни Шмалленберг в сыворотке крови подозрительных животных можно обнаружить с помощью непрямого иммунофлуоресцентного анализа [41]. Обнаружение антител к вирусу болезни Шмалленберг в сыворотке крови с помощью ELISA представляет собой косвенный метод диагностики болезни, но преимущество этого теста в том, что его можно использовать для обнаружения вирусоспецифических антител в молоке [42].

Однако положительные результаты на наличие антител к вирусу болезни Шмалленберг, в том числе в молоке, не подтвержденные с помощью тестов на нейтрализацию вируса и выявление его генома, следует интерпретировать с осторожностью. Связано это с тем, что нельзя исключать возможность перекрестной реакции с другими родственными вирусами серогруппы *Simbu*, такими как, например, болезнь Шамонда, Айне, Акабане, Сатупери, которые могут циркулировать в стаде.

В 2016 году в России антитела к вирусу болезни Шмалленберг выявлены у 7,92 % от обследованных животных [43]. Из 100 сообщений о подозрении на болезнь Шмалленберг лабораторными методами подтверждены 63,19 %. Таким образом, эффективность первичной эпизоотической диагностики практикующими ветеринарами составила 63,19 %.

⁴Department of Agriculture Food and Marine (DAFM). Regional Veterinary Lab Reports. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agriculture.gov.ie/animalhealthwelfare/laboratoryservices/regionalveterinarylaboratoryreports/> (дата обращения: 12.08.2019).

Иммунитет и вакцинация. Известно, что переболевание ведёт к устойчивому иммунитету, сохраняющемуся в течение 4-5 лет [44]. Однако следует иметь в виду, что регулярное возобновление циркуляции вируса среди серонегативного молодняка может снова стать причиной большого количества случаев порока развития плода, вызванного инфицированием неиммунных самок во время одной из их первых беременностей. Для предотвращения новых вспышек и снижения риска возникновения новых очагов инфекции может применяться вакцинация всего восприимчивого поголовья. Более рентабельной стратегией может быть вакцинация самок животных всех восприимчивых видов до наступления репродуктивного возраста [45].

Исследования по разработке вакцин начались в 2012 году, сразу после обнаружения нового вируса. Вскоре были разработаны инактивированные вакцины против болезни Шмалленберг, которые эффективно предотвращают вирусемию и клиническое проявление болезни, пороки развития плода и преждевременные роды или мертворождение. В Европе для защиты овец и крупного рогатого скота от болезни Шмалленберг используются три коммерческие вакцины: Zulvac SBV (Zoetis), Bovilis SBV (MSD Animal Health) и SBVvax (Merial) [46].

Контроль и профилактика болезни Шмалленберг. Стратегия профилактики болезни Шмалленберг основана преимущественно на вакцинации восприимчивого домашнего скота, ограничении торговли и перемещения животных, а также борьбе с популяциями насекомых на территориях животноводческих предприятий с помощью инсектицидов и репеллентов⁵.

Всемирной организацией здравоохранения животных (МЭБ) были предложены меры, чтобы помочь странам, свободным от вируса болезни Шмалленберг, избежать заноса инфекции без введения торговых барьеров [1].

К общим профилактическим мерам относятся [17]:

- сбалансированное кормление животных, регулярное проведение противопаразитарных обработок;

- мониторинг за состоянием здоровья стада (общее состояние, изменение в поведении, появление клинических признаков, характерных для болезни Шмалленберг);

- сбор информации об отклонениях при рождении, количестве аборт, мертворождений, пороков развития у новорожденных животных;

- соблюдение карантинных мероприятий для всех купленных животных.

В письме Россельхознадзора от 12.01.2018 №ФС-НВ-2/280 «О направлении рекомендаций по условиям ввоза, карантинирования и транзита восприимчивых к болезни Шмалленберг животных и их генетического материала из стран Европы на территорию Российской Федерации» определены условия карантинирования и проведения исследований в стране-экспортере крупного и мелкого рогатого скота, импортируемого в Российскую Федерацию⁶.

Заключение. Вирус болезни Шмалленберг представляет собой РНК-вирус с тремя геномными сегментами, обладающий высокой устойчивостью к мутациям. Это позволяет ожидать, что в исторически обозримом будущем новых штаммов не появится и расширения круга восприимчивых животных не произойдет. На сегодняшний день к вирусу восприимчивы жвачные парнокопытные животные независимо от пола и возраста. Наиболее чувствительны овцы, в меньшей степени коровы и козы, что предопределяет значимость болезни для сельского хозяйства, особенно стран и регионов, где население традиционно занимается овцеводством.

Известны два пути передачи инфекции: горизонтальный – при укусах кровососущих насекомых, и вертикальный – от инфицированной матери к плоду. Первый путь формирует выраженные эпизоотические риски, связанные с сезоном лёта насекомых, а также расширением их ареала в связи с глобальным потеплением.

Клинические признаки и патологоанатомические изменения специфичны для всего комплекса болезней, вызываемых вирусами серогруппы *Simbu*. Поэтому для постановки диагноза применяют лабораторные методы. Обнаружение SBV-специфических антител является более надежным диагностическим тестом при диагностическом обследовании взрослых животных по сравнению с обнаружением вируса или его генома. Метод обнаружения антител особенно актуален при плановом обследовании импортируемого скота и мониторинге болезни вне периода активного лёта насекомых-переносчиков.

⁵URL: <https://www.fsvps.gov.ru/fsvps/news/6787.html>

⁶Там же.

Профилактика болезни Шмалленберг основана на вакцинации восприимчивого домашнего скота, ограничении торговли и перемещения животных, а также борьбе

с популяциями насекомых на территориях животноводческих предприятий с помощью инсектицидов и репеллентов.

References

1. Conraths F. J., Peters M., Beer M. Schmallenberg virus, a novel orthobunyavirus infection in ruminants in Europe: potential global impact and preventive measures. *New Zealand Veterinary Journal*. 2013;61(2):63-67. DOI: <https://doi.org/10.1080/00480169.2012.738403>
2. Saeed M. F., Li L., Wang H., Weaver S. C., Barrett A. D. Phylogeny of the Simbu serogroup of the genus Bunyavirus. *Journal of General Virology*. 2001;82(9):2173-2181. DOI: <https://doi.org/10.1099/0022-1317-82-9-2173>
3. European Food Safety Authority (EFSA). Schmallenberg virus: State of art. *EFSA Journal*. 2014;12(5):3681. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3681>
4. Спрыгин А. В., Кононов А. В., Бабин Ю. Ю., Мищенко В. А. Болезнь Шмалленберга: молекулярно-биологические особенности вируса и клиническая картина (обзор). *Сельскохозяйственная биология*. 2012;47(6):24-34. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18197989>
5. Sprugin A. V., Kononov A. V., Babin Yu. Yu., Mishchenko V. A. *Bolezn' Shmallenberga: molekulyarno-biologicheskie osobennosti virusa i klinicheskaya kartina (obzor)*. [Schmallenberg virus disease: molecular biology and clinical presentation (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2012;47(6):24-34. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18197989>
6. Сальников Н. И., Никитина Е. Г., Жабон Е. О., Колбасов Д. В. Выявление генома вируса Шмалленберг методом ПЦР в реальном времени. *Ветеринария*. 2012;(8):57-58. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17866940>
7. Sal'nikov N. I., Nikitina E. G., Zhabon E. O., Kolbasov D. V. *Vyyavlenie genoma virusa Shmallenberg metodom PTsR v real'nom vremeni*. [Detection of Schmallenberg virus genome by RT-PCR in real time]. *Veterinariya = Veterinary*. 2012;(8):57-58. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17866940>
8. Hofmann M. A., Mader M., Flückiger F., Renzullo S. Genetic stability of Schmallenberg virus in vivo during an epidemic, and in vitro, when passaged in the highly susceptible porcine SK-6 cell line. *Vet. Microbiol*. 2015;176(1-2):97-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.01.010>
9. Coupeau D., Claine F., Wiggers L., Kirschvink N., Muylkens B. S-segment variability during the two first years of the spread of Schmallenberg virus. *Archives of Virology*. 2016;161(5):1353-1358. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-016-2787-x>
10. Izzo F., Cosseddu G. M., Polci A., Iapaolo F., Pinoni C., Dondona A.C., Valleriani F., Monaco F. Genetic characterization of Italian field strains of Schmallenberg virus based on N and NSs genes. *Virus Genes*. 2016;52 (4):582-585. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11262-016-1335-9>
11. Vengust G., Vengust D. Z., Toplak I., Rihtaric D., Kuhar U. Post-epidemic investigation of Schmallenberg virus in wild ruminants in Slovenia. *Transboundary and Emerging Diseases*. 2020;67(4):1708-1715. DOI: <https://doi.org/10.1111/tbed.13495>
12. Caballero-Gómez J., García-Bocanegra I., Navarro N., Guerra R., Martínez-Nevaldo E., Soriano P., Cano-Terriza D. Zoo animals as sentinels for Schmallenberg virus monitoring in Spain. *Vet. Microbiol*. 2021;252:108927. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108927>
13. Мищенко В. А. Новый враг. *Ветеринария и жизнь*. 2012;(4):3. Mishchenko V. A. *Novyy vrag*. [A new enemy]. *Veterinariya i zhizn' = Veterinary Medicine and Life*. 2012;(4):3. (In Russ.).
14. Mouchantat S., Wernike K., Lutz W., Hoffmann B., Ulrich R. G., Börner K., Wittstatt U., Beer M. A broad spectrum screening of Schmallenberg virus antibodies in wildlife animals in Germany. *Veterinary Research*. 2015;46(1):99. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0232-x>
15. Rasmussen L. D., Kristensen B., Kirkeby C., Rasmussen T. B., Belsham G. J., Bødker R., Bøtner A. Culicoids as vectors of Schmallenberg virus. *Emerging Infectious Diseases*. 2012;18(7):1204-1206. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1807.120385>
16. Wernike K., Holsteg M., Schirrmeier H., Hoffmann B., Beer M. Natural Infection of Pregnant Cows with Schmallenberg Virus—A Follow-Up Study. *PLoS ONE*. 2014;9(5):e98223. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098223>
17. Schulz C., Wernike K., Beer M., Hoffmann B. Infectious Schmallenberg Virus from Bovine Semen, Germany. *Emerging Infectious Diseases*. 2014;20(2):338-339. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid2002.131436>
18. Phythian C. J., Glover M. J. Highs and Lows of Lambing Time: Sheep Farmers' Perceptions of the First Outbreak of Schmallenberg Disease in South West England on Their Well-Being. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2019;16(24):5057. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16245057>
19. Кухаркина О. В., Борисова О. А. Болезнь Шмалленберга: обзор литературы. *Владимир*, 2014. 69 с. Kukharkina O. V., Borisova O. A. *Bolezn' Shmallenberga: obzor literatury*. [Schmallenberg disease: literature review]. *Vladimir*, 2014. 69 p.
20. Yanase T., Maeda K., Kato T., Nyuta S., Kamata H., Yamakawa M., Tsuda T. The resurgence of Shamonda virus, an African Simbu group virus of the genus Orthobunyavirus, in Japan. *Archives of Virology*. 2005;150(2):361-369. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-004-0419-3>

19. Zientara S., Beck C., Lecollinet S. Emerging vectorial diseases: West Nile fever, Bluetongue and Schmallenberg. *Bull. Acad. Natl. Med.* 2020;204(9):992-999. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.banm.2020.09.041>
20. Hoffmann B., Scheuch M., Hoper D., Jungblut R., Holsteg M., Schirrmeier H., Eschbaumer M., Goller K. V., Wernike K., Fischer M., Breithaupt A., Mettenleiter T. C., Beer M. Novel orthobunyavirus in Cattle, Europe, 2011. *Emerging Infectious Diseases.* 2012;18(3):469-472. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1803.111905>
21. Мищенко В. А., Сухарев О. И., Макаров В. В. «Болезнь Шмалленберга» – новая вирусная инфекция жвачных. *Ветеринарная практика.* 2012;1(56):5-7.
- Mishchenko V. A., Sukharev O. I., Makarov V. V. «Bolezn' Shmallenberga» – novaya virusnaya infektsiya zhvachnykh. [Schmallenberg disease is a new viral infection of ruminants]. *Veterinarnaya praktika.* 2012;1(56):5-7. (In Russ.).
22. Sedda L., Rogers D. J. The influence of the wind in the Schmallenberg virus outbreak in Europe. *Scientific Reports.* 2013;3:3361. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep03361>
23. Balmer S., Vöggtlin A., Thür B., Büchi M., Abril C., Houmard M., Danuser J., Schwermer H. Serosurveillance of Schmallenberg virus in Switzerland using bulk tank milk samples. *Preventive Veterinary Medicine.* 2014;116(4):370-379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.026>
24. Schmallenberg virus: Analysis of the epidemiological data and assessment of impact (Scientific report of EFSA). *EFSA Journal.* 2012;10(6):2768. DOI: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2768>
25. Azkur A. K., Albayrak H., Risvanli A., Pestil Z., Ozan E., Yilmaz O., Tonbak S., Cavunt A., Kadı H., Macun H. C., Acar D., Özenc E., Alparslan S., Bulut H. Antibodies to Schmallenberg virus in domestic livestock in Turkey. *Tropical Animal Health and Production.* 2013;45:1825-1828. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11250-013-0415-2>
26. Beer M., Conraths F. J., van der Poel W. H. Schmallenberg virus - a novel Orthobunyavirus emerging in Europe. *Epidemiol. Infect.* 2013;141(1):1-8. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0950268812002245>
27. Simmons A. Schmallenberg virus in 2012/13. *VetRecord.* 2012;171(25):651–652. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.e8629>
28. Hahn K., Habierski A., Herder V., Wohlsein P., Peters M., Hansmann F., Baumgärtner W. Schmallenberg virus in central nervous system of ruminants. *Emerging Infectious Diseases.* 2013;19(1):154-155. DOI: <https://doi.org/10.3201/eid1901.120764>
29. Wernike K., Eschbaumer M., Schirrmeier H., Blohm U., Breithaupt A., Hoffmann B., Beer M. Oral exposure, reinfection and cellular immunity to Schmallenberg virus in cattle. *Vet. Microbiol.* 2013;165(1-2):155-159. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.01.040>
30. Wernike K., Eschbaumer M., Breithaupt A., Hoffmann B., Beer M. Schmallenberg virus challenge models in cattle: Infectious serum or culture-grown virus? *Veterinary Research.* 2012;43:84. DOI: <https://doi.org/10.1186/1297-9716-43-84>
31. Roberts H., Middlemiss C., Gibbens N. Schmallenberg virus: Responding to the challenge. *The Veterinary Journal.* 2012;194(1):1-2. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.08.028>
32. Dominguez M., Gache K., Touratier A., Perrin J-B., Fediaevsky A., Collin E., Bréard E., Sailleau C., Viarouge C., Zanella G., Zientara S., Hendrikx P., Calavas D. Spread and impact of the Schmallenberg virus epidemic in France in 2012-2013. *BMC Veterinary Research.* 2014;10(1):248. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12917-014-0248-x>
33. Steinrigl A., Schiefer P., Schleicher C., Peinhopf W., Wodak E., Bagó Z., Schmoll F. Rapid spread and association of Schmallenberg virus with ruminant abortions and foetal death in Austria in 2012/2013. *Preventive Veterinary Medicine.* 2014;116(4):350-359. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.006>
34. Fetal deformities detected during surveillance for Schmallenberg virus. *VetRecord.* 2012;171(5):117-120. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.e4828>
35. Varela M., Schnettler E., Caporale M., Murgia C., Barry G., McFarlane M., McGregor E., Piras I. M., Shaw A., Lamm C., Janowicz A., Beer M., Glass M., Herder V., Hahn K., Baumgärtner W., Rohl A., Palmarini M. Schmallenberg virus pathogenesis, tropism and interaction with the innate immune system of the host. *PLoS Pathogens.* 2013;9(1):e1003133. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003133>
36. Van den Brom R., Lutikholt S., Lievaart-Peterson K., Peperkamp N., Mars M., Van Der Poel W., Vellema P. Epizootic of ovine congenital malformations associated with Schmallenberg virus infection. *Tijdschr Diergeneeskd.* 2012;137(2):106-111.
37. Van der Heijden H. M. J. F., Bouwstra R. J., Mars M. H., Van der Poel W. H. M., Wellenberg G. J., Van Maanen C. Development and validation of an indirect enzyme-linked immunosorbent assay for the detection of antibodies against Schmallenberg virus in blood samples from ruminants. *Research in Veterinary Science.* 2013;95(2):731-735. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2013.04.022>
38. Fischer M., Schirrmeier H., Wernike K., Wegelt A., Beer M., Hoffmann B. Development of a pan-Simbu real-time reverse transcriptase PCR for the detection of Simbu serogroup viruses and comparison with SBV diagnostic PCR systems. *Virology Journal.* 2013;10(1):327. DOI: <https://doi.org/10.1186/1743-422X-10-327>
39. De Regge N., Van den Berg T., Georges L., Cay B. Diagnosis of Schmallenberg virus infection in malformed lambs and calves and first indications for virus clearance in the fetus. *Veterinary Microbiology.* 2013;162(2-4):595-600. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.11.029>
40. Hoffmann B., Schulz C., Beer M. First detection of Schmallenberg virus RNA in bovine semen, Germany, 2012. *Veterinary Microbiology.* 2013;167(3-4):289-295. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2013.09.002>
41. Tarlinton R., Daly J., Dunham S., Kydd J. The challenge of Schmallenberg virus emergence in Europe. *The Veterinary Journal.* 2012;194(1):10-18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.08.017>
42. Humphries D., Burr P. Schmallenberg virus milk antibody ELISA. *VetRecord.* 2012;171(20):511-512. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.e7739>

43. Bouchemla F., Agoltsov V. A., Larionov S. V., Popova O. M., Shvenk E. V. Epizootiological study on spatio-temporal clusters of Schmallenberg virus and Lumpy skin diseases: The case of Russia. *Veterinary World*. 2018;11(9):1229-1236. DOI: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.1229-1236>
44. Claine F., Coupeau D., Wiggers L. Muylkens B., Kirschvink N. Modelling the evolution of Schmallenberg virus seroprevalence in a sheep flock after natural infection. *Preventive Veterinary Medicine*. 2018;154:132-138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2018.03.024>
45. Wernike K., Beer M. Schmallenberg Virus: To Vaccinate, or Not to Vaccinate? *Vaccines*. 2020;8(2):287. DOI: <https://doi.org/10.3390/vaccines8020287>
46. Endalew A. D., Faburay B., Wilson W. C., Richt J. A. Schmallenberg Disease-A Newly Emerged Culicoides-Borne Viral Disease of Ruminants. *Viruses*. 2019;11(11):1065. DOI: <https://doi.org/10.3390/v11111065>

Сведения об авторах

✉ **Бурова Ольга Александровна**, зам. руководителя группы, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

Захарова Ольга Игоревна, научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>

Торопова Надежда Николаевна, микробиолог, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

Лискова Елена Афанасьевна, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4324-725X>

Яшин Иван Вячеславович, кандидат биол. наук, директор филиала, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Блохин Андрей Александрович, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский ветеринарный институт – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр вирусологии и микробиологии», ул. Ветеринарная, д. 3, г. Нижний Новгород, Российская Федерация, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

Information about the authors

✉ **Olga A. Burova**, Deputy Group Leader, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5396-0334>, e-mail: burovaolga@list.ru

Olga I. Zakharova, researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1408-2989>

Nadezhda N. Toropova, microbiologist, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4786-6886>

Elena A. Liskova, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4324-725X>

Ivan V. Yashin, PhD in Biological Science, Director of the Branch, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7359-2041>

Andrey A. Blokhin, PhD in Veterinary Science, leading researcher, Federal Research Center for Virology and Microbiology, Branch in Nizhny Novgorod, Veterinarnaya st., 3, Nizhny Novgorod, Russian Federation, e-mail: nnovgorod@ficvim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-5161-1184>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.16-35>
УДК 619:[636.2:636.4]:615.375



Интерфероны-α и -γ в клинической ветеринарной практике при профилактике и лечении инфекционных заболеваний у крупного рогатого скота и свиней (обзор)

© 2022. С. В. Шабунин, Г. А. Востроилова, Н. А. Григорьева , М. С. Жуков, В. А. Грицук

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», г. Воронеж, Российская Федерация

В обзорной статье проанализирован имеющийся мировой опыт применения интерферонов (IFN-α и -γ), а также лекарственных средств на их основе в клинической ветеринарной практике у крупного рогатого скота и свиней. Подбор литературных источников осуществлялся на основе актуальности информации и глубины проведенных исследований (ретроспективность поиска – 30 лет). Установлено, что IFN широко применяются при профилактике и лечении заболеваний как инфекционной, так и неинфекционной этиологии, которые можно разделить на 3 группы: вирусные инфекции; онкологические заболевания; болезни бактериальной и асептической природы. Использование IFN обусловлено их противовирусной активностью и иммунорегуляторным действием. Так, IFN-α проявляет антивирусную активность и является первой линией неспецифической иммунной защиты, индуктором синтеза IFN-γ и основным координатором успешного ответа организма на вирусную инфекцию. При этом IFN-γ обеспечивает иммунорегулирующее, противовоспалительное и опосредованное антибактериальное действие, стимулируя выработку макрофагов и участвуя в дифференцировке лимфоцитов. Клиническая эффективность выражается в снижении или прекращении инфекционного процесса, уменьшении лейкоцитоза и нейтрофилии, купировании acidotического синдрома, увеличении массы тела животных и улучшении общего клинического состояния. В данный момент терапия IFN является одним из наиболее перспективных и постоянно расширяющихся направлений иммунофармакологии и лечения распространенных респираторных, желудочно-кишечных, акушерско-гинекологических заболеваний у сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: IFN-α, IFN-γ, телята, свиноматки, поросята, инфекционные болезни

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии» (тема АААА-А20-120091690071).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шабунин С. В., Востроилова Г. А., Григорьева Н. А., Жуков М. С., Грицук В. А. Интерфероны-α и -γ в клинической ветеринарной практике при профилактике и лечении инфекционных заболеваний у крупного рогатого скота и свиней (обзор). *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2022;23(1):16-35.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.16-35>

Поступила: 05.10.2021

Принята к публикации: 11.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Interferons-α and -γ in clinical veterinary practice in the prevention and treatment of infectious diseases in cattle and pigs (review)

© 2022. Sergey V. Shabunin, Galina A. Vostroilova, Natalya A. Grigoryeva , Maksim S. Zhukov, Vasilina A. Gritsyuk

All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Voronezh, Russian Federation

The review article analyzes the existing world experience in the use of interferons IFN-α and -γ as well as drugs based on them in clinical veterinary practice in cattle and pigs. The selection of literary sources was carried out on the basis of their relevance and the depth of the research (search retrospectiveness is 30 years). It has been established that IFNs are widely used in the prevention and treatment of both infectious and non-infectious diseases, which can be divided into 3 groups: viral infections, oncological diseases, bacterial and aseptic diseases. The use of IFNs is due to their antiviral activity and immunoregulatory effect. Thus, IFN-α exhibits antiviral activity and is the first line of nonspecific immune defense, an inducer of IFN-γ synthesis and the main coordinator of the body's successful response to a viral infection. At the same time, IFN-γ provides immunoregulatory, anti-inflammatory and mediated antibacterial action by stimulating the production of macrophages and participating in the differentiation of lymphocytes. Clinical efficacy is expressed in a decrease or cessation of the infectious process, a decrease in leukocytosis and neutrophilia, relief of acidotic syndrome, an increase in the body weight of animals and an improvement in the general clinical condition. Currently, IFN therapy is one of the most promising and constantly expanding areas of immunopharmacology and treatment of common respiratory, gastrointestinal, obstetric-gynecological diseases in farm animals.

Keywords: IFN-α, IFN-γ, calves, sows, pigs, infectious diseases

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy (theme No. AAAA-A20-120091690071).

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: Shabunin S. V., Vostroilova G. A., Grigoryeva N. A., Zhukov M. S., Gritsyuk V. A. Interferons- α and - γ in clinical veterinary practice in the prevention and treatment of infectious diseases in cattle and pigs (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):16-35. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.16-35>

Received: 05.10.2021

Accepted for publication: 11.01.2022

Published online: 25.02.2022

В 1957 г. в журнале «Proceedings of the Royal Society» английскими вирусологами, сотрудниками Лондонского национального института медицинских исследований, Аликом Айзексом и Жаном Линдеманом были опубликованы две статьи, посвященные открытию и изучению белка, который способен ингибировать рост разнообразных вирусов в клетках животных [1, 2, 3, 4]. Именно с этих работ была начата эра изучения целого ряда белков под общим названием интерфероны (IFN). В дальнейшем учение об IFN получило быстрое развитие, обогащаясь новыми сведениями об их происхождении, видоспецифичности, молекулярной структуре.

IFN относятся к видоспецифическим цитокинам, представляя собой группу биологически активных белков и/или гликопротеинов, синтезируемых клетками в процессе иммунной реакции в ответ на воздействие стимулирующих агентов [5]. Относятся к полифункциональным биорегуляторам и гомеостатическим агентам. Система IFN причисляется к числу быстро реагирующих и их образование, и действие можно рассматривать как важнейший механизм врожденного (естественного) иммунитета, первой линии противомикробной защиты, так как индукция их синтеза, прежде всего натуральными киллерами, клетками моноцитарного ряда, а также дендритными клетками, предшествует формированию специфических иммунных реакций. Подобно другим цитокинам, специфические защитные эффекты IFN реализуют также через каскады проведения сигналов [6]. Многообразие физиологических функций данных белков указывает на их контрольно-регулирующую роль в сохранении гомеостаза.

Функционирование системы IFN складывается из строго следующих друг за другом этапов, которые представляют собой своеобразную цепную реакцию организма в ответ на внедрение чужеродной инфор-

мации. В настоящее время полностью расшифрована сигнальная система клеток, обеспечивающая передачу сигнала с рецепторов IFN в клеточное ядро и геном с активацией семейства генов, необходимых для формирования клеточной защиты от вирусных и бактериальных инфекций.

Схематично можно выделить четыре основных звена данной цепочки:

- индукция или «включение» системы, приводящей к дерепрессии генов IFN, транскрипции их информационных РНК с их последующей трансляцией;

- продукция – синтез клетками IFN- α , - β и - γ , их секреция в окружающую среду;

- действие – защита окружающих клеток от чужеродной информации (вирусы, бактерии и т. д.) вновь образованными IFN;

- эффекты – в литературе описано более 300 эффектов IFN. К наиболее важным для ветеринарной медицины относятся антивирусные, антимикробные, иммуномодулирующие, противоопухолевые и радиопротективные эффекты.

Исходя из рисунка 1, можно сказать, что представляющие интерес для ветеринарной медицины конечные эффекты IFN возможно получить, начиная с первого (индукция) или второго (продукция) звена данной цепочки. Это заключение принципиально важно для определения стратегии их клинического применения, «включающих» продукцию собственных (эндогенных) IFN.

Спектр заболеваний, при которых показано применение IFN, можно разделить на 3 большие группы: вирусные инфекции, онкологические заболевания, болезни бактериальной и асептической природы. Клиническая эффективность выражается в снижении или прекращении инфекционного процесса, уменьшении лейкоцитоза и нейтрофилии, купировании ацидотического синдрома, увеличении массы тела.



Рис. 1. Функционирование системы интерферонов [7] /
 Fig. 1. Functioning of the interferon system [7]

Антивирусное действие IFN реализуется через каскады проведения сигналов (рис. 2).

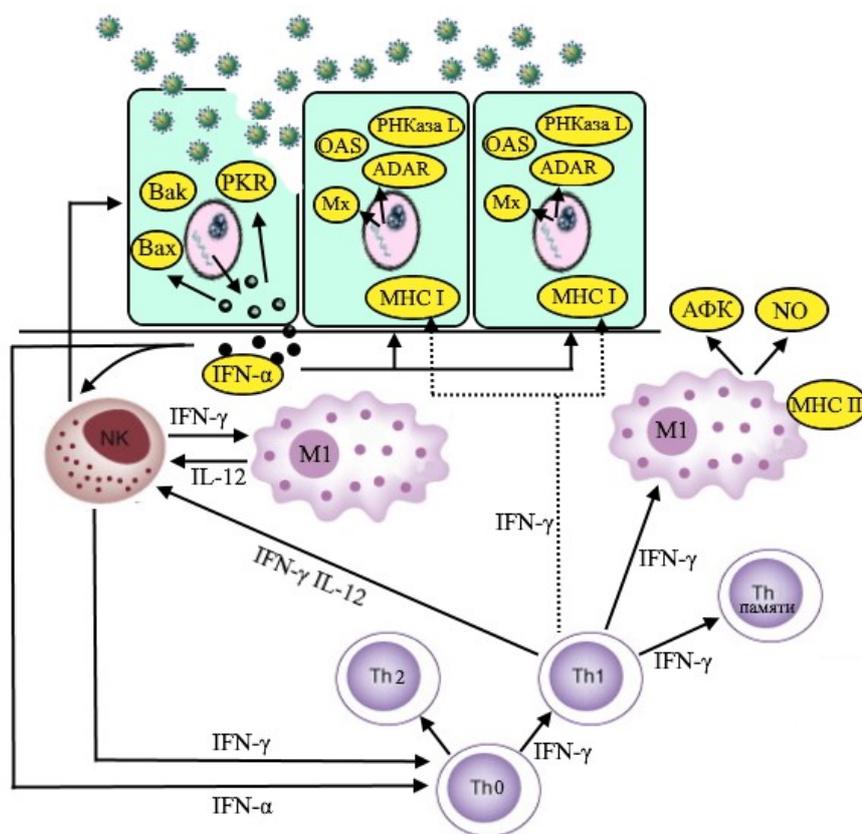


Рис. 2. Механизмы действия интерферонов в противовирусной защите: IFN-α – интерферон-α; IFN-γ – интерферон-γ; IL-12 – интерлейкин-12; Bak – проапоптотический белок Bak; Bax – проапоптотический белок Bax; PKR – протеинкиназы; ADAR – РНК-специфическая аденозиндеаминаза; OAS – 2',5'-олигоаденилатсинтетазы; Mx – белки из семейства Mx; РНКазы L – рибонуклеаза L; МНС I – молекула главного комплекса гистосовместимости 1-го класса; МНС II – молекула главного комплекса гистосовместимости 2-го класса; NO – оксид азота; АФК – активные формы кислорода; M1 – классически активированный макрофаг; NK – натуральные киллеры; Th0 – Т-лимфоциты; Th1 – Т-хелперы 1; Th2 – Т-хелперы 2; Th памяти – Т-лимфоциты памяти /

Fig. 2. Mechanisms of interferon action in antiviral protection: IFN-α - interferon-α; IFN-γ - interferon-γ; IL-12 - interleukin-12; Bak - proapoptotic protein Bak; Bax - proapoptotic protein Bax; PKR - protein kinases; ADAR - RNA-specific adenosine deaminase; OAS - 2', 5'-oligoadenylate synthetase; Mx - proteins from the Mx family; RNase L - ribonuclease L; MHC I - molecule of the major histocompatibility complex of class 1; MHC II - molecule of the major histocompatibility complex of class 2; NO - nitric oxide; ROS - reactive oxygen species; M1 - classically activated macrophage; NK - natural killer cells; Th0 - T-lymphocytes; Th1 - T-helpers 1; Th2 - T-helpers 2; Th memory - memory T lymphocytes

При попадании вируса в клетку, зараженная клетка начинает синтезировать IFN. Внутри собственной клетки и соседних IFN подавляет общий синтез белков, за счет чего уменьшается синтез вирусных белков и, в некоторых случаях, ингибируется процесс сборки вирусных частиц. В соседних клетках IFN активирует синтез белков МНС I, МНС II и протеасомы. Белки МНС I (*major histocompatibility complex*, основной комплекс гистосовместимости) модифицируют клеточные мембраны, уменьшая или полностью блокируя процесс связывания вирусных частиц с рецепторами мембран клеток и, соответственно, препятствуя заражению клеток. За счет активации IFN протеасомы (крупной мультисубъединичной протеазы) происходит гидролиз белков в сильно зараженных клетках (деление на зараженные клетки и сильно зараженные – условное) и разрушение самих клеток. Также разрушение клеток происходит за счет активации IFN белка р53, что приводит к апоптозу клетки. Он активирует синтез белков МНС II, высокий уровень которых увеличивает презентацию вирусных белков Т-хелперам (Т-лимфоциты, усиливающие адаптивный иммунный ответ). Т-хелперы активируют деятельность Т-киллеров (цитотоксические Т-лимфоциты), НК-клеток (большие гранулярные лимфоциты, натуральные киллеры) и запускают гуморальный иммунитет за счет активации и дифференцировки В-лимфоцитов. Активация IFN белков МНС I также приводит к увеличению презентации вирусных белков, но не Т-хелперам, а Т-киллерам и НК-клеткам [8, 9].

Представленные эффекты и определяют практическую значимость препаратов IFN в ветеринарной медицине.

Согласно работе Ф. И. Ершова и А. Н. Наровлянского [10], историю исследования IFN можно условно подразделить на три периода. В первом периоде была установлена универсальность биологической продукции и действия IFN как антивирусного белка, в результате чего в прикладном плане были разработаны лекарственные препараты лейкоцитарного человеческого IFN и доказана их эффективность. Но в связи с незначительным количеством получаемого IFN и высокой ценой исходного сырья, возможности интерферонотерапии долгое время были ограничены. Второй, так называемый «биотехнологический», период ознаменован созданием целого семейства рекомбинантных IFN (rIFN).

Использование методов генной инженерии и современной биотехнологии позволило решить «сырьевую проблему» получения IFN, которые в настоящее время производятся с помощью технологии рекомбинантных ДНК, в количестве достаточном для их широкомасштабного клинического применения. Третий, или «иммунологический», период свидетельствует о том, что IFN занял достойное место среди иммунорегуляторных биомолекул, проявляющих широкий спектр биологической активности, а препараты на его основе нашли применение в терапии различных патологий.

В 1980 году Гилберту и Вейсману в США удалось получить IFN в генетически сконструированной *E. coli*. По выделенной мРНК получили ДНК-копию, которую встроили в плазмиду и клонировали в *E. coli*. В том же году были установлены нуклеотидные последовательности α - и β -IFN, что позволило химическим синтезом получить их гены, которые клонировали в *E. coli*. Прогресс в этом направлении был достигнут при применении моноклональных антител, которые можно использовать для аффинной хроматографии. Это позволило фармацевтической промышленности не только увеличить объем выработки и производить IFN любого класса, но и снизить объем балластных белков в готовом препарате [11, 12]. В следующем 1981 г. была расшифрована нуклеотидная последовательность иммунного IFN. Получение генно-инженерных белков, по сравнению с методом культуры клеток, позволило снизить затраты более чем в 100 раз [13].

Использование рекомбинантных IFN, обеспечивающих адекватную и целенаправленную медикаментозную коррекцию иммунных дисфункций, повышает эффективность иммунотерапии и лечения в целом. При введении в организм они восполняют дефицит эндогенных регуляторных молекул и полностью воспроизводят их эффекты. Это особенно важно в условиях тяжелой или хронической патологии, когда применение традиционных стимулирующих иммунную систему веществ или индукторов синтеза цитокинов бесполезно из-за истощения компенсаторных возможностей иммунной системы.

В настоящее время терапия rIFN является одним из наиболее перспективных и постоянно расширяющихся направлений иммунофармакологии.

На сегодняшний день IFN подразделяют на 3 типа: I – IFN- α , IFN- β , IFN- ω ; II – IFN- γ ; III – IFN- λ , отличия которых основаны на наличии специфических клеточных мембранных рецепторов, гомологии последовательностей аминокислот и функциональной активности [14, 15, 16]. Несмотря на различия в рецепторах, IFN I и III типов индуцируют сходные целевые гены, а IFN II типа индуцирует свой набор целевых генов как отмечают Ф. И. Ершов и А. Н. Наровлянский [10]. В зависимости от клеток, в которых они продуцируются, IFN классифицируют на лейкоцитарный (IFN- α), фибробластный (IFN- β) и иммунный (IFN- γ) [8].

Описано более 300 различных эффектов данных белков, при этом основная функция IFN I и III типа – противовирусная активность, а IFN II типа – иммунорегуляторная, что и определило медицинскую и ветеринарную значимость препаратов на основе каждой группы IFN. Благодаря своей функциональной активности они в полной мере могут претендовать на роль лечебно-профилактических препаратов при вирусных, бактериальных и смешанных инфекциях, а также высокоэффективных иммуномодулирующих и антистрессовых агентов [16, 17, 18]. Поэтому вполне обоснованно, что наиболее широко изученными и используемыми в фармакологической промышленности являются IFN- α и - γ .

Цель работы – проанализировать имеющийся мировой опыт применения IFN- α и - γ в клинической ветеринарной практике при профилактике и лечении инфекционных заболеваний у крупного рогатого скота и свиней.

Материал и методы. Материалом для исследования стали научные публикации отечественных и зарубежных авторов, посвященные изучению клинической эффективности IFN при лечении и профилактике заболеваний у крупного рогатого скота и свиней. Поиск научных источников осуществлялся в базах данных e-Library, Cyberleninca, PubMed, NCBI, ResearchGate, CABInt, Google Scholar. В поисковых запросах были использованы следующие основные комбинации ключевых слов: интерферон- α ; интерферон- γ ; клиническая эффективность интерферона- α /- γ при инфекционных болезнях телят/поросят; клиническая эффективность интерферона- α /- γ при респираторных болезнях телят/поросят; клиническая эффективность интерферона- α /- γ

при желудочно-кишечных болезнях телят/поросят; клиническая эффективность интерферона- α /- γ в лечении маститов/эндометритов; применение интерферонов для профилактики и лечения инфекционных болезней у крупного рогатого скота/свиней; препараты интерферона в ветеринарии. Глубина поиска составила 30 лет.

Литературные источники были включены в обзор по следующим критериям: актуальность, детальное описание методологии работы, наличие раздела обсуждения полученных результатов с другими авторами.

Основная часть. Механизм действия IFN- α и - γ в организме животных. В организме основными продуцентами IFN- α являются плазматоцитоподобные дендритные клетки, эпителиальные клетки, фибробласты, а также моноциты и В-лимфоциты [19]. Его эндогенная продукция индуцируется вирусной инфекцией, что является ранним неспецифическим механизмом защиты. В результате IFN- α проявляет антивирусную активность в клетках-хозяевах путём повышения экспрессии нескольких сотен генов, среди которых есть гены, кодирующие ферменты, ингибирующие синтез вирусных белков и разрушающие вирусную РНК. Одними из таких веществ являются протеинкиназы PKR, 2,5-олигоденилатсинтаза (OAS) и РНКазы L, РНК-специфичной аденозиндезаминазы (ADAR) и белки из семейства Mx [20].

Помимо противовирусного действия на уровне одной клетки, IFN- α вызывает многочисленные изменения в иммунной системе. Он контролирует ответ натуральных киллеров (NK-клетки) и Т-клеток в ответ на стимуляцию интерлейкином-12, который продуцируется антигенпрезентирующими клетками (макрофаги, В-клетки и дендритные клетки). Такая стимуляция проявляется в экспрессии Т-клетками IFN- γ , который направляет иммунный ответ на путь Th1. Таким образом, IFN- α является первой линией неспецифической иммунной защиты, индуктором синтеза IFN- γ и координатором успешного ответа организма на вирусную инфекцию [21, 22]. При этом вирусы-агенты достаточно чувствительны к противовирусному действию данных белков и некоторые из них выделяют вещества, блокирующие противовирусное действие IFN, как отмечает С. Е. Samuel [23].

В свою очередь, IFN- γ индуцирует экспрессию белков главного комплекса гистосовместимости (МНС) первого и второго класса, которые способствуют представлению антигенов для Т-лимфоцитов и активируют НК-клетки. Ю. А. Вавиленкова указывает, что именно посредством IFN- γ , НК-клетки и Th1 цитолитические лимфоциты направляют макрофаги для выполнения деструктивных функций в отношении тканей, повреждённых антигеном [8]. Макрофаги можно разделить на два поляризованных подмножества, называемых классически активированными (M1) и альтернативно активированными (M2). Дифференциация макрофагов в M1 или M2 зависит от сигналов микросреды [24], и они включают изменения уровня IFN- β . Как отмечает F. O. Martinez с соавторами, именно таким образом IFN способствует поляризации макрофагов по направлению к профилю M1 [25]. Макрофаги M1 характеризуются выработкой противовоспалительных цитокинов и являются эффективными продуцентами активных форм кислорода и оксида азота, а также способствуют дифференцировке Th-клеток в Th1-лимфоциты. В свою очередь, макрофаги M2 обладают противовоспалительным и иммунорегулирующим действием. Тем самым IFN- γ способен управлять многочисленными защитными функциями организма, реализуя иммуномодулирующий эффект, а также противовирусное и антибактериальное действие в отношении инфекционных агентов [9]. Таким образом, IFN- α и - γ находят широкое применение в терапии инфекционных болезней сельскохозяйственных животных.

Пути введения IFN-содержащих препаратов. В результате поиска наиболее оптимальных путей введения лекарственных препаратов на основе IFN было установлено, что их можно вводить внутримышечно, подкожно, внутривенно, интраназально и местно [26, 27, 28]. При этом оральное введение не принимается во внимание, поскольку белки расщепляются пищеварительными ферментами. Однако, как отмечают M. Dec и A. Puchalski, в период новорожденности, когда функционирование пищеварительной системы еще не развито, применение IFN *per os* возможно [29]. А. Н. Щеврук с соавторами указывает, что внутривенная инфузия, в свою очередь, приводит к более быстрому распределению

и высокой концентрации IFN в крови, но период полувыведения при этом значительно сокращается, и белки быстрее выводятся из организма по сравнению с другими путями введения. По этой причине внутримышечное или подкожное введение более эффективно для терапевтического использования [28].

Применение IFN для лечения крупного рогатого скота и свиней при инфекционных патологиях. Наличие потенциальной противовирусной эффективности IFN побудило исследователей проводить изучение возможностей использования IFN-содержащих препаратов для профилактики или лечения вирусных заболеваний крупного рогатого скота (КРС) и свиней.

В исследованиях *in vitro*, проведённых J. Kohara с соавторами и подтвержденных работами Т. И. Гловой с соавторами на культурах клеток, преимущественно из трахеи КРС, установлено, что IFN способен ингибировать инфекционный процесс, вызванный вирусами инфекционного ринотрахеита, парагриппа-3, вирусной диареи КРС, респираторно-синцитиальной инфекции, везикулярного стоматита и др. [30, 31, 32]. Например, как указывает S. F. Peek с группой ученых, подкожное введение rIFN КРС (BoIFN) в дозе 10^6 Ед/кг 5 раз в неделю в течение 2 недель приводит к снижению вирусной нагрузки на организм животных при вирусной диарее КРС [33]. А введение человеческого рекомбинантного IFN- α (rHuIFN- α) телятам с аналогичным заболеванием сопровождалось выработкой сывороточного IFN в течение периода лечения и его сохранением до 2 недель после прекращения курса, по данным M. Iqbal с соавторами [34].

Аналогичные исследования были проведены коллективом во главе с L. Shan на культурах клеток почки свиней, которые показали эффективность защитного действия IFN против ряда вирусов различного происхождения: свиной оспы, герпеса типа 1, аденовируса типа 3, парвовируса, свиного гриппа, везикулярного стоматита, трансмиссивного гастроэнтерита, ротавируса, энтеровирусов типа 2 и 8 [35]. Положительные результаты проведенных работ подтверждаются и публикациями В. М. Оксамитний [36].

Клинические исследования IFN- α на телятах с респираторными болезнями, прове-

дённые J. A. Georgiades, показали, что однократное введение натурального человеческого IFN- α (nHuIFN- α) из расчета 33 МЕ/100 кг живой массы в сочетании с базовой схемой лечения сокращало время выздоровления телят на 20,5 % и снижало смертность с 5,9 до 3,6 % [37]. Также было показано его потенциальное профилактическое воздействие на развитие респираторных болезней у КРС. Многие авторы отмечают, что при использовании IFN- α в лечении инфекционного ринотрахеита наблюдается снижение выраженности клинических признаков патологии и уменьшение потребности в применении антибиотиков [38, 39, 41].

Несмотря на положительные результаты действия nHuIFN- α на возбудитель вирусной диареи КРС в исследованиях *in vitro*, он не показал себя в клинических испытаниях. Так, в проведённых экспериментах разными группами учёных, в частности, S. F. Peek и J. Kohara с соавторами, не было выявлено его противовирусного действия у инфицированных вирусной диареей животных, при этом в период лечения развивалась микроцитарная анемия, которая сохранялась до 13 недель после прекращения лечения [33, 42]. D. G. Bryson и Ia. H. Kishko с соавторами также были получены противоречивые данные в отношении использования IFN- α для профилактики или снижения заболеваемости парагриппом-3 [43, 44]. В соответствии с этим вопрос об эффективности применения IFN- α для профилактики и лечения вирусной диареи и парагриппа-3 у КРС остаётся открытым и требует дальнейшего изучения.

Последнее исследование, проведенное M. E. Quintana с соавторами на мышах BALB/c в качестве модели в 2020 году, предоставило первое доказательство активности IFN- α против вирусной диареи в исследованиях *in vivo* [45].

Также необходимо отметить имеющиеся положительные результаты при применении IFN- α в профилактике и лечении желудочно-кишечных болезней у телят. J. M. Cummins с соавторами было показано, что 5-дневное применение рекомбинантного HuIFN- α в дозе 500 МЕ/теленка весом 40-50 кг снижало заболеваемость неонатальной диареей, а у телят, которые заболели, отмечено более лёгкое течение болезни [46]. Этот же автор в более поздних своих исследованиях уточняет, что

лечение ротавирусной диареи у телят HuIFN- α в дозе 0,5 МЕ/кг массы тела значительно снижало тяжесть и продолжительность диареи, и уменьшало репродукцию ротавируса [47]. Эффективность применения аналогичных доз HuIFN- α для лечения ротавирусной диареи у телят младше 30 дней подтверждается в работе J. M. Cummins с соавторами [48].

О. М. Алтынбеков и А. В. Андреева установили, что применение rBoIFN- γ коровам-матерям перед отелом и введение аналогичного препарата новорожденным телятам за 48 ч до вакцинации однократно в дозе 1 мл/кг массы тела приводит к количественному увеличению в крови титра антител к ротавирусу, коронавирусу и вирусу диареи после выпойки молозива и достигает максимальных показателей на 7 день. Телята, получавшие препарат, имели существенные различия по основным показателям развития (абсолютный и среднесуточный приросты живой массы) по сравнению с животными в контроле [49].

IFN- γ также нашел применение при лечении многих патологий. Клинические испытания IFN- γ , проведенные И. Х. Кишко и М. И. Василенко при колибактериозе и парагриппе-3 у телят, показали высокую терапевтическую эффективность лекарственного средства. Так, при его применении происходило значительное снижение смертности заболевшего молодняка при сокращении сроков выздоровления. Профилактическое введение IFN- γ новорожденным телятам предотвращало инфекционную заболеваемость более чем на 90 % и резко повышало их сохранность [50]. Исследование J. M. Roth также показало эффективность IFN- γ в терапии КРС при бактериальной пневмонии, связанной с иммуносупрессией, но без вовлечения вирусного компонента [51].

Помимо этого, группой учёных во главе с L. A. Vabiuk был разработан способ лечения и профилактики мастита у коров, который предусматривал интрацистернальное введение бычьего IFN- γ (BoIFN- γ) в дозе 10^5 МЕ, с доказанной эффективностью лечения мастита и способностью снижать тяжесть, продолжительность заболевания бактериальной инфекцией [52].

Н. Т. Климов и С. В. Шабунин с соавторами в ряде статей указывают на способ профилактики мастита, который осуществляется путём двукратного, с интервалом 24 часа,

внутримышечного введения ВоIFN- α - и ВоIFN- γ в дозе $2,5 \times 10^4$ МЕ ежемесячно с первого дня после отела. Испытание заявленного способа позволило установить, что указанная профилактика значительно снижала заболеваемость животных маститом (в 87,5 % случаев) [53, 54, 55]. В. Н. Скориковым и коллективом авторов представлены материалы, свидетельствующие, что применение IFN- α и - γ в предродовый период обеспечивает снижение послеродовой патологии в 3,4 раза, а их применение в комплексном лечении гнойно-катарального эндометрита повышает терапевтическую эффективность на 15,8 % при сокращении сроков восстановления плодovitости коров в среднем на 20 дней [56, 57, 58].

Таким образом, мировой опыт показывает достаточно высокую клиническую эффективность применения IFN- α и - γ в профилактике и лечении респираторных, желудочно-кишечных, акушерско-гинекологических заболеваний и ряда инфекционных болезней крупного рогатого скота. Безусловно, требуется проведение дальнейших испытаний терапевтической эффективности препаратов на основе IFN с расширением спектра инфекционных заболеваний, при которых возможно их применение.

Аналогичные клинические исследования по изучению эффективности применения IFN для лечения и профилактики болезней вирусно-бактериальной этиологии проведены на свиньях. В работе J. G. Лессе с соавторами, посвященной изучению эффективности IFN при экспериментальном заражении ротавирусом новорожденных поросят, не получавших молозива, было показано, что оральное введение nHuINF- α в дозе 50 МЕ/кг массы тела снижало показатели экскреции вируса и смертность животных на 20-30 % [59].

Имеются данные, что парентеральное введение nHuIFN- α в дозах 1,0, 10,0 или 20,0 МЕ поросятку в течение 4 дней увеличивало выживаемость поросят в возрасте 1-12 дней, но самый высокий показатель (50 %) наблюдали у поросят, которым вводили nHuIFN- α в дозе 20 МЕ по сравнению с 12,5 % в группе с плацебо. При этом J. M. Cummins и коллектив авторов уточняют, что величина эффекта зависит от используемой дозы, возраста животных, подвергшихся лечению, и стадии заболевания на момент начальной терапии [60].

Иа. Н. Kishko и М. S. Mukvych, основываясь на экспериментальных данных, доказали стимулирующее действие IFN- α на бактерицидную и поглотительную функцию фагоцитов крови и антителогенез, разработали методы терапии и профилактики трансмиссивного гастроэнтерита и колибактериоза свиней. Ими было установлено, что оптимальная разовая терапевтическая доза натурального свиного IFN- α (nPoIFN- α) для внутримышечного введения новорожденным поросятам составляет 2000-4000 МЕ на голову, а профилактическая – 1000-2000 МЕ. IFN необходимо было вводить трижды с интервалом 48 ч. Последние исследования профилактического действия очищенного рекомбинантного свиного IFN- α (rPoIFN- α), проведенные коллективом авторов во главе с D.-M. Gao, показали, что его применение в дозе 2×10^7 МЕ новорожденным поросятам за 48 ч до контакта с вирусом трансмиссивного гастроэнтерита может защитить свиней от заражения или снизить выраженность клинических симптомов в случае заражения [44, 61].

М. Amadori и E. Razzuoli проведены двухэтапные полевые испытания терапии с использованием перорального низкодозированного лечения HuIFN- α в дозе 10 МЕ/кг массы тела в день в проблемных стадах, пострадавших от повторяющихся вспышек репродуктивно-респираторного синдрома свиней. Во время первого этапа обработки проводили на свиноматках, помещенных в станки для опороса, во время второго – на всех супоросных свиноматках независимо от срока беременности. В обоих случаях имелись явные косвенные доказательства значительного снижения как абортот у свиноматок, так и смертности у подсосных поросят в течение 2 недель после введения IFN- α . Однако отсутствие контрольных групп животных не позволило оценить реальную эффективность применяемого лечения [62]. В то же время это даёт ориентир для дальнейших исследований и свидетельствует о перспективности применения данного IFN.

Помимо этого, в работе K. Gibbert и U. Dittmer указывается, что IFN- α может использоваться в качестве адьюванта для повышения адаптивного иммунитета при вакцинации от вирусных болезней [63]. Например, IFN- α , действующий как адьювант, усиливает иммунный ответ на ослабленный

репродуктивно-респираторный синдром свиней и свиной грипп, что подтверждается рядом исследований, проведенных в 2011-2017 гг. [64, 65, 66]. Данные исследования актуальны и вероятнее всего в будущем получат более широкое практическое внедрение в ветеринарную медицину.

Серия клинических исследований, проведенных И. Х. Кишко и М. И. Василенко, показала, что применение nPoIFN- γ в дозе 1000 МЕ в значительной степени повышает поглотительную активность фагоцитов (особенно моноцитов у новорожденных животных). При этом резко повышалась бактерицидная активность фагоцитов, их функциональный резерв у подопытных животных был значительно выше (в 2-3 раза), чем в контроле. Иммунизация колибактериозной вакциной с дополнительной обработкой nPoIFN- γ повышала антителогенез в 3-8 раз по сравнению с контролем, и эти титры были более стабильными в течение двух месяцев после ревакцинации [67, 68]. В то же время, как отмечено в работах указанных авторов, 2-3-кратное профилактическое введение IFN предотвращало развитие инфекционных болезней более чем у 90 % поросят-сосунов, повышая их сохранность до 90 % и выше. Применение nPoIFN- γ в терапии колибактериоза значительно снижало смертность заболевших поросят и ускоряло их выздоровление [69].

Также имеются данные Г. А. Востроиловой и А. Г. Шахова с соавторами, свидетельствующие о том, что сочетанное применение rPoIFN- α и rPoIFN- γ новорожденным пороссятам положительно сказывается на их естественной резистентности, способствуя снижению заболеваемости желудочно-кишечными болезнями [70, 71]. Применение rPoIFN- α и rPoIFN- γ в комплексе с антибиотиком и витаминами А и Е свиноматкам за 2 дня до опороса снижало их заболеваемость маститом, эндометритом и синдромом метрит-мастит-агалактия, как отмечено в работах научных коллективов во главе с С. В. Шабуниным и А. Г. Шаховым [72, 73].

Препараты на основе IFN для крупного рогатого скота и свиней. Таким образом, множественные положительные клинические испытания IFN- α и IFN- γ указывают на эффективность их применения в профилактике и

лечении ряда инфекционных патологий у крупного рогатого скота и свиней. В связи с этим на их основе был разработан ряд ветеринарных фармакологических средств для данных видов животных (табл.) [74, 75, 76]. При этом существует практика использования в качестве действующего компонента как человеческих IFN (HuIFN) [74], так и IFN животных, обладающих видоспецифичностью [77].

Особого внимания заслуживают комплексные препараты на основе IFN, в состав которых также входят антибактериальные компоненты, так как исходя из данных литературы известно, что антибактериальная терапия способна вызвать ряд осложнений, в том числе повышенную чувствительность и цитопению [78, 79, 80, 81]. Как указывают С. М. Белоцкий и Р. Р. Авталион, существует ряд антибиотиков, например, сульфаниламиды, тетрациклин, стрептомицин, гентамицин, которые способны подавлять систему комплимента. Кроме того, некоторые антибактериальные препараты подавляют основные функции фагоцитов: хемотаксис (тетрациклин, эритромицин, гентамицин и др.); фагоцитоз (тетрациклин, полимиксин В); бактерицидность (сульфаниламиды, амингликозиды); продукцию реактивных метаболитов кислорода (эритромицин, рифампицин, сульфаниламиды и др.) [82]. При этом нередко встречается развитие антибиотикорезистентности ряда микроорганизмов, особенно при бесконтрольном использовании антибактериальных средств [83, 84, 85]. IFN, в данном случае, могут выступать в качестве модификаторов действия антибиотиков, тем самым усиливая антибактериальный эффект и нивелируя отрицательное воздействие на иммунную систему.

Однако необходимо отметить, что терапия высокими дозами IFN способна привести к проявлению побочных реакций, таких как гипертермия, потеря аппетита, анемия и апатия. Возможно проявление индивидуальной чувствительности в виде аллергических реакций. Более того, большие дозы IFN- α вызывают выработку нейтрализующих антител в организме хозяина. Негативные побочные явления наблюдались как у людей [86, 87], так и у животных [88, 89]. В связи с этим необходимо строго соблюдать дозирование при назначении препаратов на основе IFN.

ОБЗОРЫ / REVIEWS

Таблица – Препараты на основе IFN для крупного рогатого скота и свиней /
Table – IFN-based drugs for cattle and pigs

Название препарата / Drug name	Действующее вещество / Active ingredient	Производитель / Manufacturer
Крупный рогатый скот / Cattle		
IFN бычий рекомбинантный / Recombinant bovine IFN	rBoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Биферон-Б / Viferon-B	rBoIFN- α rBoIFN- γ	ООО «НПЦ ПроБиоТех» / LLC «RPC ProBioTech»
Гентаферон-Б / Gentaferon-B	Гентамицин / Gentamicin rBoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Гентабиферон-Б / Gentabiferon-B	Гентамицин / Gentamicin rBoIFN- α rBoIFN- γ	ООО «НПЦ ПроБиоТех» / LLC «RPC ProBioTech»
Линкоферон-Б / Linkoferon-B	Линкомицин / Lincomycin rBoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Мастоферон / Mastoferon	rBoIFN	
Миксоферон® / Mixoferon®	HuIFN α -2b	АО «Мосагроген» / JSC «Mosagrogen»
Мультиферон® / Multiferon®	HuIFN α -2b	
Эндометраг-грин® / Endometrag-green®	Пропранолол / Propranolol HuIFN α -2b	
Энрофлоксаферон-Б / Enrofloxafeferonum-B	Энрофлоксацин / Enrofloxacin rBoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Энрофлоксаветферон-Б / Enrofloxavetferonum-B	Энрофлоксацин / Enrofloxacin rBoIFN- α	ООО «НПЦ ПроБиоТех» / LLC «RPC ProBioTech»
Свиньи / Pigs		
IFN свиной рекомбинантный / Recombinant porcine IFN	rPoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Биферон-С / Viferon-S	rPoIFN- α rPoIFN- γ	ООО «НПЦ ПроБиоТех» / LLC «RPC ProBioTech»
Гентаферон-С / Gentaferon-S	Гентамицин / Gentamicin rPoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Гентабиферон-С / Gentabiferon-S	Гентамицин / Gentamicin rPoIFN- α rPoIFN- γ	ООО «НПЦ ПроБиоТех» / LLC «RPC ProBioTech»
Линкоферон-С / Linkoferon-C	Линкомицин / Lincomycin rPoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Миксоферон® / Mixoferon®	HuIFN α -2b	АО «Мосагроген» / JSC «Mosagrogen»
Мультиферон® / Multiferon®	HuIFN α -2b	
Ципропиг / Tsipropig	Ципрофлоксацин / Ciprofloxacin rPoIFN- α rPoIFN- γ Витамин Е / Vitamin E	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Энрофлоксаферон-С / Enrofloxafeferonum-C	Энрофлоксацин / Enrofloxacin rPoIFN	ООО «НПЦ БелАгроГен» / LLC «RPC BelAgroGen»
Энрофлоксаветферон-С / Enrofloxavetferonum-C	Энрофлоксацин / Enrofloxacin rPoIFN- α	ООО «НПЦ ПроБиоТех» / LLC «RPC ProBioTech»

Заключение. В результате проведённого анализа научных работ можно сделать вывод, что система IFN является первой линией

защиты при развитии инфекционных заболеваний, препятствуя проникновению патогенного агента внутрь клетки и запуская цитоток-

сический ответ и адаптивный иммунитет. Такая полинаправленность действия позволяет рассматривать препараты IFN в качестве перспективных средств для применения с профилактической и лечебной целью при респираторных, желудочно-кишечных, акушерско-гинекологических заболеваниях и ряда инфекционных болезней у КРС и свиней. При этом

актуальным является дальнейшее изучение фундаментальных основ функционирования IFN, которое позволит повысить обоснованность применения уже существующих препаратов при ряде заболеваний инфекционной и неинфекционной природы, а также разработать новые фармакологические средства для применения в ветеринарной медицине.

Список литературы

1. Chevaliez S., Pawlotsky J. M. Interferons and their use in persistent viral infections. *Handb Exp Pharmacol.* 2009;189:203-241. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-79086-0_8
2. George P. M., Badiger R., Alazawi W., Foster G. R., Mitchell J. A. Pharmacology and therapeutic potential of interferons. *Pharmacol Ther.* 2012;135(1):44-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2012.03.006>
3. Денисов Л. А., Шолохов И. В. Открытие интерферона и его клиническое применение. *Инфекционные болезни: новости, мнения, обучение.* 2017;(1):23-31. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytie-interferona-i-ego-klinicheskoe-primenenie>
4. Валиев Т. Т. Клиническое применение интерферонов: современный взгляд на вопросы эффективности и безопасности. *Обзор литературы. Педиатрия. Consilium Medicum.* 2020;(3):95-104. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44155087>
5. Василевский И. В., Лавриенко А. В. Клинико-фармакологическое обоснование применения интерферонов в клинической практике. *Здравоохранение.* 2016;(7):51-63. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28825240>
6. Айламазян Э. К., Павлов И. П. Иммунокорректирующая терапия инфекционно-воспалительных заболеваний женской половой сферы. СПб.: Тактик-Студио, 2007. 56 с. Режим доступа: <https://medi.ru/info/1673/>
7. Ершов Ф. И. Открытие биологического феномена и его последующее научное познание. *Вопросы вирусологии.* 2012;57(4):4-8. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18750403>
8. Вавиленкова Ю. А. Современные представления о системе интерферона. *Вестник Смоленской государственной медицинской академии.* 2012;11(2):74-82. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennye-predstavleniya-o-sisteme-interferona>
9. Kak G., Raza M., Tiwari B. K. Interferon-gamma (IFN- γ): Exploring its implications in infectious diseases. *Biomol Concepts.* 2018;9(1):64-79. DOI: <https://doi.org/10.1515/bmc-2018-0007>
10. Ершов Ф. И., Наровлянский А. Н. Теоретические и прикладные аспекты системы интерферонов: к 60-летию открытия интерферонов. *Вопросы вирусологии.* 2018;63(1):10-18. DOI: <http://doi.org/10.18821/0507-4088-2018-63-1-10-18>
11. Friesen H. J., Stein S., Evinger M., Familletti P. C., Moschera J., Meienhofer J., Shively J., Pestka S. Purification and molecular characterization of human fibroblast interferon. *Archives of biochemistry and biophysics.* 1981;206(2):432-450. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(81\)90111-9](https://doi.org/10.1016/0003-9861(81)90111-9)
12. Rubinstein M., Rubinstein S., Familetty P. C., Gross M. S., Miller R. S., Waldman A. A., Pestka S. Human leukocyte interferon purified to homogeneity. *Science.* 1978;202(4374):1289-1290. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.725605>
13. Лиджиева А. А., Смолярчук Е. А., Кокорина А. Е., Смирнов В. В., Егоренков Е. А. Использование биотехнологических препаратов как способ повышения безопасности фармакотерапии: современное состояние проблемы и перспективы развития. *БИОпрепараты. Профилактика, диагностика, лечение.* 2016;16(3):145-150. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26619560>
14. Negishi H., Taniguchi T., Yanai H. The Interferon (IFN) Class of Cytokines and the IFN Regulatory Factor (IRF) Transcription Factor Family. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2018;10(11):a028423. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a028423>
15. Li S. F., Gong M. J., Zhao F. R., Shao J. J., Xie Y. L., Zhang Y. G., Chang H. Y. Type I Interferons: Distinct Biological Activities and Current Applications for Viral Infection. *Cell Physiol Biochem.* 2018;51(5):2377-2396. DOI: <https://doi.org/10.1159/000495897>
16. Lazear H. M., Schoggins J. W., Diamond M. S. Shared and Distinct Functions of Type I and Type III Interferons. *Immunity.* 2019;50(4):907-923. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2019.03.025>
17. Прокулевич В. А., Потапович М. И. Ветеринарные препараты на основе интерферона. *Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География.* 2011;(3):51-55. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21699862>
18. Козлова О. А., Медведева Г. Ф. Эффективность применения биопрепарата «Биферон-Б» коровам в период запуска. *Продолжительность стельности, тяжесть отела, заболеваемость телят. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства.* 2020;(23-2):156-161. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43355827>
19. Мазина Н. К., Мазин П. В., Редькина Д. В. Влияние циклоферона на эффективность фармакотерапии инфекционных заболеваний широкого спектра у детей и взрослых. *Антибиотики и химиотерапия.* 2018;63(11-12):31-40. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38236173>

20. Наровлянский А. Н., Ершов Ф. И., Гинцбург А. Л. Интерфероны: перспективные направления исследований. Иммунология. 2013;34(3):168-172. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19528083>
21. Sun S., Zhang X., Tough D., Sprent J. Multiple effects of immunostimulatory DNA on T cells and the role of type I interferons. Springer Semin Immunopathol. 2000;22(1-2):77-84. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002810000028>
22. Mehrotra A., D'Angelo J. A., Romney-Vanterpool A., Chu T., Bertolotti A., Janssen H. L. A., Gehring A. J. IFN- α Suppresses Myeloid Cytokine Production, Impairing IL-12 Production and the Ability to Support T-Cell Proliferation. J Infect Dis. 2020;222(1):148-157. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa064>
23. Samuel C. E. Antiviral actions of interferons. Clinical microbiology reviews. 2001;14(4):778-809. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.14.4.778-809.2001>
24. Italiani P., Boraschi D. From monocytes to M1/M2 macrophages: phenotypical vs. functional differentiation. Frontiers in Immunology. 2014;5:514. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00514>
25. Martinez F. O., Gordon S. The M1 and M2 paradigm of macrophage activation: time for reassessment. F1000Prime Reports. 2014;6:13. DOI: <https://doi.org/10.12703/P6-13>
26. Гамалей С. Г., Батенева А. В., Шишкина Л. Н., Скарнович М. О., Медикова Л. Д., Богрянцева М. П., Иванова О. С., Левагина Г. М., Даниленко Е. Д. Интерферон-индуцирующая и противовирусная активность препарата на основе аналога интерферона-гамма и индуктора интерферона. Медицинская иммунология. 2017;19(S):266. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferon-indutsiryuschaya-i-protivovirusnaya-aktivnost-preparata-na-osnove-analoga-interferona-gamma-i-induktora-interferona>
27. Матвеев В. А., Шевцова В. В. Генно-инженерный интерферон альфа-2 β для местного применения (ЛАФЕРОН-ФармБиотек НАЗАЛЬНЫЙ) в профилактике и лечении острых респираторных вирусных инфекций. Клиническая инфектология и паразитология. 2013;4(07):136-142. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20918965>
28. Щеврук А. Н., Вдовиченко В. П., Бронская Г. М., Хребтова О. М., Маханькова Т. В. Интерфероны в современной фармакотерапии. Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2014;13(2):66-75. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferony-v-sovremennoy-farmakoterapii>
29. Dec M., Puchalski A. Use of oromucosally administered interferon-alpha in the prevention and treatment of animal diseases. Polish journal of veterinary sciences. 2008;11(2):171-182. URL: https://www.researchgate.net/publication/23152509_Use_of_oromucosally_administered_interferon-a_in_the_prevention_and_treatment_of_animal_diseases
30. Kohara J., Nishikura Y., Konnai S., Tajima M., Onuma M. Effects of interferon-tau on cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus. Jpn. J. Vet. Res. 2012;60(2-3):63-70. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23094581/>
31. Глотова Т. И., Кунгурцева О. В., Глотов А. Г. Действие препаратов экзогенного интерферона на вирус вирусной диареи-болезни слизистых крупного рогатого скота. Аграрный вестник Урала. 2012;(5(97)):34-36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17840245>
32. Глотова Т. И., Никонова А. А., Глотов А. Г. Противовирусные соединения и препараты, эффективные в отношении вируса вирусной диареи крупного рогатого скота. Вопросы вирусологии. 2017;62(5):204-210. DOI: <https://doi.org/10.18821/0507-4088-2017-62-5-204-210>
33. Peek S. F., Bonds M. D., Schaele P., Weber S., Friedrichs K., Schultz R. D. Evaluation of antiviral activity and toxicity of recombinant human interferon alfa-2a in calves persistently infected with type 1 bovine viral diarrhoea virus. Am. J. Vet. Res. 2004;65(6):865-870. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.865>
34. Iqbal M., Poole E., Goodbourn S., McCauley J. W. Role for bovine viral diarrhoea virus Erns glycoprotein in the control of activation of beta interferon by double-stranded RNA. J. Virol. 2004;78(1):136-145. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.78.1.136-145.2004>
35. Shan L., Fu F., Xue M., Zhu X., Li L., Feng L., Liu P. Interferon gamma inhibits transmissible gastroenteritis virus infection mediated by an IRF1 signaling pathway. Archives of virology. 2019;164:2659-2669. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-019-04362-2>
36. Оксамитний В. М. Интерферони: застосування у ветеринарії. Біологія тварин. 2017;19(3):55-68. DOI: <https://doi.org/10.15407/animbiol19.03.055>
37. Georgiades J. A. Effect of low dose natural human interferon alpha given into the oral cavity on the recovery time and death loss in feedlot hospital pen cattle: a field study. Archivum immunologiae et therapiae experimentalis. 1993;41(3-4):205-207. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8129563/>
38. Babiuk L. A., Lawman M. J., Gifford G. A. Use of recombinant bovine alpha 1 interferon in reducing respiratory disease induced by bovine herpesvirus type 1. Antimicrob agents chemother. 1987;31(5):752-757. DOI: <https://doi.org/10.1128/aac.31.5.752>
39. Peel J. E., Kolly C., Siegenthaler B., Martinod S. R. Prophylactic effects of recombinant bovine interferon-alpha II on acute Salmonella typhimurium infection in calves. American journal of veterinary research. 1990;51(7):1095-1099. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2202241/>
40. Akiyama K., Sugii S., Hirota Y. A clinical trial of recombinant bovine interferon alpha 1 for the control of bovine respiratory disease in calves. Journal of Veterinary Medical Science. 1993;55(3):449-452. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.55.449>
41. Cummins J. M., Hutcheson D. P., Cummins M. J., Georgiades J. A., Richards A. B. Oral therapy with human interferon alpha in calves experimentally injected with infectious bovine rhinotracheitis virus. Archivum immunologiae et therapiae experimentalis. 1993;41(3-4):193-197. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8129561/>

42. Kohara J., Nishikura Y., Tajima M., Onuma M., Yokomizo Y. Antiviral effects of bovine IFN-tau and human-IFN-alpha on bovine viral diarrhoea virus. *Veterinary immunology and immunopathology*. 2009;128(1-3):331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.258>
43. Bryson D. G., McNulty M. S., Evans R. T., Allan G. Studies of the effect of recombinant human-alpha 1 interferon on experimental parainfluenza type 3 virus infections of the respiratory tract of calves. *Veterinary Record*. 1989;125(25):615-618. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2559530/>
44. Kishko Ia. H., Mukvich M. S. Treatment and prophylaxis of some infectious diseases of swine and cattle using of natural alpha-interferons. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 1998;60(3):70-79. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9785802/>
45. Quintana M. E., Barone L. J., Trotta M. V., Turco C., Mansilla F. C., Capozzo A. V., Cardoso N. P. In-vivo Activity of IFN- λ and IFN- α Against Bovine-Viral-Diarrhoea Virus in a Mouse Model. *Frontiers in veterinary science*. 2020;7:45. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00045>
46. Cummins J. M., Gawthrop J., Hutcheson D. P., Cummins M. J., Zeck D. The effect of low dose oral human interferon alpha therapy on diarrhoea in veal calves. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*. 1993;41(3-4):199-203. URL: https://www.researchgate.net/publication/15068815_The_effect_of_low_dose_oral_human_interferon_alpha_therapy_on_diarrhoea_in_veal_calves
47. Cummins J. M. Interferon administered orally to the bovine species helps treat diseases. *Journal of Veterinary Medicine and Research*. 2018;5(8):1153. URL: <https://www.jsicedcentral.com/VeterinaryMedicine/veterinarymedicine-5-1153.pdf>
48. Cummins J. M., Krakowka G. S., Thompson C. G. Systemic effects of interferons after oral administration in animals and humans. *American Journal of Veterinary Research*. 2006;66(1):164-176. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.164>
49. Алтынбеков О. М., Андреева А. В. Влияние иммуностимуляторов на накопление специфических антител к возбудителям вирусных инфекций в крови телят. *Ветеринарный врач*. 2019;(2):3-8. DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2019-2-3-8>
50. Kishko Ia. H., Vasylenko M. I. The use of gamma-interferon for the prevention and treatment of infectious diseases in piglets and calves. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 1999;61(5):28-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10643274/>
51. Roth J. M. Immunomodulation in Bovine Respiratory Disease. *The bovine proceedings*. 1990;22:150-152. URL: <https://journals.tdl.org/bovine/index.php/AABP/article/view/6916/6349>
52. Babiuk L. A., Sordillo L. M., Campos M., Hughes H. P., Rossi-Campos A., Harland R. Application of interferons in the control of infectious diseases of cattle. *Journal of Dairy Science*. 1991;74(12):4385-4398. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78635-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78635-9)
53. Климов Н. Т., Зимников В. И., Ерин Д. А., Пашенцев А. В. Разработка оптимальных доз бычьих рекомбинантных альфа и гамма-интерферонов для профилактики мастита у лактирующих коров. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2018;(3):46-48. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2018.3.46>
54. Климов Н. Т., Зимников В. И., Ерин Д. А., Пашенцев А. В., Манжурина О. А., Пархоменко Ю. С., Чернышова И. С., Тюрина Е. В. Влияние бычьих рекомбинантных альфа и гамма-интерферонов на цитологические и микробиологические показатели молока при субклиническом мастите. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2018;(3):100-103. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2018.3.100>
55. Шабунин С. В., Климов Н. Т., Востройлова Г. А., Прокулевич В. А., Потапович М. И., Зимников В. И., Ерин Д. А., Маланыч Е. В., Пашенцев А. В. Способ профилактики мастита у лактирующих коров: пат № 2683289 Российская Федерация. № 2018113982; заяв. 16.04.2018; опубл. 27.03.2019. Бюл. №9. 6 с. Режим доступа: <https://patenton.ru/patent/RU2683289C1.pdf>
56. Скориков В. Н. Применение бычьих рекомбинантных α -, γ -интерферонов и простагландина $f_{2\alpha}$ для профилактики острого послеродового эндометрита у коров. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019;(2):51-55. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.2.51>
57. Скориков В. Н., Нежданов А. Г., Михалёв В. И., Прокулевич В. А., Потапович М. И. Бычьи рекомбинантные α и γ -интерфероны для профилактики острого послеродового эндометрита у коров. *Ветеринария*. 2019;(11):41-44. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2019.22.11.41-44>
58. Скориков В. Н., Нежданов А. Г., Михалёв В. И., Прокулевич В. А., Потапович М. И. Рекомбинантные α и γ -интерфероны в многокомпонентной терапии коров при послеродовом эндометрите. *Ветеринария*. 2020;(6):10-13. DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.6.10-13>
59. Lecce J. G., Cummins J. M., Richards A. B. Treatment of rotavirus infection in newborn pigs using natural human interferon alpha. *Molecular biotherapy*. 1990;2(4):211-216. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1963065/>
60. Cummins J. M., Mock R. E., Shive B. W., Krakowka S., Richards A. B., Hutcheson D. P. Oral treatment of transmissible gastroenteritis with natural human interferon alpha: a field study. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 1995;45(3-4):355-360. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(94\)05351-r](https://doi.org/10.1016/0165-2427(94)05351-r)
61. Gao D.-M., Yu H.-Y., Zhou W., Xia B.-B., Li H.-Z., Wang M.-L., Zhao J. Inhibitory effects of recombinant porcine interferon- α on porcine transmissible gastroenteritis virus infections in TGEV-seronegative piglets. *Veterinary Microbiology*. 2021;252:108930. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108930>

62. Amadori M., Razzuoli E. Immune Control of PRRS: Lessons to be Learned and Possible Ways Forward. *Frontiers in veterinary science*. 2014;1:2. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2014.00002>
63. Gibbert K., Dittmer U. Distinct antiviral activities of IFN- α subtypes. *Immunotherapy*. 2011;3(7):813-816. DOI: <https://doi.org/10.2217/imt.11.74>
64. Brockmeier S. L., Loving C. L., Eberle K. C., Hau S. J., Buckley A., Van Geelen A., Montiel N. A., Nicholson T., Lager K. M. Interferon alpha inhibits replication of a live-attenuated porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccine preventing development of an adaptive immune response in swine. *Veterinary Microbiology*. 2017;212:48-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.11.004>
65. Liu L., Fan W., Zhang H., Zhang S., Cui L., Wang M., Bai X., Yang W., Sun L., Yang L., Liu W., Li J. Interferon as a Mucosal Adjuvant for an Influenza Vaccine in Pigs. *Virologica sinica*. 2019;34(3):324-333. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12250-019-00102-7>
66. Yu H. Y., Qu M. S., Zhang J. L., Gan L., Zhao Y., Shan X. Q., Zhou W., Xia B. B., Chen J., Wang M. L., Zhao J. Recombinant Porcine Interferon Alpha Enhances Immune Responses to Killed Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Vaccine in Pigs. *Viral Immunology*. 2019;32(9):383-392. DOI: <https://doi.org/10.1089/vim.2019.0092>
67. Kishko Ia. H., Vasylenko M. I. Properties of natural animal gamma-interferons and peculiarities of their action. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 1998;60(2):65-75. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9670756/>
68. Kishko Ia. G., Vasylenko M. I. Action of natural gamma-interferons on functional activity of phagocytes and antibody synthesis after vaccination. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 2000;62(6):26-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11247346/>
69. Kishko Ia. H., Vasylenko M. I. The use of gamma-interferon for the prevention and treatment of infectious diseases in piglets and calves. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 1999;61(5):28-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10643274/>
70. Востроилова Г. А., Шахов А. Г., Шабунин С. В., Сашнина Л. Ю., Паршин П. А., Ческидова Л. В., Канторович Ю. А. Корректирующее влияние Гентабиферона-С на иммунный статус поросят-отъемышей и его эффективность при профилактике кишечных инфекций. *Российская сельскохозяйственная наука*. 2018;(6):58-61. DOI: <https://doi.org/10.31857/S250026270001834-2>
71. Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Жейнес М. Ю., Владимирова Ю. Ю., Карманова Н. В. Влияние биферона-с на естественную резистентность и клинический статус поросят на фоне иммуномодулирующей профилактики послеродовых болезней у свиноматок. *Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины*. 2020;56(4):72-77. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44367325>
72. Шабунин С. В., Шахов А. Г., Востроилова Г. А., Ческидова Л. В., Паршин П. А., Ермакова Т. И., Григорьева Н. А. Иммуностимулирующий эффект биферона-С на фоне медикаментозной профилактики болезней свиноматок и поросят в промышленном свиноводстве. *Сельскохозяйственная биология*. 2018;53(4):851-859. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.851rus>
73. Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Жейнес М. Ю., Владимирова Ю. Ю., Карманова Н. В. Влияние комплексного препарата на основе интерферонов на иммунный статус свиноматок и его эффективность при профилактике послеродовых болезней. *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2020;(2):49-60. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2020.2.49>
74. Хмылов А. Г., Гавриков А. В. Миксоферон и Мультиферон: методические рекомендации для ветеринарных врачей. М.: ЗАО «Мосагроген», 2013. 44 с. Режим доступа: <https://fermer.ru/files/v2/forum/255858/miksoferonimultiferonmetodicheskierekomendaciidlyavetvrachey.pdf>
75. Ческидова Л. В., Брюхова И. В., Григорьева Н. А. Перспективные направления создания лекарственных средств нового поколения для животных с применением биотехнологий (обзор). *Ветеринарный фармакологический вестник*. 2019;(2):29-38. DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.2.29>
76. Шахов А. Г., Сашнина Л. Ю., Владимирова Ю. Ю., Тараканова К. В., Карманова Н. В. Применение цитокинов и их индукторов молодянку сельскохозяйственных животных (обзор). *Ветеринарная патология*. 2019;(2):70-79. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38566762>
77. Потапович М. И., Прокулевич В. А. «Белковая ветеринария» как альтернатива антибиотикам. *Лечебно-профилактические ветеринарные препараты на основе рекомбинантных белков. Вестник БГУ. Серия 2: Химия. Биология. География*. 2016;(3):68-72. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29749071>
78. Сороходкина О. В., Лунцов А. В. Лекарственная аллергия при проведении антибиотикотерапии. *Вестник современной клинической медицины*. 2013;6(3):60-67. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19118941>
79. Молчан Н. В., Смирнова Ю. А., Вельц Н. Ю., Дармостукова М. А., Казаков А. С., Поливанов В. А. Фторхинолоновые антибиотики: безопасность применения на примере ципрофлоксацина. *Безопасность и риск фармакотерапии*. 2019;7(2):72-83. DOI: <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2019-7-2-72-83>
80. Кузьмина А. В., Поливанов В. А., Асещкая И. Л., Зырянов С. К. Вопросы безопасности при использовании антибактериальных препаратов в современной клинической практике. *Клиническая микробиология и антимикробная химиотерапия*. 2015;17(2):146-156. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-bezopasnosti-pri-ispolzovanii-antibakterialnyh-preparatov-v-sovremennoy-klinicheskoy-praktike>

81. Пикуза О. И., Самороднова Е. А. Теневые стороны антибиотикотерапии у детей: о чем должен помнить педиатр. *Практическая медицина*. 2018;16(8):50-55. DOI: <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2018-8-50-55>
82. Белоцкий С. М., Авталион Р. Р. Воспаление. Мобилизация клеток и клинические эффекты: монография. М.: Издательство БИОНОМ, 2008. 240 с.
83. Dodds D. R. Antibiotic resistance: A current epilogue. *Biochem Pharmacol*. 2017;134:139-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2016.12.005>
84. Намазова-Баранова Л. С., Баранов А. А. Антибиотикорезистентность в современном мире. *Педиатрическая фармакология*. 2017;14(5):341-354. DOI: <https://doi.org/10.15690/pf.v14i5.1782>
85. McEwen S. A., Collignon P. J. Antimicrobial Resistance: a One Health Perspective. *Microbiol Spectr*. 2018;6(2). DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0009-2017>
86. Antonelli G., Currenti M., Turriziani O., Dianzani F. Neutralizing antibodies to interferon-alpha: relative frequency in patients treated with different interferon preparations. *The Journal of infectious diseases*. 1991;163(4):882-885. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/163.4.882>
87. Lin F. C., Young H. A. Interferons: Success in anti-viral immunotherapy. *Cytokine Growth Factor Rev*. 2014;25(4):369-376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2014.07.015>
88. Zeidner N. S., Mathiason-DuBard C. K., Hoover E. A. Reversal of Feline Leukemia Virus Infection by Adoptive Transfer of Lectin/Interleukin-2-Activated Lymphocytes, Interferon- α , and Zidovudine. *Journal of Immunotherapy with Emphasis on Tumor Immunology*. 1993;14(1):22-32. DOI: <https://doi.org/10.1097/00002371-199307000-00004>
89. Moore B. R. Clinical application of interferons in large animal medicine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1996;208(10):1711-1715. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8641958/>

References

- Chevaliez S., Pawlotsky J. M. Interferons and their use in persistent viral infections. *Handb Exp Pharmacol*. 2009;189:203-241. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-79086-0_8
- George P. M., Badiger R., Alazawi W., Foster G. R., Mitchell J. A. Pharmacology and therapeutic potential of interferons. *Pharmacol Ther*. 2012;135(1):44-53. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pharmthera.2012.03.006>
- Denisov L. A., Sholokhov I. V. *Otkrytie interferona i ego klinicheskoe primeneniye*. [Interferon discovery and its clinical experience]. *Infektsionnye bolezni: novosti, mneniya, obuchenie* = Infectious diseases. News, Opinions, Training. 2017;(1):23-31. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytie-interferona-i-ego-klinicheskoe-primeneniye>
- Valiev T. T. *Klinicheskoe primeneniye interferonov: sovremennyy vzglyad na voprosy effektivnosti i bezopasnosti. Obzor literatury*. [Interferon clinical use: modern view on efficacy and safety. Literature review]. *Pediatriya. Consilium Medicum* = Pediatrics. Consilium Medicum. 2020;(3):95-104. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44155087>
- Vasilevsky I. V., Lavrienko A. V. *Kliniko-farmakologicheskoye obosnovaniye primeneniya interferonov v klinicheskoy praktike*. [Clinico-pharmacological rationale for using interferons in clinical practice]. *Zdravookhraneniye* = Healthcare. 2016;(7):51-63. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28825240>
- Aylamazyan E. K., Pavlov I. P. *Immunokorrigiruyushchaya terapiya infektsionno-vospalitel'nykh zabolevaniy zhenskoy polovoy sfery*. [Immunocorrective therapy of infectious and inflammatory diseases of the female genital area]. Saint-Petersburg: *Taktik-Studio*, 2007. 56 p. URL: <https://medi.ru/info/1673/>
- Ershov F. I. *Otkrytie biologicheskogo fenomena i ego posle-duyushchee nauchnoye poznanie*. [Discovery and scientific investigation of a biological phenomenon]. *Voprosy virusologii* = Problems of Virology. 2012;57(4):4-8. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18750403>
- Vavilenkova Yu. A. *Sovremennyye predstavleniya o sisteme interferona*. [Modern conception of interferon system]. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii* = Vestnik of Smolensk State Medical Academy. 2012;11(2):74-82. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyye-predstavleniya-o-sisteme-interferona>
- Kak G., Raza M., Tiwari B. K. Interferon-gamma (IFN- γ): Exploring its implications in infectious diseases. *Biomol Concepts*. 2018;9(1):64-79. DOI: <https://doi.org/10.1515/bmc-2018-0007>
- Ershov F. I., Narovlyansky A. N. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sistemy interferonov: k 60-letiyu otkrytiya interferonov*. [Theoretical and applied aspects of the interferon system: to the 60th anniversary of the discovery of interferons]. *Voprosy virusologii* = Problems of Virology. 2018;63(1):10-18. (In Russ.). DOI: <http://doi.org/10.18821/0507-4088-2018-63-1-10-18>
- Friesen H. J., Stein S., Evinger M., Familletti P. C., Moschera J., Meienhofer J., Shively J., Pestka S. Purification and molecular characterization of human fibroblast interferon. *Archives of biochemistry and biophysics*. 1981;206(2):432-450. DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(81\)90111-9](https://doi.org/10.1016/0003-9861(81)90111-9)
- Rubinstein M., Rubinstein S., Familletti P. C., Gross M. S., Miller R. S., Waldman A. A., Pestka S. Human leukocyte interferon purified to homogeneity. *Science*. 1978;202(4374):1289-1290. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.725605>
- Lidzhieva A. A., Smolyarchuk E. A., Kokorina A. E., Smirnov V. V., Egorenkov E. A. *Ispol'zovaniya biotekhnologicheskikh preparatov kak sposob povysheniya bezopasnosti farmakoterapii: sovremennoe sostoyaniye problemy i perspektivy razvitiya*. [Biotechnological preparations as a means of improving the safety of pharmacotherapy: state of the art and prospects of development]. *BIOpreparaty. Profilaktika, diagnostika, lecheniye* = BIOpreparations. Prevention, Diagnosis, Treatment. 2016;16(3):145-150. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26619560>

14. Negishi H., Taniguchi T., Yanai H. The Interferon (IFN) Class of Cytokines and the IFN Regulatory Factor (IRF) Transcription Factor Family. *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2018;10(11):a028423. DOI: <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a028423>
15. Li S. F., Gong M. J., Zhao F. R., Shao J. J., Xie Y. L., Zhang Y. G., Chang H. Y. Type I Interferons: Distinct Biological Activities and Current Applications for Viral Infection. *Cell Physiol Biochem.* 2018;51(5):2377-2396. DOI: <https://doi.org/10.1159/000495897>
16. Lazear H. M., Schoggins J. W., Diamond M. S. Shared and Distinct Functions of Type I and Type III Interferons. *Immunity.* 2019;50(4):907-923. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.immuni.2019.03.025>
17. Prokulevich V. A., Potapovich M. I. *Veterinarnye preparaty na osnove interferona.* [Veterinary drugs based on interferon]. *Vestnik BGU. Seriya 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya.* 2011;(3):51-55. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21699862>
18. Kozlova O. A., Medvedeva G. F. *Effektivnost' primeneniya biopreparata «Biferon-B» korovam v period zapuska. Prodolzhitel'nost' stel'nosti, tyazhest' otela, zabolevaemost' telyat.* [The effectiveness of the use of the biological product "Biferon-B" to cows during the cow drying-off period. Duration of gestation, severity of calving, morbidity of calves]. *Aktual'nye problemy intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva.* 2020;(23-2):156-161. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43355827>
19. Mazina N. K., Mazin P. V., Redkina D. V. *Vliyanie tsikloferona na effektivnost' farmakoterapii infektsionnykh zabolevaniy shirokogo spektra u detey i vzroslykh.* [The influence of cycloferone on the effectiveness of pharmacotherapy of wide spectrum of infectious diseases in children and adults: systematic review and meta-analysis]. *Antibiotiki i khimioterapiya = Antibiotics and Chemotherapy.* 2018;63(11-12):31-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38236173>
20. Narovlyansky A. N., Ershov F. I., Gintsburg A. L. *Interferony: perspektivnye napravleniya issledovaniy.* [Interferons: perspective directions of research]. *Immunologiya = Immunologia.* 2013;34(3):168-172. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19528083>
21. Sun S., Zhang X., Tough D., Sprent J. Multiple effects of immunostimulatory DNA on T cells and the role of type I interferons. *Springer Semin Immunopathol.* 2000;22(1-2):77-84. DOI: <https://doi.org/10.1007/s002810000028>
22. Mehrotra A., D'Angelo J. A., Romney-Vanterpool A., Chu T., Bertoletti A., Janssen H. L. A., Gehring A. J. IFN- α Suppresses Myeloid Cytokine Production, Impairing IL-12 Production and the Ability to Support T-Cell Proliferation. *J Infect Dis.* 2020;222(1):148-157. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/jiaa064>
23. Samuel C. E. Antiviral actions of interferons. *Clinical microbiology reviews.* 2001;14(4):778-809. DOI: <https://doi.org/10.1128/CMR.14.4.778-809.2001>
24. Italiani P., Boraschi D. From monocytes to M1/M2 macrophages: phenotypical vs. functional differentiation. *Frontiers in Immunology.* 2014;5:514. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2014.00514>
25. Martinez F. O., Gordon S. The M1 and M2 paradigm of macrophage activation: time for reassessment. *F1000Prime Reports.* 2014;6:13. DOI: <https://doi.org/10.12703/P6-13>
26. Gamaley S. G., Bateneva A. V., Shishkina L. N., Skarnovich M. O., Medikova L. D., Bogryantseva M. P., Ivanova O. S., Levagina G. M., Danilenko E. D. *Interferon-indutsiruyushchaya i protivovirusnaya aktivnost' preparata na osnove analoga interferona-gamma i induktora interferona.* [Interferon-inducing and antiviral activity of a drug based on an analogue of interferon-gamma and an interferon inducer]. *Meditsinskaya immunologiya = Medical Immunology (Russia).* 2017;19(S):266. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferon-indutsiruyuschaya-i-protivovirusnaya-aktivnost-preparata-na-osnove-analoga-interferona-gamma-i-induktora-interferona>
27. Matveev V. A., Shevtsova V. V. *Genno-inzhenernyy interferon al'fa-2b dlya mestnogo primeneniya (LAFERON-FarmBiotek NAZAL"-NYY) v profilaktike i lechenii ostryykh respiratornykh virusnykh infektsiy.* [The topical genetically engineered interferon alfa-2b used in prevention and treatment of acute respiratory viral infections]. *Klinicheskaya infektologiya i parazitologiya = Clinical infectology and parasitology.* 2013;4(07):136-142. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20918965>
28. Schevruk A. N., Vdovichenko V. P., Bronskaya G. M., Hrebtova O. M., Mahankova T. V. *Interferony v sovremennoy farmakoterapii.* [Interferons in modern pharmacotherapy]. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoy akademii = Vestnik of Smolensk State Medical Academy.* 2014;13(2):66-75. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/interferony-v-sovremennoy-farmakoterapii>
29. Dec M., Puchalski A. Use of oromucosally administered interferon-alpha in the prevention and treatment of animal diseases. *Polish journal of veterinary sciences.* 2008;11(2):171-182. URL: https://www.researchgate.net/publication/23152509_Use_of_oromucosally_administered_interferon-a_in_the_prevention_and_treatment_of_animal_diseases
30. Kohara J., Nishikura Y., Konnai S., Tajima M., Onuma M. Effects of interferon-tau on cattle persistently infected with bovine viral diarrhoea virus. *Jpn. J. Vet. Res.* 2012;60(2-3):63-70. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23094581/>
31. Glotova T. I., Kungurtseva O. V., Glotov A. G. *Deystvie preparatov ekzogennoy interferona na virus virusnoy diarei-bolezni slizistykh krupnogo rogatogo skota.* [The drugs exogenous interferon in BVDV]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals.* 2012;(5(97)):34-36. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17840245>
32. Glotova T. I., Nikonova A. A., Glotov A. G. *Protivovirusnye soedineniya i preparaty, effektivnye v otnoshenii virusa virusnoy diarei krupnogo rogatogo skota.* [Antiviral compounds and preparations effective against bovine viral diarrhoea]. *Voprosy virusologii = Problems of Virology.* 2017;62(5):204-210. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18821/0507-4088-2017-62-5-204-210>

33. Peek S. F., Bonds M. D., Schaele P., Weber S., Friedrichs K., Schultz R. D. Evaluation of antiviral activity and toxicity of recombinant human interferon alfa-2a in calves persistently infected with type 1 bovine viral diarrhea virus. *Am. J. Vet. Res.* 2004;65(6):865-870. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.865>
34. Iqbal M., Poole E., Goodbourn S., McCauley J. W. Role for bovine viral diarrhea virus Erns glycoprotein in the control of activation of beta interferon by double-stranded RNA. *J. Virol.* 2004;78(1):136-145. DOI: <https://doi.org/10.1128/jvi.78.1.136-145.2004>
35. Shan L., Fu F., Xue M., Zhu X., Li L., Feng L., Liu P. Interferon gamma inhibits transmissible gastroenteritis virus infection mediated by an IRF1 signaling pathway. *Archives of virology.* 2019;164:2659-2669. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00705-019-04362-2>
36. Oksamytny V. M. *Interferoni: zastosuvannya u veterinarii*. [Interferons: application in veterinary medicine]. *Biologiya tvarin = The Animal Biology.* 2017;19(3):55-68. (In Ukr.). DOI: <https://doi.org/10.15407/animbiol19.03.055>
37. Georgiades J. A. Effect of low dose natural human interferon alpha given into the oral cavity on the recovery time and death loss in feedlot hospital pen cattle: a field study. *Archivum immunologiae et therapiae experimentalis.* 1993;41(3-4):205-207. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8129563/>
38. Babiuk L. A., Lawman M. J., Gifford G. A. Use of recombinant bovine alpha 1 interferon in reducing respiratory disease induced by bovine herpesvirus type 1. *Antimicrob agents chemother.* 1987;31(5):752-757. DOI: <https://doi.org/10.1128/aac.31.5.752>
39. Peel J. E., Kolly C., Siegenthaler B., Martinod S. R. Prophylactic effects of recombinant bovine interferon-alpha II on acute Salmonella typhimurium infection in calves. *American journal of veterinary research.* 1990;51(7):1095-1099. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2202241/>
40. Akiyama K., Sugii S., Hirota Y. A clinical trial of recombinant bovine interferon alpha 1 for the control of bovine respiratory disease in calves. *Journal of Veterinary Medical Science.* 1993;55(3):449-452. DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.55.449>
41. Cummins J. M., Hutcheson D. P., Cummins M. J., Georgiades J. A., Richards A. B. Oral therapy with human interferon alpha in calves experimentally injected with infectious bovine rhinotracheitis virus. *Archivum immunologiae et therapiae experimentalis.* 1993;41(3-4):193-197. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8129561/>
42. Kohara J., Nishikura Y., Tajima M., Onuma M., Yokomizo Y. Antiviral effects of bovine IFN-tau and human IFN-alpha on bovine viral diarrhea virus. *Veterinary immunology and immunopathology.* 2009;128(1-3):331. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2008.10.258>
43. Bryson D. G., McNulty M. S., Evans R. T., Allan G. Studies of the effect of recombinant human-alpha 1 interferon on experimental parainfluenza type 3 virus infections of the respiratory tract of calves. *Veterinary Record.* 1989;125(25):615-618. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2559530/>
44. Kishko Ia. H., Mukvich M. S. Treatment and prophylaxis of some infectious diseases of swine and cattle using of natural alpha-interferons. *Mikrobiologichnii Zhurnal.* 1998;60(3):70-79. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9785802/>
45. Quintana M. E., Barone L. J., Trotta M. V., Turco C., Mansilla F. C., Capozzo A. V., Cardoso N. P. In-vivo Activity of IFN-λ and IFN-α Against Bovine-Viral-Diarrhea Virus in a Mouse Model. *Frontiers in veterinary science.* 2020;7:45. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00045>
46. Cummins J. M., Gawthrop J., Hutcheson D. P., Cummins M. J., Zeck D. The effect of low dose oral human interferon alpha therapy on diarrhea in veal calves. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis.* 1993;41(3-4):199-203. URL: https://www.researchgate.net/publication/15068815_The_effect_of_low_dose_oral_human_interferon_alpha_therapy_on_diarrhea_in_veal_calves
47. Cummins J. M. Interferon administered orally to the bovine species helps treat diseases. *Journal of Veterinary Medicine and Research.* 2018;5(8):1153. URL: <https://www.jsicimedcentral.com/VeterinaryMedicine/veterinarymedicine-5-1153.pdf>
48. Cummins J. M., Krakowka G. S., Thompson C. G. Systemic effects of interferons after oral administration in animals and humans. *American Journal of Veterinary Research.* 2006;66(1):164-176. DOI: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2005.66.164>
49. Altynbekov O. M., Andreeva A. V. *Vliyanie immunostimulyatorov na nakoplenie spetsificheskikh antitel k vozбудitelyam virusnykh infektsiy v krovi telyat*. [The effect of immunostimulants on the accumulation of specific antibodies to viral infection agents in the blood of calves]. *Veterinarnyy vrach.* 2019;(2):3-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33632/1998-698X.2019-2-3-8>
50. Kishko Ia. H., Vasylenko M. I. The use of gamma-interferon for the prevention and treatment of infectious diseases in piglets and calves. *Mikrobiologichnii Zhurnal.* 1999;61(5):28-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10643274/>
51. Roth J. M. Immunomodulation in Bovine Respiratory Disease. *The bovine proceedings.* 1990;22:150-152. URL: <https://journals.tdl.org/bovine/index.php/AABP/article/view/6916/6349>
52. Babiuk L. A., Sordillo L. M., Campos M., Hughes H. P., Rossi-Campos A., Harland R. Application of interferons in the control of infectious diseases of cattle. *Journal of Dairy Science.* 1991;74(12):4385-4398. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78635-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78635-9)
53. Klimov N. T., Zimnikov V. I., Erin D. A., Pashentsev A. V. *Razrabotka optimal'nykh doz bych'ikh rekombinantnykh alfa i gamma-interferonov dlya profilaktiki mastita u laktiruyushchikh korov*. [Development of optimal doses of recombinant bovine alpha and gamma interferon for prevention of mastitis in lactating cows]. *Veterinarnyy farmakologicheskii vestnik = Bulletin of Veterinary Pharmacology.* 2018;(3):46-48. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2018.3.46>

54. Klimov N. T., Zimnikov V. I., Erin D. A., Pashentsev A. V., Manzhurina O. A., Parkhomenko Yu. S., Chernyshova I. S., Tyurina E. V. *Vliyanie bych'ikh rekombinantnykh alfa i gamma-interferonov na tsitologicheskie i mikrobiologicheskie pokazateli moloka pri subklinicheskom mastite*. [The effect of bovine recombinant alpha- and gamma-interferons on cytological and microbiological characteristics of milk with subclinical mastitis]. *Veterinarnyy farmakologicheskiy vestnik* = Bulletin of Veterinary Pharmacology. 2018;(3):100-103. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2018.3.100>
55. Shabunin S. V., Klimov N. T., Vostroilova G. A., Prokulevich V. A., Potapovich M. I., Zimnikov V. I., Erin D. A., Malanych E. V., Pashentsev A. V. Method for the prevention of mastitis in lactating cows: patent Russian Federation no. 2683289, 2019. URL: <https://patent.ru/patent/RU2683289C1.pdf>
56. Skorikov V. N. *Primenenie bych'ikh rekombinantnykh α -, γ -interferonov i prostaglandina f2a dlya profilaktiki ostrogo posle-rodovogo endometrita u korov*. [Combined use of recombinant bull α -, γ -interferons and prostaglandins f2a for the prevention of acute postpartum endometritis in cows]. *Veterinarnyy farmakologicheskiy vestnik* = Bulletin of Veterinary Pharmacology. 2019;(2):51-55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.2.51>
57. Skorikov V. N., Nezhdanov A. G., Mikhalev V. I., Prokulevich V. A., Potapovich M. I. *Bych'i rekombinantnye α i γ -interferony dlya profilaktiki ostrogo poslerodovogo endometrita u korov*. [Prevention of acute postpartum endometritis in cows with the use of recombinant bull α -, γ -interferons]. *Veterinariya* = Veterinary. 2019;(11):41-44. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2019.22.11.41-44>
58. Skorikov V. N., Nezhdanov A. G., Mikhalev V. I., Prokulevich V. A., Potapovich M. I. *Rekombinantnye α i γ -interferony v mnogokomponentnoy terapii korov pri poslerodovom endometrite*. [Recombinant interferons alpha and gamma in multicomponent bovine therapy of postpartum endometritis]. *Veterinariya* = Veterinary. 2020;(6):10-13. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30896/0042-4846.2020.23.6.10-13>
59. Lecce J. G., Cummins J. M., Richards A. B. Treatment of rotavirus infection in newborn pigs using natural human interferon alpha. *Molecular biotherapy*. 1990;2(4):211-216. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1963065/>
60. Cummins J. M., Mock R. E., Shive B. W., Krakowka S., Richards A. B., Hutcheson D. P. Oral treatment of transmissible gastroenteritis with natural human interferon alpha: a field study. *Veterinary Immunology and Immunopathology*. 1995;45(3-4):355-360. DOI: [https://doi.org/10.1016/0165-2427\(94\)05351-r](https://doi.org/10.1016/0165-2427(94)05351-r)
61. Gao D.-M., Yu H.-Y., Zhou W., Xia B.-B., Li H.-Z., Wang M.-L., Zhao J. Inhibitory effects of recombinant porcine interferon- α on porcine transmissible gastroenteritis virus infections in TGEV-seronegative piglets. *Veterinary Microbiology*. 2021;252:108930. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2020.108930>
62. Amadori M., Razuoli E. Immune Control of PRRS: Lessons to be Learned and Possible Ways Forward. *Frontiers in veterinary science*. 2014;1:2. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2014.00002>
63. Gibbert K., Dittmer U. Distinct antiviral activities of IFN- α subtypes. *Immunotherapy*. 2011;3(7):813-816. DOI: <https://doi.org/10.2217/imt.11.74>
64. Brockmeier S. L., Loving C. L., Eberle K. C., Hau S. J., Buckley A., Van Geelen A., Montiel N. A., Nicholson T., Lager K. M. Interferon alpha inhibits replication of a live-attenuated porcine reproductive and respiratory syndrome virus vaccine preventing development of an adaptive immune response in swine. *Veterinary Microbiology*. 2017;212:48-51. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2017.11.004>
65. Liu L., Fan W., Zhang H., Zhang S., Cui L., Wang M., Bai X., Yang W., Sun L., Yang L., Liu W., Li J. Interferon as a Mucosal Adjuvant for an Influenza Vaccine in Pigs. *Virologica sinica*. 2019;34(3):324-333. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12250-019-00102-7>
66. Yu H. Y., Qu M. S., Zhang J. L., Gan L., Zhao Y., Shan X. Q., Zhou W., Xia B. B., Chen J., Wang M. L., Zhao J. Recombinant Porcine Interferon Alpha Enhances Immune Responses to Killed Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus Vaccine in Pigs. *Viral Immunology*. 2019;32(9):383-392. DOI: <https://doi.org/10.1089/vim.2019.0092>
67. Kishko Ia. H., Vasylenko M. I. Properties of natural animal gamma-interferons and peculiarities of their action. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 1998;60(2):65-75. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9670756/>
68. Kishko Ia. G., Vasylenko M. I. Action of natural gamma-interferons on functional activity of phagocytes and antibody synthesis after vaccination. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 2000;62(6):26-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11247346/>
69. Kishko Ia. H., Vasylenko M. I. The use of gamma-interferon for the prevention and treatment of infectious diseases in piglets and calves. *Mikrobiologichnii Zhurnal*. 1999;61(5):28-32. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10643274/>
70. Vostroilova G. A., Shakhov A. G., Shabunin S. V., Sashnina L. Yu., Parshin P. A., Cheskidova L. V., Kantorovich Yu. A. *Korrigiruyushchee vliyanie Gentabiferona-S na immunnyy status porosyat-ot'emyshey i ego effektivnost' pri profilaktike kishhechnykh infektsiy*. [Corrective influence of Hentabiferon-C on the immune status of post-weaned piglets and its effectiveness in the prevention of intestinal infections]. *Rossiyskaya sel'skokhozyaystvennaya nauka*. 2018;(6):58-61. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31857/S250026270001834-2>
71. Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Zheyne M. Yu., Vladimirova Yu. Yu., Karmanova N. V. *Vliyanie biferona-na na estestvennyuyu rezistentnost' i klinicheskiy status porosyat na fone immunomoduliruyushchey profilaktiki poslerodovykh bolezney u svinomatok*. [The effect of biferon-c on natural resistance and clinical status of piglets against the background of immunomodulatory prophylaxis of postpartum diseases in sows]. *Uchenye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsiny*. 2020;56(4):72-77. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44367325>

72. Shabunin S. V., Shakhov A. G., Vostroilova G. A., Cheskidova L. V., Parshin P. A., Ermakova T. I., Grigoreva N. A. *Immunostimuliruyushchiy effekt biferona-S na fone medikamentoznoy profilaktiki bolezney svinomatok i porosyat v promyshlennom svinovodstve*. [Porcine biferon-C applied together with medicinal prophylaxis in commercial pig breeding provides immunostimulation of sows and an increased viability of their piglets]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;53(4):851-859. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.4.851rus>
73. Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Zheyne M. Yu., Vladimirova Yu. Yu., Karmanova N. V. *Vliyanie kompleksnogo preparata na osnove interferonov na immunnyy status svinomatok i ego effektivnost' pri profilaktike poslerodovykh bolezney*. [The effect of the complex drug based on interferons on the immune status of sows and its efficacy in prevention of postpartum diseases]. *Veterinarnyy farmakologicheskiy vestnik = Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2020;(2):49-60. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2020.2.49>
74. Khmylov A. G., Gavrikov A. V. *Miksoferon i Multiferon: metodicheskie rekomendatsii dlya veterinarnykh vrachey*. [Mixoferon and Multiferon: guidelines for veterinarians]. Moscow: ZAO «Mosagrogen», 2013. 44 p. URL: <https://fermer.ru/files/v2/forum/255858/miksoferonmultiferonmetodicheskierekomendaciidlyavetvrachey.pdf>
75. Cheskidova L. V., Briukhova I. V., Grigoreva N. A. *Perspektivnyye napravleniya sozdaniya lekarstvennykh sredstv novogo pokoleniya dlya zhivotnykh s primeneniem biotekhnologii (obzor)*. [Advanced research directions of creation of new generation medicines for animals with application of biotechnologies (review)]. *Veterinarnyy farmakologicheskiy vestnik = Bulletin of Veterinary Pharmacology*. 2019;(2):29-38. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17238/issn2541-8203.2019.2.29>
76. Shakhov A. G., Sashnina L. Yu., Vladimirova Yu. Yu., Tarakanova K. V., Karmanova N. V. *Primenenie tsitokinov i ikh induktorov molodnyaku sel'skokhozyaystvennykh zhivotnykh (obzor)*. [Cytokines and their inducers using to young farm animals (overview)]. *Veterinarnaya patologiya = Veterinary Pathology*. 2019;(2):70-79. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38566762>
77. Potapovich M. I., Prokulevich V. A. *«Belkovaya veterinariya» kak al'ternativa antibiotikam. Lechebno-profilakticheskie veterinarnye preparaty na osnove rekombinantnykh belkov*. [“Protein veterinary” as alternative to antibiotics. Treatment-and-prophylactic veterinary preparations based on recombinant proteins]. *Vestnik BGU. Seriya 2: Khimiya. Biologiya. Geografiya*. 2016;(3):68-72. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29749071>
78. Skorokhodkina O. V., Luntsov A. B. *Lekarstvennaya allergiya pri provedenii antibiotikoterapii*. [Drug allergy in antibiotics using]. *Vestnik sovremennoy klinicheskoy meditsiny = The Bulletin of Contemporary Clinical Medicine*. 2013;6(3):60-67. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19118941>
79. Molchan N. V., Smirnova Yu. A., Velts N. Yu., Darmostukova M. A., Kazakov A. S., Polivanov V. A. *Ftorkhinolonovye antibiotiki: bezopasnost' primeneniya na primere tsiprofloksatsina*. [Fluoroquinolone antibiotics: safety of use by the example of ciprofloxacin]. *Bezopasnost' i risk farmakoterapii = Safety and Risk of Pharmacotherapy*. 2019;7(2):72-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30895/2312-7821-2019-7-2-72-83>
80. Kuzmina A. V., Polivanov V. A., Asetskeya I. L., Zyryanov S. K. *Voprosy bezopasnosti pri ispol'zovanii antibakterial'nykh preparatov v sovremennoy klinicheskoy praktike*. [Safety issues with the use of antimicrobials in current clinical practice]. *Klinicheskaya mikrobiologiya i antimikrobnaya khimioterapiya = Clinical Microbiology and Antimicrobial Chemotherapy*. 2015;17(2):146-156. (In Russ.). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/voprosy-bezopasnosti-pri-ispolzovanii-antibakterialnyh-preparatov-v-sovremennoy-klinicheskoy-praktike>
81. Pikuza O. I., Samorodnova E. A. *Tenevye storony antibiotikoterapii u detey: o chem dolzhen pomnit' pediatr*. [Seamy sides of antibiotic treatment in children: what should a pediatrician remember about]. *Prakticheskaya meditsina = Practical medicine*. 2018;16(8):50-55. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32000/2072-1757-2018-8-50-55>
82. Belotskiy S. M., Avtalion R. R. *Vospalenie. Mobilizatsiya kletok i klinicheskie efekty: monografiya*. [Inflammation. Mobilizing of cells and clinical effects: monograph]. Moscow: Izdatel'stvo BIONOM, 2008. 240 p.
83. Dodds D. R. Antibiotic resistance: A current epilogue. *Biochem Pharmacol*. 2017;134:139-146. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2016.12.005>
84. Namazova-Baranova L. S., Baranov A. A. Antibiotikorezistentnost' v sovremennoy mire. [Antibiotic Resistance in Modern World]. *Pediatricheskaya farmakologiya = Pediatric Pharmacology*. 2017;14(5):341-354. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15690/pf.v14i5.1782>
85. McEwen S. A., Collignon P. J. Antimicrobial Resistance: a One Health Perspective. *Microbiol Spectr*. 2018;6(2). DOI: <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.ARBA-0009-2017>
86. Antonelli G., Currenti M., Turriziani O., Dianzani F. Neutralizing antibodies to interferon-alpha: relative frequency in patients treated with different interferon preparations. *The Journal of infectious diseases*. 1991;163(4):882-885. DOI: <https://doi.org/10.1093/infdis/163.4.882>
87. Lin F. C., Young H. A. Interferons: Success in anti-viral immunotherapy. *Cytokine Growth Factor Rev*. 2014;25(4):369-376. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cytogfr.2014.07.015>
88. Zeidner N. S., Mathiason-DuBard C. K., Hoover E. A. Reversal of Feline Leukemia Virus Infection by Adoptive Transfer of Lectin/Interleukin-2-Activated Lymphocytes, Interferon- α , and Zidovudine. *Journal of Immunotherapy with Emphasis on Tumor Immunology*. 1993;14(1):22-32. DOI: <https://doi.org/10.1097/00002371-199307000-00004>
89. Moore B. R. Clinical application of interferons in large animal medicine. *Journal of the American Veterinary Medical Association*. 1996;208(10):1711-1715. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8641958/>

Сведения об авторах

Шабунин Сергей Викторович, доктор вет. наук, профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», ул. Ломоносова, д. 114 Б, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2689-6998>

Востроилова Галина Анатольевна, доктор биол. наук, главный научный сотрудник отдела экспериментальной фармакологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», ул. Ломоносова, д. 114 Б, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-038X>

✉ **Григорьева Наталья Александровна**, кандидат вет. наук, старший научный сотрудник отдела экспериментальной фармакологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», ул. Ломоносова, д. 114 Б, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7593-1198>, e-mail: gna_91@bk.ru

Жуков Максим Сергеевич, кандидат вет. наук, старший научный сотрудник лаборатории болезней органов воспроизводства, молочной железы и молодняка сельскохозяйственных животных НИЦ, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», ул. Ломоносова, д. 114 Б, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9317-7344>

Грицук Василина Александровна, кандидат с.-х. наук, докторант отдела экспериментальной фармакологии, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии», ул. Ломоносова, д. 114 Б, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5520-7303>

Information about the authors

Sergey V. Shabunin, DSc in Veterinary science, professor, Academician of RAS, Academic Advisor of All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Lomonosov st., 114 B, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2689-6998>

Galina A. Vostroilova, DSc in Biological science, chief researcher, the Department of Experimental Pharmacology, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Lomonosov st., 114 B, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2960-038X>

✉ **Natalya A. Grigoryeva**, PhD in Veterinary science, senior researcher, the Department of Experimental Pharmacology, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Lomonosov st., 114 B, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7593-1198>, e-mail: gna_91@bk.ru

Maksim S. Zhukov, PhD in Veterinary science, senior researcher, the Laboratory of Reproductive Organs, Mammary Gland and Young Farm Animal Diseases, Research Center of All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Lomonosov st., 114 B, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9317-7344>

Vasilina A. Gritsyuk, PhD in Agricultural science, Doctoral Student of the Department of Experimental Pharmacology of All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology and Therapy, Lomonosov st., 114 B, Voronezh, Russian Federation, 394087, e-mail: vnivipat@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5520-7303>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43>

УДК 633.111:631.527

Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России

© 2022. О. В. Левакова✉, М. И. Костаньянц

Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», Рязанская область, Российская Федерация

Цель исследований – оценка по хозяйственно ценным признакам и свойствам нового сорта озимой мягкой пшеницы Галатея. Сорт Галатея характеризуется высокими показателями зимостойкости (97%), устойчивости к полеганию (4,5 балла) и урожайности (7,3-9,8 т/га). Главным критерием преимущества явилось улучшение качественных характеристик зерна – содержание клейковины 32-36% (в сравнении со стандартом – 28-36%), белка в зерне – 12-13%, общая оценка качества муки на 0,7 балла выше стандартного сорта Ангелина. Хлебопекарные качества хорошие, относится к ценным пшеницам. При изучении в конкурсном сортоиспытании (2015-2021 гг.) минимальный уровень урожайности был выше у сорта Галатея в среднем на 9,9-55,5%, а максимальный превысил на 20,0-23,6% показатели сравниваемых сортов озимой пшеницы. Генетическая гибкость испытываемых сортов показала, что самым урожайным является новый сорт Галатея с коэффициентом 6,78. Расчет экономической эффективности, исходя из рыночной стоимости продукции, производственных затрат и урожайности показал, что при возделывании сорта Галатея получен наибольший условно чистый доход – 58780 руб/га, рентабельность возделывания выше сорта-стандарта Ангелина на 18%, востребованного сорта Московская 39 – на 34,0%. В рамках программы импортозамещения, ориентированной на повышение продовольственной безопасности, внедрение в производство нового сорта Галатея позволит существенно увеличить и стабилизировать валовые сборы зерна в Центральном регионе России. Новый сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2021 года. Рекомендуется для возделывания в Центральном (3) регионе.

Ключевые слова: *Triticum aestivum* L., селекция, сорт, сортомена, урожайность, качество

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № 0581-2019-0021).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Левакова О. В., Костаньянц М. И. Галатея – новый сорт озимой мягкой пшеницы для Центрального региона России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):36-43.
DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43>

Поступила: 11.11.2021

Принята к публикации: 24.12.2021

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Galatea is a new variety of winter wheat for the Central Region of the Russian Federation

© 2022. Olga V. Levakova✉, Margarita I. Kostanyants

Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Ryazan region, Russian Federation

The purpose of the research is to evaluate a new variety of winter soft wheat Galatea according to the economically valuable traits and properties. The Galatea variety is characterized by high winter hardiness (97%), lodging resistance (4.5 points) and yield (7.3-9.8 t/ha). The main criterion of the advantage is the improvement of the quality characteristics of the grain – the variation of the gluten content is 32-36% (compared to the standard - 28-36%), the protein content in the grain is 12-13%, the overall assessment of flour quality is 0.7 points higher than the standard variety Angelina. Baking qualities are good, it belongs to valuable wheat varieties. When studied in the competitive variety testing (2015-2021), the minimum yield level was on average 9.9-55.5% higher for the Galatea variety and the maximum yield level exceeded the indicators of the compared winter wheat varieties by 20.0-23.6%. The genetic flexibility of the varieties under study has shown that the new Galatea variety with the coefficient of 6.78 is the most productive. The calculation of economic efficiency based on the market value of the product, production costs and yield has shown that when growing the new Galatea variety, the largest conditional net income of 58780 rubles/ha had been obtained, the level of profitability was 18.0% higher compared to the Angelina standard variety and 34.0% higher than the most popular variety in the region, Moskovskaya 39. As part of the import substitution program aimed at improving food security, the introduction of a new Galatea variety into production should significantly increase and stabilize the gross grain harvest in the Central Region of Russia. The new variety has been included in the State Register of Breeding Achievements of the Russian Federation since 2021. Recommended for use in the Central (3) Region.

Keywords: *Triticum aestivum* L., breeding, variety, variety change, yield, quality

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 Scientific Agroengineering Center VIM (theme No. 0581-2019-0021).

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

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

For citation: Levakova O. V., Kostanyants M. I. Galatea is a new variety of winter wheat for the Central Region of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):36-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.36-43>

Received: 11.11.2021

Accepted for publication: 24.12.2021

Published online: 25.02.2022

Системная поддержка отечественного производства пшеницы – важная часть долгосрочной стратегии развития сельского хозяйства России. Получение высокого стабильного урожая хорошего качества позволяет России сформировать не только стратегический запас зерновых, но и увеличить долю товарного зерна для экспорта, так как на мировой рынок поступает около 20 % производимого зерна [1].

Стратегия развития зернового хозяйства России предусматривает биологическую компоненту роста величины, качества и рентабельности урожая по мере повышения потенциальной и реализуемой продуктивности возделываемых сортов [2]. В связи с этим для каждого конкретного агроэкологического региона необходимы сорта, которые, занимая свою экологическую нишу, наиболее эффективно используют почвенные и гидротермические ресурсы, лимитирующие рост и развитие озимой пшеницы. При создании таких сортов в каждой конкретной экологической зоне определяются основные хозяйственно ценные признаки и свойства растений, которые обеспечивают высокую приспособляемость и максимальную продуктивность. Подбор сортов для производства является наиболее дешевым, доступным и эффективным элементом его рентабельности [3, 4, 5, 6, 7].

Основным фактором решения этих задач является целенаправленная селекция на создание сортов, способных в различных по климатическим условиям годы формировать высокую продуктивность и качественное зерно [8, 9, 10]. Селекционные разработки и их реализация играют решающую роль в повышении урожайности, качества зерна, устойчивости к болезням, в совершенствовании других важнейших хозяйственно-биологических признаков и свойств пшеницы, а роль нового сорта здесь трудно переоценить [11, 12].

Суровый российский климат сдерживает продвижение иностранных сортов зерновых колосовых культур в нашу страну. Их доля варьирует от 0,9 до 16,4 % в зависимости

от культуры [13]. Нестабильность и непредсказуемость природно-климатических факторов в период вегетации, сложность взаимодействия сорта со средой дает основания на возделывание в каждой конкретной агроклиматической зоне адаптированных сортов местной селекции.

Селекционная работа в Институте семеноводства и агротехнологий (филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) направлена на хорошую приспособляемость создаваемых сортов озимой пшеницы к выращиванию в конкретных агроэкологических условиях Центрального района Нечерноземной зоны России с целью максимальной реализации своего генетического потенциала.

Цель исследований – оценка по хозяйственно ценным признакам и свойствам нового сорта озимой мягкой пшеницы Галатея в природно-климатических условиях Центрального региона России.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле Института семеноводства и агротехнологий (филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ, Рязанская область) в селекционном севообороте в конкурсном сортоиспытании в 2015-2021 гг. Почва опытного участка темно-серая лесная, тяжелосуглинистая по гранулометрическому составу. Агрохимические показатели: рН_{сол} (ГОСТ 26483-85) – 4,88 ед.; содержание органического вещества (ГОСТ 26213-91) – 5,60 %; подвижного фосфора (ГОСТ Р 54650-2011) – 378,0 мг/кг почвы, подвижного калия (ГОСТ Р 54650-2011) – 275,0 мг/кг почвы, азота нитратного (ГОСТ 26951-86) – 41,4 мг/кг, азота аммонийного (ГОСТ 26489-85) – 4,43 мг/кг, обменного магния (ГОСТ 26487-85) – 2,16 ммоль/100 г.

Гидротермические условия 2015-2021 гг. существенно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, варьирующими в течение вегетационных периодов. Оптимальными условиями характеризовались 2015, 2016, 2017, 2021 гг. с ГТК = 0,89...1,55, в засушливые годы (2018-2019 гг.) коэф-

фициент влагообеспеченности находился в интервале 0,58-0,70.

Объект исследований – новый сорт озимой мягкой пшеницы Галатея, который изучали в конкурсном сортоиспытании в 2015-2021 гг. Закладку питомника проводили в первой декаде сентября по предшественнику чистый пар сеялкой ССКФ-7М. Общая площадь делянки – 10 м², повторность опыта четырехкратная. Норма высева 5,0 млн всхожих семян на 1 гектар. В качестве стандарта использовали сорт Ангелина, внесённый в Госреестр селекционных достижений РФ с 2006 года, контролем служил сорт Московская 39, внесённый в Госреестр селекционных достижений РФ с 1998 года и охватывающий большой ареал регионов возделывания – Центральный, Центрально-Черноземный, Волго-Вятский, Средневолжский, Северо-Западный, Уральский, Дальневосточный.

Оценка зимостойкости, фенологические наблюдения, анализ структуры урожая, статистическая обработка экспериментальных данных методами дисперсионного, корреляционного и вариационного анализов, а также уровень устойчивости сортов к стрессовым условиям произрастания (У2 - У1) проведены с использованием соответствующих для данных исследований методик¹.

Результаты и их обсуждение. Сорт Галатея относится к разновидности *erythrospertum*. Отобран из гибридной популяции

((Мироновская 29 х Инна) х Инна)) при использовании метода возвратных скрещиваний, или беккроссов, так как полученный гибрид повторно скрестили с отцовской формой – местным сортом Инна, относящимся к ценным сортам пшеницы и отличающимся низкостебельностью (80-95 см), устойчивостью к твердой головне, желтой ржавчине, мучнистой росе, бурой ржавчине и полеганию.

Одной из сестринских линий данной комбинации является сорт Виола, районированный в 2013 году и занимающий в Рязанской области более 30 % посевных площадей. С использованием данной комбинации в последующие скрещивания создан сорт Даная, районированный в 2017 году. Таким образом, комбинация (Мироновская 29 х Инна) х Инна обладает высокой селекционной ценностью, так как создание высокопродуктивных генотипов требует тщательного подбора исходных форм по комплексу признаков с учетом критериев отбора селекционного материала.

Начиная с селекционного питомника первого года, оценку сортообразцов делали по числу продуктивных стеблей на единице площади, озерненности колоса и массе 1000 зерен, массе зерна с колоса, поскольку эти признаки тесно сопряжены с урожайностью. В итоге, результатом успешной селекционной работы по культуре озимая пшеница явилось создание нового сорта Галатея, переданного на государственное сортоиспытание в 2017 году (рис. 1).



Рис. 1. Сорт озимой мягкой пшеницы Галатея в конкурсном сортоиспытании /

Fig. 1. Variety of winter soft wheat Galatea in competitive variety testing

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М., 2012. 352 с.; Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник Россельхозакадемии. 2005;(6):49-53.

Новый сорт показал существенную прибавку над стандартом в разные типы лет и, что особенно важно, в годы с экстремально засуш-

ливыми условиями. Так, при передаче на ГСИ, сорт Галатея имел значительный приоритет по урожайности и зимостойкости (табл. 1).

Таблица 1 – Хозяйственно-биологические признаки нового сорта озимой мягкой пшеницы Галатея на момент передачи на государственное сортоиспытание (2015-2017 гг.) /

Table 1 – Economic and biological characteristics of the new variety of winter soft wheat Galatea at the time of transfer to the State variety testing (2015-2017)

Признак / Sign	Галатея / Galatea		Ангелина, стандарт / Angelina, standard	
	min-max	среднее/ average	min-max	среднее/ average
Урожайность*, т/га / Yield*, t/ha	7,3-9,8	8,3	6,9-8,4	7,7
Прибавка к стандарту, т/га / Increase to the standard, t/ha	0,4-1,4	0,6	-	-
Зимостойкость, % / Winter hardiness, %	94-99	97	93-99	96
Высота, см / Height, cm	90-105	98	96-107	101
Устойчивость к полеганию, балл / Resistance to lodging, points	3,5-5,0	4,5	4,8-5,0	4,9
Вегетационный период, дни / Growing season, days	319-324	321	323-328	325
Масса 1000 зерен, г / Weight of 1000 grains, g	42-46	44	47-48	48
Содержание сырой клейковины, % / Raw gluten content, %	32-36	34	28-36	32
Содержание сырого протеина, % / Crude protein content, %	12-13	13	12-13	12
Общая оценка качества, балл / Overall quality assessment, points	4,8-5,0	4,9	3,8-4,5	4,2
Поражение, % / Defeat, %:				
бурой ржавчиной / brown rust	0-30	-	10-20	-
септориозом / septoria	10-20	-	10-20	-
мучнистой росой / powdery mildew	10	-	20-30	-

* НСР₀₅ 2015 г. – 0,61, 2016 г. – 0,88, 2017 г. – 0,65 т/га / LSD₀₅ 2015 г. – 0.61, 2016 г. – 0.88, 2017 г. – 0.65 t/ha

Главным критерием преимущества явилось улучшение качественных характеристик зерна – варьирование содержания клейковины составило 32-36 % (в сравнении со стандартом – 28-36 %), содержание белка в зерне увеличилось на 1,0 %, общая оценка качества муки на 0,7 балла выше стандартного сорта. Хлебопекарные качества хорошие, относится к ценным пшеницам. Сорт Галатея по высоте растений унаследовал небольшую высоту растений своих родителей – 81-108 см. Среднеспелого типа, вегетационный период – 272-336 дней, созревает в сроки, близкие к стандарту Ангелина.

Преимущество нового сорта отмечено по параметрам структуры урожая. Так, при

одинаковом коэффициенте кушения (3,1) новый сорт обладал увеличенной длиной колоса – 10,7 см и большим количеством зерен в колосе – 39,7 шт., что на 2,1 см и 4,4 шт. превосходит соответствующие показатели стандартного сорта. Выявленное преимущество играет немаловажную роль в обеспечении продуктивности сорта, так как в наших исследованиях определена тесная связь между урожайностью и количеством зерен в колосе ($r = +0,62$).

Государственное сортоиспытание сорт Галатея проходил в 2018-2020 гг. Средняя урожайность по Центральному региону составила 4,47 т/га. В Брянской области прибавка к стандарту Мера составила 0,18 т/га, в Московской области к среднему стандарту – 1,28 т/га,

в Рязанской области к стандарту Ангелина – 0,42 т/га при урожайности 5,86 т/га, 5,93 и 4,78 т/га соответственно. Максимальная урожайность – 6,97 т/га получена в Тульской области в 2020 году. Сорт устойчив к твёрдой головне, умеренно устойчив к бурой ржавчине, мучнистой росе. В полевых условиях септориозом поражен средне, сильнее стандарта Мера, снежной плесенью – сильно, как и стандарт Виола².

При проведении сравнительных исследований сорта Галатея с сортом-стандартом Ангелина и самым популярным в Центральном регионе сортом Московская 39 установили, что минимальный уровень урожайности, который, как правило, формируется при складывающихся неблагоприятных метеоусловиях (2019 год), был выше у сорта Галатея в среднем на 9,9-55,5 %, что указывает на эффектив-

ность селекционной работы по повышению стрессоустойчивости нового сорта (табл. 2). Максимальный уровень урожайности сорта Галатея, складывающийся при благоприятных условиях вегетационного периода (2017 год), превысил на 20,0-23,6 % показатели сравнимых сортов озимой пшеницы. Генетическая гибкость сортов показала, что самым урожайным является новый сорт Галатея с коэффициентом 6,78. Данный показатель отражает среднюю урожайность сорта в контрастных условиях и показывает степень соответствия между генотипом сорта и различными факторами среды. В наших исследованиях минимальный разброс в урожайности отмечен у сорта Галатея – коэффициент варьирования 28,2 %, что указывает на более высокую степень адаптивности сорта к условиям среды.

Таблица 2 – Результаты испытания сортов озимой мягкой пшеницы в условиях Рязанской области за период 2015-2021 гг. / Table 2 – Results of testing of winter soft wheat varieties in the conditions of the Ryazan region for the period of 2015-2021

Сорт / Variety	Урожайность, т/га / Yield, t/ha			Коэффициент вариации, CV, % / Coefficient of variation, CV, %	Количество зерен в колосе, шт. / Number of grains per ear, pcs	Масса зерна с колоса, г / Grain weight per ear, g	Генетическая гибкость сорта / Genetic flexibility of the variety $V1 + V2 / 2$
	min (V2)	max (V1)	средняя / average				
Ангелина, стандарт / Angelina, standard	3,44	7,91	5,78	36,9	36,3	1,74	5,68
Московская 39 / Moskovskaya 39	2,43	8,15	5,35	42,6	35,0	1,61	5,29
Галатея / Galatea	3,78	9,78	6,44	28,2	37,4	1,81	6,78

Именно максимально высокий и стабильный урожай могут иметь сорта с высоким потенциалом продуктивности, отличающиеся адаптивностью и устойчивостью к абиотическим и биотическим стрессам. Поэтому дальнейшее успешное возделывание данной культуры неразрывно связано с внедрением новых устойчивых сортов [14, 15, 16].

В последние годы, в связи со сложными экономическими условиями, на первое место при оценке эффективности использования сортов выходит окупаемость затрат на их возделывание [17]. Расчет экономической эффективности, исходя из рыночной стоимости

продукции, производственных затрат и урожайности, представленный в таблице 3, показал, что при возделывании нового сорта Галатея получен наибольший условно чистый доход – 58780 руб/га. Рентабельность возделывания сорта Галатея выше сорта-стандарта Ангелина на 18,3 %, востребованного сорта Московская 39 – на 34,1 %.

Сорт озимой мягкой пшеницы Галатея включён в Госреестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Центральному (3) региону с 2021 года. Рекомендован для возделывания в Брянской, Московской и Рязанской областях. Получен патент № 11638.

²Характеристики сортов растений, впервые включённых в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.gossortrf.ru/sorts/8262701> (дата обращения 20.10.2021).

Таблица 3 – Экономическая эффективность внедрения в производство сорта озимой мягкой пшеницы Галатея /

Table 3 – Economic efficiency of the introduction of the winter soft wheat variety Galatea into production /

<i>Показатель / Indicator</i>	<i>Ангелина, стандарт / Angelina, standard</i>	<i>Московская 39 / Moskovskaya 39</i>	<i>Галатея / Galatea</i>
Урожайность, т/га / Yield, t/ha	5,78	5,35	6,44
Прибавка урожайности, т/га / Yield increase, t/ha	-	-	0,66*/1,09**
Средняя цена зерна, руб/т / Average grain price, rub/t	14000	14000	14000
Стоимость продукции, руб/га / Cost of production, rub/ha	80920	74900	90160
Производственные затраты, руб/га / Production costs, rub/ha	30082	29581	31380
Себестоимость зерна, руб/т / Cost of grain, rub/t	5204	5529	4873
Уровень снижения себестоимости, % / The level of cost reduction, %	-	-	6,4*/11,9**
Условно чистый доход, руб/га / Conditional net income, rub/ha	50839	45319	58780
Уровень рентабельности, % / Profitability level, %	169,0	153,2	187,3

* В сравнении с сортом-стандартом Ангелина / In comparison with the Angelina standard variety.

** В сравнении с сортом Московская 39 / In comparison with the Moskovskaya 39 variety.

Заключение. Результатом целенаправленной селекционной работы Института семеноводства и технологий (филиал ФГБНУ ФНАЦ ВИМ) является новый адаптированный, пластичный высокоурожайный сорт озимой мягкой пшеницы Галатея с комплексом

хозяйственно полезных признаков и свойств, который при внедрении в производство позволит обеспечить население региона отечественной продукцией, существенно увеличить и стабилизировать валовые сборы зерна в Центральном регионе России.

Список литературы

1. Лобунский М. С., Соловьева А. А. Роль России на рынке зерновых в регионе большого Средиземноморья. Финансовые рынки и банки. 2021;(6):81-84. Режим доступа: http://finmarketbank.ru/archive/?ELEMENT_ID=30751
2. Сандухадзе Б. И. Развитие и результаты селекции озимой пшеницы в центре Нечерноземья. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(9):15-18. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27174692>
3. Косенко С. В. Хозяйственно-биологическая оценка линий озимой мягкой пшеницы в конкурсном сортоиспытании. Таврический вестник аграрной науки. 2019;(2(18)):53-59. DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2019-2-18-53-59>
4. Гладышева О. В. Современные сорта пшеницы озимой и яровой в Рязанской области: продуктивность и качество зерна. Аграрная наука. 2018;(4):35-37. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34855838>
5. Павлова О. В., Марченкова Л. А., Чавдарь Р. Ф., Орлова Т. Г., Савоськина О. А. Оценка сортов зерновых культур по показателям качества семян и стрессоустойчивости. Владимирский земледелец. 2021;(2):52-57. DOI: <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-2-52-57>
6. Сандухадзе Б. И., Мамедов Р. З., Крахмалёва М. С., Бугрова В. В. Урожайность сортов озимой мягкой пшеницы, элементы её структуры и адаптивные свойства в условиях Нечерноземной зоны. Зернобобовые и крупяные культуры. 2021;(3(39)):17-22. DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-17-22>
7. Левакова О. В., Барковская Т. А., Банникова М. И. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Фелиция. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2020;(3):43-46. DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/43-46>
8. Маслова Г. Я., Абдряев М. Р., Шарапов И. И., Шарапова Ю. А. Новый сорт озимой мягкой пшеницы Поволжская нива. Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019;(10-1(37)):150-152. DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-11625>
9. Игольникова Л. В., Питоня А. А. Новые сорта озимой пшеницы Еланская и Памяти Пожилова. Научно-агрономический журнал. 2020;(1 (108)):26-30. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2020.108.1.005.26-30>

10. Диордиева И. П., Рябовол Я. С., Кочмарский В. С., Рябовол Л. О. О результатах селекции пшеницы спельта (*Triticum spelta* L.) на продуктивность и качество зерна. *Сельскохозяйственная биология*. 2020;(3):552-563. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.3.552rus>
11. Ковтун В. И., Ковтун Л. Н., Сухарева А. А., Шарафутдинова А. Р. Новый урожайный, качественный, с высокой устойчивостью к полеганию и болезням сорт универсального типа пшеницы мягкой озимой Форпост. *Вестник КрасГАУ*. 2019;(4(145)):24-29. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38510361>
12. Гриб С. И. Стратегия и приоритеты селекции полевых культур в Беларуси. Оптимизация селекционного процесса – фактор стабилизации и роста продукции растениеводства Сибири ОСП-2019: мат-лы Междунар. научн. конф., провед. в рамках 46-го заседания Объедин. научн. и проблемного совета по растениеводству, селекции, биотехнологии и семеноводству ОУС СО РАН по с.-х. наукам, посвящ. 90-летию акад. РАН П. Л. Гончарова. Красноярск: Изд-во ИФ ФИЦ КНЦ СО РАН, 2019. С. 23-28. Режим доступа: <https://ksc.krasn.ru/upload/medialibrary/0b9/0b94c6cee3826ba952f4edfd6be23c98.pdf>
13. Беспалова Л. А., Трубилин А. И., Драгавцев В. А., Макрушин Н. М., Клиценко О. А., Корниенко А. В., Малько А. М., Волощенко В. С., Ажгалиев Т. Б., Бейня В. А. Современное состояние и пути повышения конкурентоспособности отечественной селекции и семеноводства. *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2015;(3 (54)):99-102. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24832223>
14. Морозов Н. А., Иванов В. В., Самсонов И. В. Корона – новый адаптивный сорт озимой мягкой пшеницы для Северо-Кавказского региона. *Зерновое хозяйство России*. 2020;(4(70)):56-60. DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-70-4-56-60>
15. Левакова О. В. Изучение исходного материала ярового ячменя в целях использования его в селекционном процессе для центрального региона РФ. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2018;(2(26)):61-65. DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10018>
16. Павлов М. И., Оразаева И. В., Муравьев А. А. Оценка адаптивных и продуктивных характеристик перспективных линий озимой мягкой пшеницы. *Успехи современного естествознания*. 2018;(1):43-48. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32400712>
17. Романенко А. А., Беспалова Л. А., Котляров Д. А. Экономическая эффективность производства зерна на основании новых сортов озимой пшеницы селекции КНИИСХ им. П. П. Лукьяненко. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(3):15-18. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25910511>

References

1. Lobunsky M. S., Soloveva A. A. *Rol' Rossii na rynke zernovykh v regione bol'shogo Sredizemnomor'ya*. [Russia's role in the grain market in the region of greater Mediterranean]. *Finansovye rynki i banki = Financial Markets and Banks*. 2021;(6):81-84. (In Russ.). URL: http://finmarketbank.ru/archive/?ELEMENT_ID=30751
2. Sandukhadze B. I. *Razvitiye i rezul'taty seleksii ozimoy pshenitsy v tsentre Nechernozem'ya*. [Development and results of breeding of winter wheat in the center of the Nonblack earth belt]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(9):15-18. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27174692>
3. Kosenko S. V. *Khozyaystvenno-biologicheskaya otsenka liniy ozimoy myagkoy pshenitsy v konkursnom sor-toispytanii*. [Economic and biological assessment of winter soft wheat lines in competitive variety testing]. *Tavricheskiy vestnik agrarnoy nauki = Taurida herald of the agrarian sciences*. 2019;(2(18)):53-59. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2019-2-18-53-59>
4. Gladysheva O. V. *Sovremennyye sorta pshenitsy ozimoy i yarovoy v Ryazanskoj oblasti: produktivnost' i kachestvo zerna*. [Modern varieties of winter and spring wheat in the Ryazan region, productivity and quality of grain]. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2018;(4):35-37. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=34855838>
5. Pavlova O. V., Marchenkova L. A., Chavdar' R. F., Orlova T. G., Savoskina O. A. *Otsenka sortov zernovykh kul'tur po pokazatelyam kachestva semyan i stressoustoychivosti*. [Assessment of grain crops on seed quality and resistance to unfavourable conditions]. *Vladimirskiy zemledelets = Vladimir agriculturist*. 2021;(2):52-57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2021-2-52-57>
6. Sandukhadze B. I., Mamedov R. Z., Krakhmaleva M. S., Bugrova V. V. *Urozhaynost' sortov ozimoy myagkoy pshenitsy, elementy ee struktury i adaptivnye svoystva v usloviyakh Nechernozemnoy zony*. [Yield of winter soft wheat varieties, elements of its structure and adaptive properties in the conditions of the Nechernozem zone]. *Zernobobovyye i krupnyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2021;(3(39)):17-22. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24412/2309-348X-2021-3-17-22>
7. Levakova O. V., Barkovskaya T. A., Bannikova M. I. *Novyy sort ozimoy myagkoy pshenitsy Felitsiya*. [New variety of soft winter wheat is Felicia]. *Vestnik rossiyskoy sel'skokhozyaystvennoy nauki = Vestnik of the Russian agricultural science*. 2020;(3):43-46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30850/vrsn/2020/3/43-46>
8. Maslova G. Ya., Abdryaev M. R., Sharapov I. I., Sharapova Yu. A. *Novyy sort ozimoy myagkoy pshenitsy Povolzhskaya niva*. [A new variety of winter soft wheat Povolzhskaya Niva]. *Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk = International Journal of Humanities and Natural Sciences*. 2019;(10-1(37)):150-152. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2500-1000-2019-11625>
9. Igolnikova L. V., Pitonya A. A. *Novyye sorta ozimoy pshenitsy Elanskaya i Pamyati Pozhilova*. [“Elanskaya” and “Pamyati Pozhilova” new winter wheat varieties]. *Nauchno-agronomicheskyy zhurnal = Scientific Agronomy Journal*. 2020;(1 (108)):26-30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2020.108.1.005.26-30>

10. Diordieva I. P., Ryabovol Ya. S., Kochmarskiy V. S., Ryabovol L. O. *O rezul'tatakh seleksii pshenitsy spel'ta (Triticum spelta L.) na produktivnost' i kachestvo zerna*. [Breeding of spelt wheat (*Triticum spelta* L.) on productivity and grain quality]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2020;(3):552-563. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.3.552rus>

11. Kovtun V. I., Kovtun L. N., Sukhareva A. A., Sharafutdinova A. R. *Novyy urozhaynyy, kachestvennyy, s vysokoy ustoychivost'yu k poleganiyu i bolezyam sort universal'nogo tipa pshenitsy myagkoy ozimoy Forpost*. [New productive, qualitative, with high resistance to lodging and diseases Forpost soft winter wheat variety of universal type]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2019;(4(145)):24-29. (In Russ.).

URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38510361>

12. Grib S. I. *Strategiya i prioritety seleksii polevykh kul'tur v Belarusi*. [Strategy and priorities of field crops breeding in Belarus]. *Optimizatsiya selektsionnogo protsessa – faktor stabilizatsii i rosta produktii rastenievodstva Sibiri OSP-2019: mat-ly Mezhdunar. nauchn. konf., proved. v ramkakh 46-go zasedaniya Ob"edin. nauchn. i problemnogo soveta po rastenievodstvu, seleksii, biotekhnologii i semenovodstvu OUS SO RAN po s.-kh. naukam, posvyashch. 90-letiyu akad. RAN P. L. Goncharova* [Optimization of the breeding process is a factor of stabilization and growth of crop production in Siberia OSP-2019: Proceedings of the International Scientific Conference, conducted within the framework of the 46th meeting of the United Scientific and the Problematic Council for Plant Growing, Breeding, Biotechnology and Seed Production of the OUS SB RAS on agricultural sciences and dedicated to the 90th anniversary of the academician of RAS P. L. Goncharov]. Krasnoyarsk: *Izd-vo IF FITs KNTs SO RAN*, 2019. pp. 23-28.

URL: <https://ksc.krasn.ru/upload/medialibrary/0b9/0b94c6cee3826ba952f4edfd6be23c98.pdf>

13. Bespalova L. A., Trubilin A. I., Dragavtsev V. A., Makrushin N. M., Klitsenko O. A., Kornienko A. V., Mal'ko A. M., Voloshchenko V. S., Azhgaliev T. B., Beynia V. A. *Sovremennoe sostoyanie i puti povysheniya konkurentosposobnosti otechestvennoy seleksii i semenovodstva*. [Modern state and ways of improving the competitiveness of domestic breeding and seed production]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015;(3 (54)):99-102. (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24832223>

14. Morozov N. A., Ivanov V. V., Samsonov I. V. *Korona – novyy adaptivnyy sort ozimoy myagkoy pshenitsy dlya Severo-Kavkazskogo regiona*. [“Korona” is the new adaptable winter bread wheat variety for the North-Caucasus region]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2020;(4(70)):56-60. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.31367/2079-8725-2020-70-4-56-60>

15. Levakova O. V. *Izuchenie iskhodnogo materiala yarovogo yachmenya v tselyakh ispol'zovaniya ego v selektsionnom protsesse dlya tsentral'nogo regiona RF*. [Study of the spring barley source material for use in the selection process for the central region of the Russian Federation]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Groat Crops*. 2018;(2(26)):61-65. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/2309-348X-2018-10018>

16. Pavlov M. I., Orazaeva I. V., Murav'ev A. A. *Otsenka adaptivnykh i produktivnykh kharakteristik perspektivnykh liniy ozimoy myagkoy pshenitsy*. [Evaluation of adaptive and productive characteristics of perspective lines of winter soft wheat]. *Uspekhi sovremennoy estestvoznaniya*. 2018;(1):43-48. (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32400712>

17. Romanenko A. A., Bespalova L. A., Kotlyarov D. A. *Ekonomicheskaya effektivnost' proizvodstva zerna na osnovanii novykh sortov ozimoy pshenitsy seleksii KNIISKh im. P. P. Luk'yanenko*. [Economic efficiency of grain production on the basis of new varieties of winter wheat of breeding of P. P. Lukianenko Krasnodar research institute of agriculture]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(3):15-18. (In Russ.).

URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25910511>

Сведения об авторах

✉ **Ольга Викторовна Левакова**, кандидат с.-х. наук, зав. отделом селекции и первичного семеноводства, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая, д. 1, с. Подвязье, Рязанский район, Рязанская область, Российская Федерация, 390502,

e-mail: podvyaze@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5400-669X>, e-mail: levakova.olga@bk.ru

Маргарита Игоревна Костаньянц, младший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства, Институт семеноводства и агротехнологий – филиал ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», ул. Парковая, д. 1, с. Подвязье, Рязанский район, Рязанская область, Российская Федерация, 390502,

e-mail: podvyaze@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7012-6595>

Information about the authors

✉ **Olga V. Levakova**, PhD in Agricultural Science, Head of the Department of Breeding and Primary Seed Production, Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Parkovaya str., 1, Podvyaze village, Ryazan district, Ryazan region, Russian Federation, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5400-669X>, e-mail: levakova.olga@bk.ru

Margarita I. Kostanyants, junior researcher, the Department of Breeding and Primary Seed Production, Institute of Seed Production and Agrotechnologies – branch of the "Federal Scientific Agroengineering Center VIM", Parkovaya str., 1, Podvyaze village, Ryazan district, Ryazan region, Russian Federation, 390502, e-mail: podvyaze@bk.ru,

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7012-6595>

✉ – Для контактов / Corresponding author



Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири

© 2022. В. Н. Пакуль ✉

Кемеровский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, г. Кемерово, Российская Федерация

Цель исследований – изучить изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири и выявить перспективные источники для использования в процессе селекции. Исследования проводили в 2018-2021 гг. Объекты исследований – 60 образцов яровой мягкой пшеницы различного происхождения (Россия, Казахстан, Украина, Китай) из коллекций Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова и Кемеровского НИИСХ. Изучение проводили в коллекционном питомнике, сорт-стандарт ОмГАУ 90. Выявлен 21 образец яровой мягкой пшеницы с вегетационным периодом 80-85 дней. По урожайности выделены образцы: ПМ-83-17 (КП-072, Кемерово, РФ) – 236,0 г/м², Лютеценс 5-17 (КП-073, Кемерово, РФ) – 240,0 г/м², Омская 35 (к-64459, Омск, РФ) – 246 г/м², Сибирский Альянс (к-65242, Барнаул, Кемерово, РФ) – 252 г/м², Лютеценс 105/4 (КП-071, Кемерово, РФ) – 294 г/м², Экада 70 (к-64547, Ульяновск, РФ) – 310 г/м² (стандарт ОмГАУ 90 – 173 г/м²) при НСР₀₅ = 40,2 г/м². Наименьшую вариабельность урожайности имел образец Экада 70 – 19,8 %. Выявлена наиболее тесная сопряжённость между урожайностью и числом зёрен в колосе ($r = 0,3702$), массой 1000 зёрен ($r = 0,3769$) (порог достоверности $R = 0,3323$). Масса зерна с колоса в значительной мере определяется массой 1000 зёрен ($r = 0,9879$). Наибольшую ценность для селекционной работы имели образцы российского происхождения, выделившиеся по комплексу признаков – Сибирский Альянс, Лютеценс 105/4, Экада 70.

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

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук (тема № 0533-2021-0006).

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

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Пакуль В. Н. Изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):44-53. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>

Поступила: 28.10.2021

Принята к публикации: 03.02.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia

© 2022. Vera N. Pakul ✉

Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Kemerovo, Russian Federation

The purpose of the research is to study the variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia and to identify promising sources for use in the breeding process. Studies were carried out in 2018-2021. The objects of the research were 60 samples of spring soft wheat of various origin (Russia, Kazakhstan, Ukraine, China) from the collections of the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources and Kemerovo Research Institute of Agriculture. Twenty-one samples of spring soft wheat with the growing period of 80-85 days have been identified. According to productivity the following samples have been selected: PM-83-17 (KP-072, Kemerovo, Russian Federation) – 236.0 g/m², Lyutescents 5-17 (KP-073, Kemerovo, Russian Federation) – 240.0 g/m², Omskaya 35 (k-64459, Omsk, Russian Federation) – 246 g/m², Siberian Alliance (k-65242, Barnaul, Kemerovo, Russian Federation) – 252 g/m², Lyutescents 105/4 (KP-071, Kemerovo, Russian Federation) – 294 g/m², Ekada 70 (k-64547, Ulyanovsk, Russian Federation) – 310 g/m² (OMGAU 90 standard – 173 g/m²). The Ekada 70 sample had the lowest yield variability, 19.8 %. The closest conjugation between the yield and the number of grains in the ear was revealed ($r = 0.3702$), the mass of 1000 grains ($r = 0.3769$) (confidence threshold $R = 0.3323$). The mass of grain per ear is largely determined by the mass of 1000 grains ($r = 0.9879$). The most valuable for breeding work are samples of Russian origin distinguished by a complex of traits: Siberian Alliance, Lyutescents 105/4, Ekada 70.

Keywords: elements of productivity, yield, number of grains per ear, mass of 1000 grains, mass of grain in the ear

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 Siberian Federal Scientific Center of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences (theme No. 0533-2021-0006).

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

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

For citations: Pakul V. N. Variability and relationships of agronomic traits of spring soft wheat in the conditions of the northern forest-steppe of Western Siberia. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):44-53. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.44-53>

Received: 28.10.2021

Accepted for publication: 03.02.2022

Published online: 25.02.2022

Сорта – основа производства любой растениеводческой продукции. Новые сорта должны иметь высокую урожайность и экологическую устойчивость к стрессам, отзывчивость на фон минерального питания, возможность адаптироваться к новым ресурсосберегающим технологиям [1, 2].

Одним из основных способов создания сортов сельскохозяйственных культур до сих пор остается гибридизация с последующим отбором рекомбинантных генотипов с яркой выраженностью комплекса селекционно-ценных признаков. При создании новых сортов, адаптированных для Западной Сибири, используются образцы с высокой продуктивностью, качеством продукции и устойчивостью к стрессовым факторам из коллекции Всероссийского института растениеводства (ВИР) [3].

При оценке исходного материала значительное внимание уделяется урожайности, так как этот показатель является интегральным и характеризует продуктивность растений в конкретных условиях. Урожайность формируется из элементов продуктивности, которые определяют её потенциальные возможности, позволяют установить закономерности ее формирования. Определение вклада в урожайность отдельных элементов ее структуры имеет практическое значение в селекционных программах, так как они являются основными хозяйственно ценными признаками [4, 5].

При высокой выраженности хозяйственно ценных признаков исходный материал наиболее адаптирован к конкретным почвенно-климатическим условиям, что способствует созданию сортов с требуемыми параметрами [6, 7, 8].

Задача подбора исходного материала всегда была одной из центральных в селекции сельскохозяйственных культур. Успех в селекции зависит от наличия коллекционного материала с соответствующими ценными количественными признаками, что способствует расширению генетической основы создаваемых сортов. Генотипическое различие

сортов и изменение условий внешней среды оказывает значительное влияние на проявление количественных признаков в конкретных почвенно-климатических условиях [9, 10, 11].

В Западной Сибири из зерновых яровых культур яровая пшеница имеет наибольшее распространение [12]. В связи с этим исследования, направленные на изучение и подбор источников по селекционным ценным признакам яровой мягкой пшеницы, являются актуальными.

Цель исследований – изучить изменчивость и связи хозяйственно ценных признаков яровой мягкой пшеницы в условиях северной лесостепи Западной Сибири и выявить перспективные источники для использования в процессе селекции.

Новизна исследований – установлены взаимосвязи между хозяйственно ценными признаками яровой мягкой пшеницы, их изменчивость, выделены перспективные источники для создания новых высокопродуктивных сортов в условиях северной лесостепи Западной Сибири.

Материал и методы. Исследования проводили в 2018-2021 гг. в лаборатории селекции и агротехники полевых культур Кемеровского НИИСХ – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук. Объектами исследований являлись 60 образцов яровой мягкой пшеницы коллекции ВИР и Биоресурсной коллекции сельскохозяйственных растений Кемеровского НИИСХ – филиала СФНЦА РАН (ЦКП БРК). Образцы изучали в коллекционном питомнике в условиях северной лесостепи Западной Сибири. Посев проводили в одном повторении (1-й этап испытания), учетная площадь делянки 1 м², норма высева (оптимальная для яровой мягкой пшеницы в зоне возделывания) – 600 шт/м². Срок посева 30 апреля-3 мая, уборка вручную в фазу полной спелости образцов яровой мягкой пшеницы (10-16 августа). Закладку питомника, учёт урожая проводили в соответствии с мето-

дикой¹, фенологические наблюдения за ростом и развитием яровой мягкой пшеницы – по методикам М. А. Федина, Ю. А. Роговского, Л. В. Исаева². Полученные данные обрабатывали методами вариационного, корреляционного, дисперсионного анализов по методике Б. А. Доспехова с помощью компьютерных программ О. Д. Сорокина³.

Условия влагообеспеченности оценивали гидротермическим коэффициентом (ГТК)⁴. Май 2018 г. характеризовался пониженными температурами на фоне значительного количества осадков – 186 % от нормы.

Высокая влагообеспеченность присутствовала в первую половину вегетации яровой мягкой пшеницы, до периода налива зерна – ГТК = 1,92-2,41. В период созревания яровой мягкой пшеницы количество осадков значительно уменьшилось (ГТК = 0,42) при среднесуточных температурах на уровне среднеголетних показателей. Наиболее благоприятные условия в период вегетации для яровой мягкой пшеницы сложились в 2019 г. со среднесуточными температурами и количеством осадков на уровне среднеголетних показателей. ГТК в период «всходы-полное кущение» – 1,37, в период «кущение-колошение» – 1,12, в период «налива зерна» – 1,23. В период «посев-всходы» в 2020 г. отмечено переувлажнение (ГТК = 1,5) с превышением среднесуточных температур на 4 °С. От периода закладки генеративных органов до фазы «колошение» количество осадков значительно уменьшилось (33,0 % от нормы) (ГТК = 0,46). Налив зерна проходил при значительном количестве осадков ливневого характера (ГТК = 2,44).

Урожайность яровой пшеницы в значительной степени определяется гидротермическим режимом в первый период вегетации. В 2021 г. условия в первый период вегетации характеризовались понижением среднесуточной температуры в июне, значительным количеством осадков с периода кущения до колошения. Период созревания проходил при оптимальных условиях.

Результаты и обсуждение. Оценка источников по урожайности определяет способность генотипа формировать продуктивность и её элементы в условиях, для которых создаётся сорт [13].

¹Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. Л., 1973. 16 с.

²Федин М. А., Роговский Ю. А., Исаева Л. В. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: методические указания. М., 1985. 270 с.

³Сорокин О. Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: ГУП РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

⁴Агроклиматические ресурсы Кемеровской области. Л.: Гидрометеоздат, 1973. С.21.

В коллекционном питомнике из 60 образцов яровой мягкой пшеницы выделен 21 с вегетационным периодом 80-85 дней. Средняя урожайность за годы испытания варьировала от 143 до 310 г/м² (табл. 1).

Достоверное превышение урожайности к сорту-стандарту ОмГАУ-90 (РФ, Омск) имели образцы: ПМ-83-17 (КП-072, РФ, Кемерово) – 63,0 г/м², Лютесценс 5-17 (КП-073, РФ, Кемерово) – 67,0 г/м², Омская 35 (к-64459, РФ, Омск) – 73,0 г/м², Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) – 79 г/м², Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово) – 121 г/м², Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновск) – 137 г/м² (НСР₀₅ = 40,2 г/м²). Из выделившихся по урожайности образцов наименьшую изменчивость признака имели: Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновск), CV = 19,8 %; Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово), CV = 26,4 %; Лютесценс 5-17 (КП-073, РФ, Кемерово), CV = 31,5 %. Максимальная урожайность за годы исследований отмечена у образца ПМ-83-17 (КП-072, РФ, Кемерово) – 411 г/м² при значительной вариабельности по годам (CV = 64,2 %).

Отмечено два образца, имеющих урожайность на уровне стандарта, формирование которой происходит наиболее стабильно по годам – Биора (к-64358, РФ, Москва) – 199 г/м² (CV = 13,8 %), Карабалыкская 98 (к-64702, Казахстан) – 192,0 г/м² (CV = 20,3 %).

По результатам дисперсионного анализа доля влияния фактора «среда» составила 55,5 %, фактора «генотип» – 5,8 %.

К определяющим признакам в формировании продуктивности яровой мягкой пшеницы относятся масса 1000 зёрен и число зёрен в колосе [14]. Масса 1000 зёрен – один из признаков, по которому сорта имеют достоверные и стабильные отличия в разных условиях возделывания [15].

Отмечено значительное влияние условий года при формировании массы зерновки – 67,8 %. Наиболее крупное зерно в коллекционном питомнике яровой мягкой пшеницы сформировали образцы: Витка (к-64558, Украина) – 36,7 г; Биора (к-64358, РФ, Москва) – 37,3 г; Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) – 37,7 г; Экада 70 (к-64547, РФ, Ульяновск) – 38,0 г; Алтайская 70 (КП-076, РФ, Барнаул) – 38,1 г; Long-94-4081 (к-64395, Китай) – 38,8 г (табл. 2).

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

Таблица 1 – Вариабельность урожайности яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /
Table 1 – Variability in the yield of spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			средняя урожайность, г/м ² / average yield, g/m ²	размер варьирования (min-max), г / size of variability (min-max), g	CV, %
5447	ОмГАУ-90, ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	173	112-213	31,0
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	172	109-210	31,9
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	252	160-394	49,8
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	177	80-305	65,3
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11 / PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	188	84-319	63,9
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	143	116-188	27,4
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	199	171-226	13,8
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	205	119-275	38,7
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	294	230-380	26,4
64702	Карабалыкская 98 / Karabalykская 98	Казахстан / Kazakhstan	192	149-225	20,3
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	236	145-411	64,2
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	240	170-320	31,5
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	170	89-294	63,7
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	190	54-277	62,8
64372	Удача / Udacha	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	143	90-234	55,1
64395	Long-94-4081	Китай / China	203	96-399	83,5
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ Омск / Russian Federation, Omsk	246	131-350	44,7
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	310	240-354	19,8
64558	Вітка	Украина / Ukraine	204	35-325	74,0
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	178	99-242	40,8
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	158	69-289	73,3
Среднее по опыту / Average by the experiment			203	-	-
НСР ₀₅ / LSD ₀₅			40,2	-	-

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

Таблица 2 – Изменчивость признака «масса 1000 зёрен» у яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /
Table 2 – The variability of the trait “the mass of 1000 grains” in spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			средняя масса 1000 зёрен, г / average weight of 1000 grains, g	размер варьирования (min-max), г / size of variability (min-max), g	CV, %
65447	ОмГАУ-90, ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	31,5	28,8-33,6	7,77
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	38,1	29,7-46,9	22,6
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	37,7	30,0-41,6	17,7
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,2	31,4-39,6	11,8
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11 / PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,3	31,0-43,0	16,8
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,5	33,4-39,8	8,78
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	37,3	31,0-43,2	16,4
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	33,0	29,5-37,6	12,6
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	34,6	30,5-38,0	11,0
64702	Карабалыкская 98 / Karabalykская 98	Казахстан / Kazakhstan	34,2	24,8-38,9	23,7
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,4	31,6-40,1	11,9
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	33,6	30,0-38,6	13,3
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	33,8	31,6-37,8	10,3
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	35,3	25,6-40,4	23,9
64372	Удача / Udacha	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	34,1	28,0-37,8	15,6
64395	Long-94-4081	Китай / China	38,8	33,9-42,5	11,4
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	34,9	30,3-40,8	15,4
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	38,0	31,0-45,6	19,3
64558	Вітка	Украина / Ukraine	36,7	29,6-43,0	18,4
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	35,6	31,3-39,0	11,1
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	35,4	31,3-38,8	10,7
Среднее по опыту / Average by the experiment			35,6	-	-
НСР ₀₅ / LSD ₀₅			5,18	-	-

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

Таблица 3 – Изменчивость признака «количество зёрен в колосе» у яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /
Table 3 – The variability of the trait “the number of grains per ear” in spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			среднее количе- ство зёрен в колосе, шт. / average number of grains per ear, pcs.	размер варьиро- вания (min-max), шт. / size of varia- bility (min-max), pcs	CV, %
65447	ОмГАУ-90, ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	31,5	25,8-34,6	15,8
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	30,9	26,9-36,1	15,3
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	35,7	29,8-38,7	14,2
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	36,3	31,6-42,4	15,2
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11/ PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	40,9	37,1-44,4	8,95
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	34,1	28,9-42,3	21,0
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	37,9	32,0-41,7	13,7
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	37,7	34,2-41,6	9,84
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	38,2	34,6-40,5	8,27
64702	Карабалыкская 98 / Karabalykskaya 98	Казахстан / Kazakhstan	37,1	35,9-38,9	4,28
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	34,5	29,1-40,0	15,8
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	31,6	28,5-37,2	15,5
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ Омск / Russian Federation, Omsk	34,4	33,7-35,4	2,64
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	34,2	29,4-39,5	14,8
64372	Удача / Uдача	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	27,7	27,5-28,0	0,91
64395	Long-94-4081	Китай / China	30,4	26,1-32,9	12,3
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	37,3	36,1-38,0	2,80
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	31,0	29,6-32,4	4,52
64558	Вітка	Украина / Ukraine	36,2	31,7-41,6	13,8
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	34,6	32,0-36,1	6,60
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	27,6	26,5-29,7	6,49
Среднее по опыту / Average by the experiment			34,3	-	-
НСР ₀₅ / LSD ₀₅			6,45	-	-

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

Таблица 4 – Изменчивость признака «продуктивность колоса» у яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /
Table 4 – The variability of the trait “the productivity of the ear” in spring soft wheat (2018-2021)

№ образца	Название / Title	Происхождение / Origin	Параметр признака / Parameter of the trait		
			средняя продуктивность, г / average productivity, g	размер варьирования (min-max), г / size of variability (min-max), g	CV, %
65447	ОмГАУ-90 ст. / OmGAU-90, st.	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	0,99	0,82-1,16	17,2
КП-076 / КР-076	Алтайская 70 / Altajskaya 70.	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	1,20	0,80-1,69	37,5
65242	Сибирский Альянс / Siberian Alliance	РФ, Барнаул, Кемерово / Russian Federation, Barnaul, Kemerovo	1,37	0,89-1,61	30,2
КП-078 / КР-078	ПМ-82 / PM-82	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,32	1,09-1,68	23,9
КП-079 / КР-079	ПМ-80-11 / PM-80-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,47	1,28-1,59	11,4
КП-080 / КР-080	ПМ-81-11 / PM-81-11	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,26	1,04-1,68	29,2
64358	Биора / Biora	РФ, Москва / Russian Federation, Moscow	1,43	0,99-1,80	28,6
КП-089 / КР-089	Лютесценс 6-17 / Lyutescens 6-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,25	1,09-1,56	21,5
КП-071 / КР-071	Лютесценс 105/4 / Lyutescens 105/4	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,33	1,05-1,54	18,9
64702	Карабалькская 98 / Karabalykская 98	Казахстан / Kazakhstan	1,27	0,90-1,51	25,5
КП-072 / КР-072	ПМ-83-17 / PM-83-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,25	1,09-1,50	17,3
КП-073 / КР-073	Лютесценс 5-17 / Lyutescens 5-17	РФ, Кемерово / Russian Federation, Kemerovo	1,06	0,87-1,20	16,0
64118	Омская 24 / Omskaya 24	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	1,16	1,07-1,34	13,2
64365	СКЭНТ-1 / SKENT-1	РФ, Тюмень / Russian Federation, Tyumen	1,23	0,75-1,58	35,0
64372	Удача / Udacha	РФ, Новосибирск / Russian Federation, Novosibirsk	0,94	0,78-1,05	15,2
64395	Long-94-4081	Китай / China	1,18	1,04-1,40	16,6
64459	Омская 35 / Omskaya 35	РФ Омск / Russian Federation, Omsk	1,30	1,09-1,54	17,3
64547	Экада 70 / Ekada 70	РФ, Ульяновск / Russian Federation, Ulyanovsk	1,18	0,96-1,48	22,8
64558	Вітка	Украина / Ukraine	1,35	0,94-1,79	31,5
64661	Алтайская 100 / Altajskaya 100	РФ, Барнаул / Russian Federation, Barnaul	1,24	1,00-1,40	17,1
64667	Омская 36 / Omskaya 36	РФ, Омск / Russian Federation, Omsk	0,98	0,83-1,07	13,2
Среднее по опыту / Average by the experiment			1,23	-	-
НСР ₀₅ / LSD ₀₅			0,34	-	-

Изменчивость признака «масса 1000 зёрен» у выделившихся образцов составила от 11,4 до 22,6 %, наименьшую вариабельность имеет образец Long-94-4083 (к-64395, Китай).

По признаку «количество зёрен в колосе» выделено три образца, имеющих показатели, достоверно превышающие стандарт: Биора (к-64358, РФ, Москва) – 37,9 шт.; Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово) – 38,2 шт.; ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово) – 40,9 шт.; сорт-стандарт ОмГАУ-90 – 31,5 шт. (табл. 3).

Изменчивость признака «количество зёрен в колосе» по коллекционному питомнику яровой мягкой пшеницы не превышает 15,8 %, у образцов с наибольшей озернёностью колоса (Биора, Лютесценс 105/4, ПМ-80-11) вариабельность составила 8,27-13,7 %. Установлено значительное влияние генотипа в формировании количества зёрен в колосе – 30,7 %, условия среды – 6,0 %.

Высокая озернёность колоса у образцов Биора (к-64358, РФ, Москва) и ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово) определили максимальную продуктивность колоса по питомнику – 1,43 и 1,47 г соответственно (табл. 4).

Фактор «год» внёс значительное влияние в изменчивость продуктивности колоса – 46,3 %, доля влияния генотипа составила 6,6 %. При достаточной влагообеспеченности в период налива зерна продуктивность колоса яровой мягкой пшеницы возрастает.

Максимальные показатели по признаку «масса зерна с колоса» при среднем показателе по питомнику 1,41 г получены в 2020 г. у образцов: ПМ-83-17 (КП-072, РФ, Кемерово)

– 1,50 г; Биора (к-64358, РФ, Москва) – 1,51 г; Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово), Омская 35 (к-64459, РФ, Омск) – 1,54 г; Лютесценс 6-17 (КП-089, РФ, Кемерово) – 1,56 г; ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово) – 1,59 г; Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) – 1,61 г; ПМ-81-11 (КП-080, РФ, Кемерово) – 1,68 г; Алтайская 70 (КП-076, РФ, Барнаул) – 1,69 г; Vitka (к-64558, Украина) – 1,79 г.

Наиболее стабильную продуктивность колоса в среднем за годы исследований (2018-2021 гг.) сформировал образец ПМ-80-11 (КП-079, РФ, Кемерово): изменчивость признака составила 11,4 %, при продуктивности 1,47 г. Сорта Биора (к-64358, РФ, Москва) и Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово) при продуктивности колоса 1,37 г имели высокую вариабельность признака – 28,6 и 30,2 % соответственно.

В 2018 году максимально высокую массу зерна с колоса имел сорт Биора (к-64358, РФ Москва) – 1,80 г, при среднем показателе по питомнику 1,28 г.

Проведение корреляционного анализа позволило выявить взаимосвязи между урожайностью яровой мягкой пшеницы и хозяйственно ценными признаками: «число зёрен в колосе», «масса 1000 зёрен», «масса зерна с колоса».

Выявлена наиболее тесная сопряжённость между массой зерна с единицы площади и числом зёрен в колосе ($r = 0,3702$), массой 1000 зёрен ($r = 0,3769$) (порог достоверности $R = 0,3323$, $n = 21$) (табл. 5).

Таблица 5 – Коэффициенты корреляции (r) между урожайностью и морфометрическими показателями элементов продуктивности яровой мягкой пшеницы (2018-2021 гг.) /

Table 5 – Correlation coefficients (r) between the yield and morphometric indices of spring soft wheat productivity elements (2018-2021)

<i>Признак / Trait</i>	<i>Масса зерна с единицы площади, г/м² / Grain mass per unit area, g/m²</i>	<i>Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in the ear, pcs.</i>	<i>Масса 1000 зерен, г / Mass of 1000 grains, g</i>	<i>Масса зерна с колоса, г / Mass of grain in the ear, g</i>
Масса зерна с единицы площади, г/м ² / Grain mass per unit area, g/m ²	1,000	0,3702*	0,3769*	0,2899
Число зерен в колосе, шт. / Number of grains in the ear, pcs.,	0,3702*	1,000	-0,9856*	0,9967*
Масса 1000 зерен, г / Mass of 1000 grains, g	0,3769*	-0,9856*	1,000	0,9879*
Масса зерна с колоса, г / Mass of grain in the ear, g	0,2899	0,9967*	0,9879*	1,000

* Здесь и далее по тексту: выше порога достоверности, r на уровне 5 % / Hereinafter, above the confidence threshold, r at 5 % level

Присутствует положительная взаимосвязь между урожайностью и массой зерна с колоса ($r = 0,2899$). Масса зерна с колоса в значительной мере определяется массой 1000 зёрен ($r = 0,9879$).

Заключение. В результате проведённых исследований у образцов яровой мягкой пшеницы выявлены изменчивость признаков «урожайность», «масса 1000 зёрен», «количество зёрен в колосе», «продуктивность колоса»

и корреляционные взаимосвязи между ними. Выделены источники по комплексу хозяйственно ценных признаков для дальнейшего использования в селекционном процессе при создании новых высокоадаптивных сортов яровой мягкой пшеницы для условий Западной Сибири: Сибирский Альянс (к-65242, РФ, Барнаул, Кемерово); Лютесценс 105/4 (КП-071, РФ, Кемерово); Экада 70 (к-64547, РФ Ульяновск).

Список литературы

1. Mergoum M., Singh P. K., Anderson J. A., Peca R. J., Singh R. P., Xu S. S., Ransom J. K. Springwheat breeding. In: Cereals. Handbook of Plant Breeding. M. Carena (ed.). Springer, NY. 2009. Vol. 3. pp. 127-156. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_3
2. Сыздыкова Г. Т., Середя С. Г., Малицкая Н. В. Подбор сортов яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) по адаптивности к условиям степной зоны Акмолинской области Казахстана. Сельскохозяйственная биология. 2018;53(1):103-110. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.103rus>
3. Лихенко И. Е., Артёмов Г. В., Степочкин П. И., Согник А. Я., Гринберг Е. Г. Генофонд и селекция сельскохозяйственных растений. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014;(5):35-41. Режим доступа: <https://sibvest.elpub.ru/jour/article/view/110/111>
4. Шаманин В. П., Петуховский С. Л., Краснова Ю. С. Кластерный анализ сортов мягкой яровой пшеницы по элементам структуры урожая в южной лесостепи Западной Сибири. Вестник КрасГАУ. 2016;(4):147-152. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25828451>
5. Захарова Н. Н., Захаров Н. Г., Остин В. Н. Элементы продуктивности главного колоса озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Среднего Поволжья. Аграрный научный журнал. 2019;(4):10-15. DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp10-15>
6. Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F. C., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Baum M. Wheat. In: Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement. Elsevier Inc. 2016;(2):81-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2>
7. Wessels E., Botes W. C. Accelerating resistance breeding in wheat by integrating marker-assisted selection and doubled haploid technology. S. Afr. J. Plant Soil. 2014;31(1):35-43. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.903434>
8. Randhawa H. S., Graf R. J., Pozniak C., Clarke J. M., Asif M., Hucl P., Spaner D., Fox S. L., Humphreys D. G., Knox R. E., Depauw R. M., Singh A. K., Cuthbert R. D. Application of molecular markers to wheat breeding in Canada. Plant Breed. 2013;132(5):458-471. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12057>
9. Friedrich C., Longin H., Reif J. C. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources. Trends Plant Sci. 2014;19(10):631-636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.012>
10. Addison Ch. K., Mason R. E., Brown-Guedira G., Guedira M., Hao Yu., Miller R. G., Subramanian N., Lozada D. N., Acuna A., Arguello M. N., Johnson J. W., Sutton A. M., Harrison S. A. QTL and major genes influencing grain yield potential in soft red winter wheat adapted to the southern United States. Euphytica. 2016;(209):665-677. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1650-1>
11. Хотылёва Л. В., Кильчевский А. В., Шаптуренко М. Н. Теоретические аспекты гетерозиса. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(4):482-492. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ16.174>
12. Новохатин В. В. Обоснование генетического потенциала у интенсивных сортов мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.). Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):627-635. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.627rus>
13. 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>
14. Афонников Д. А., Генаев М. А., Дорошков А. В., Комышев Е. Г., Пшеничникова Т. А. Методы высокопроизводительного фенотипирования растений для массовых селекционно-генетических экспериментов. Генетика. 2016;52(7):788-803. DOI: <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>
15. Лепехов С. Б. Некоторые принципы селекции яровой мягкой пшеницы на засухоустойчивость и урожайность в Алтайском крае. Барнаул: ФГБНУ Алтайский НИИСХ, 2015. 149 с. Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008276816>

References

1. Mergoum M., Singh P. K., Anderson J. A., Peca R. J., Singh R. P., Xu S. S., Ransom J. K. Springwheat breeding. In: Cereals. Handbook of Plant Breeding. M. Carena (ed.). Springer, NY. 2009. Vol. 3. pp. 127-156. DOI: https://doi.org/10.1007/978-0-387-72297-9_3
2. Syzdykova G. T., Sereda S. G., Malitskaya N. V. *Podbor sortov yarovoy myagkoy pshenitsy (Triticum aestivum L.) po adaptivnosti k usloviyam stepnoy zony Akmolinskoy oblasti Kazakhstana.* [Selection of spring soft wheat (*Triticum*

aestivum L.) varieties for the adaptability in the conditions of steppe zone of the Akmolinsk region, Kazakhstan]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2018;53(1):103-110. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2018.1.103rus>

3. Likhenko I. E., Artemova G. V., Stepochkin P. I., Sotnik A. Ya., Grinberg E. G. *Genofond i selektsiya sel'skokhozyaystvennykh rasteniy*. [Gene pool and breeding of agricultural plants]. *Sibirskiy vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2014;(5):35-41. (In Russ.).

URL: <https://sibvest.elpub.ru/jour/article/view/110/111>

4. Shamanin V. P., Petukhovskiy S. L., Krasnova Yu. S. *Klasternyy analiz sortov myagkoy yarovoy pshenitsy po elementam struktury urozhaya v yuzhnoy lesostepi Zapadnoy Sibiri*. [The cluster analysis of grades of the soft spring-sown wheat on elements of the crop structure in the southern forest-steppe of Western Siberia]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(4):147-152. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25828451>

5. Zakharova N. N., Zakharov N. G., Ostin V. N. *Elementy produktivnosti glavnogo kolosa ozimoy myagkoy pshe-nitsy v usloviyakh lesostepi Srednego Povolzh'ya*. [The productivity elements of the main ear of soft winter wheat in the conditions of the forest-steppe of the middle Volga region]. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*. 2019;(4):10-15. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.28983/asj.y2019i4pp10-15>

6. Tadesse W., Amri A., Ogbonnaya F. C., Sanchez-Garcia M., Sohail Q., Baum M. Wheat. In: *Genetic and Genomic Resources for Grain Cereals Improvement*. Elsevier Inc. 2016;(2):81-124.

DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802000-5.00002-2>

7. Wessels E., Botes W. C. Accelerating resistance breeding in wheat byintegrating marker-assisted selection and doubled haploid technology. *S. Afr. J. Plant Soil*. 2014;31(1):35-43. DOI: <https://doi.org/10.1080/02571862.2014.903434>

8. Randhawa H. S., Graf R. J., Pozniak C., Clarke J. M., Asif M., Hucl P., Spaner D., Fox S. L., Humphreys D. G., Knox R. E., Depauw R. M., Singh A. K., Cuthbert R. D. Application of molecular markers towheat breeding in Canada. *Plant Breed*. 2013;132(5):458-471. DOI: <https://doi.org/10.1111/pbr.12057>

9. Friedrich C., Longin H., Reif J. C. Redesigning the exploitation of wheat genetic resources. *Trends Plant Sci*. 2014;19(10):631-636. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2014.06.012>

10. Addison Ch. K., Mason R. E., Brown-Guedira G., Guedira M., Hao Yu., Miller R. G., Subramanian N., Lozada D. N., Acuna A., Arguello M. N., Johnson J. W., Sutton A. M., Harrison S. A. QTL and major genes influencing grain yield potential in soft red winter wheat adapted to the southern United States. *Euphytica*. 2016;(209):665-677. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10681-016-1650-1>

11. Khotyleva L. V., Kilchevskiy A. V., Shapturenko M. N. *Teoreticheskie aspekty geterozisa*. [Theoretical aspects of heterosis]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2016;20(4):482-492. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ16.174>

12. Novokhatin V. V. *Obosnovanie geneticheskogo potentsiala u intensivnykh sortov myagkoy pshenitsy (Triticum aestivum L.)*. [The theoretical justification of intensive genetic potential of the varieties of soft wheat]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2016;51(5):627-635. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.627rus>

13. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. *Iskhodnyy material dlya selektsii 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 selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(7):784-794. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>

14. Afonnikov D. A., Genaev M. A., Doroshkov A. V., Komyshev E. G., Pshenichnikova T. A. *Metody vysokoproizvoditel'nogo fenotipirovaniya rasteniy dlya massovykh selektsionno-geneticheskikh eksperimentov*. [Methods of high-throughput plant phenotyping for large-scale breeding and genetic experiments]. *Genetika = Russian Journal of Genetics*. 2016;52(7):788-803. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S001667581607002X>

15. Lepekhov S. B. *Nekotorye printsipy selektsii yarovoy myagkoy pshenitsy na zasukhoustoychivost' i urozhaynost' v Altayskom krae*. [Some principles of spring soft wheat breeding for drought resistance and yield in the Altai Territory]. Barnaul: *FGBNU Altayskiy NIISKh*, 2015. 149 p. URL: <https://search.rsl.ru/ru/record/01008276816>

Сведения об авторе

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

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0681-6273>, e-mail: vpakyl@mail.ru

Information about the author

✉ Vera N. Pakul, DSc in Agricultural Science, Deputy Director for Scientific Work, Kemerovo Research Institute of Agriculture – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Tsentralnaya street, 47, s. Novostroika, Kemerovo district, Kemerovo region, Russian Federation, 650510, e-mail: kemniish@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0681-6273>, e-mail: vpakyl@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Оценка коллекционных образцов льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Запада Российской Федерации

© 2022. А. Д. Степин , М. Н. Рысев, Т. А. Рысева, Т. Д. Лисицкая
ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», г. Тверь,
Российская Федерация

Исследования по оценке 20 сортообразцов льна-долгунца отечественной и иностранной селекции по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности проведены в 2018-2020 годах в условиях Псковской области на дерново-слабоподзолистой легкосуглинистой почве. В качестве стандарта использовали сорт Добрыня (Россия), урожайность которого в зависимости от года испытаний составила 215...273 г/м². Наиболее благоприятные условия для льна-долгунца сложились в 2018 году ($I_j = +24,3$), а стрессовые, обусловленные жаркой и сухой погодой в критический период роста и развития растений (ГТК = 0,83), в 2020 году ($I_j = -30,8$). Самой высокой средней урожайностью волокна за годы испытаний (259...275 г/м²) и урожайностью в контрастных условиях (254...279 г/м²), при среднесортовой 232 и 230 г/м² соответственно, характеризовались образцы из Китая V 51267, 97192-79, у 7S12-13, Yuan 2009, M0269-1, wsh2-5-4. Наименьшей вариабельностью урожая (7,0...10,8 %) отличались сортообразцы Hon Jku 350, Honkei 28 (Япония), L-1 Согласие x Альфа (Россия), V 51267 (Китай). Эти же образцы выделены и более высокой стрессоустойчивостью. По гомеостатичности (H_{om}) отмечены Hon Jku 350 (Япония), L-1 Согласие x Альфа (Россия), V 51267 (Китай): 106,9; 98,9 и 52,1 соответственно. Высокоотзывчивыми на условия возделывания ($b_i > 1$) являлись образцы 97192-79 (1,93), 97192-79-8 (1,88) из Китая и L-3 Оршанский-2 x Тверца (1,74), Надежда (1,56) из России; пластичными – Heiya 8 (1,06), 92199-6-5 (1,08) (Китай) и ст. Добрыня (1,01) (Россия), слабоотзывчивыми ($b_i < 1$) – L-1 Согласие x Альфа (Россия), Hon Jku 350, Honkei 28 (Япония). Лучшими по стабильности (Gd^2) были образцы Heiya 8 (13) – Китай; L-3 Оршанский-2 x Тверца (26), L-1 Согласие x Альфа (179), L-2 Восход x Зарянка (182) – Россия; Hon Jku 350 (186) – Япония. По урожайности льноволокна и комплексу параметров адаптивности на основании ранжирования выделены сортообразцы L-1 Согласие x Альфа (Россия), V 51267, wsh2-5-4, 97192-79 (Китай), обладающие наибольшим адаптивным потенциалом. Их можно использовать в качестве источников адаптивности при создании новых сортов льна-долгунца.

Ключевые слова: *Linum usitatissimum* L., сортообразец, урожайность, пластичность, стабильность, адаптивность, стрессоустойчивость

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № 0682-2019-0007).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Степин А. Д., Рысев М. Н., Рысева Т. А., Лисицкая Т. Д. Оценка коллекционных образцов льна-долгунца по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Запада Российской Федерации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):54-68. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.54-68>

Поступила: 27.08.2021

Принята к публикации: 28.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Evaluation of collection accessions of fiber flax according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of North-West of the Russian Federation

© 2022. Aleksander D. Stepin , Michail N. Rysev, Tamara A. Ryseva, Tatyana D. Lisitskaya
Federal Research Center for Bast Fiber Crops, Tver, Russian Federation

Studies on the evaluation of 20 accessions of fiber flax of domestic and foreign selection according to flax fiber yield and adaptability parameters were conducted in 2018-2020 in the conditions of the Pskov region on sod-weakly podzolic light loamy soil. The Dobrynya variety (Russia), the yield of which depending on the year of testing was 215...273 g/m², was used as standard. The most favorable conditions for fiber flax were in 2018 ($I_j = +24.3$), and stressful conditions caused by hot and dry weather during the critical period of plant growth and development (GTK = 0.83) – in 2020 ($I_j = -30.8$). The samples from China V 51267, 97192-79, у 7S12-13, Yuan 2009, M0269-1, wsh2-5-4 were characterized by the highest average fiber yield over the years of testing (259...275 g/m²) and yield under contrasting conditions (254...279 g/m²), with an average varietal of 232 and 230 g/m², respectively. The varieties Hon Jku 350, Honkei 28 (Japan), L-1 Soglasie x Alfa (Russia), V 51267 (China) showed the lowest yield variability (7.0...10.8 %). The same samples were distinguished by higher stress resistance. According to homeostaticity (H_{om}), Hon Jku 350 (Japan), L-1 Soglasie x Alfa (Russia), V 51267 (China) were distinguished: 106.9; 98.9 and 52.1, respectively. Highly responsive to growth conditions ($b_i > 1$) were samples 97192-79 (1.93), 97192-79-8 (1.88) from China and L-3 Orshansky-2 x Tvertsa (1.74), Nadezhda (1.56) from Russia; plastic - Heiya 8 (1.06), 92199-6-5 (1.08) (China) and st. Dobrynya (1.01)

(Russia), weakly responsive ($b_i < 1$) -L-1 Soglasie x Alfa (Russia), Hon Jku 350, Honkei 28 (Japan). The best in stability (Gd2) samples were Heiya 8 (13) – China; L-3 Orshansky-2 x Tvertsa (26), L-1 Soglasie x Alfa (179), L-2 Voskhod x Zaryanka (182) - Russia; Hon Jku 350 (186) – Japan. According to the yield of flax fiber and the complex of adaptability parameters, based on the ranking, the cultivars L-1 Soglasie x Alfa (Russia), V 51267, wsh2-5-4, 97192-79 (China) with the greatest adaptive potential were identified. They can be used as sources of adaptability when creating new varieties of flax.

Keywords: *Linum usitatissimum* L., accession, yield, plasticity, stability, adaptability, stress resistance

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (theme No. 0682-2019-0007).

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

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

For citation: Stepin A. D., Rysev M. N., Ryseva T. A., Lisitskaya T. D. Evaluation of collection accessions of fiber flax according to flax fiber yield and adaptability parameters in the conditions of North-West of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):54-68. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.54-68>

Received: 27.08.2021

Accepted for publication: 28.01.2022

Published online: 25.02.2022

Сорт является основой производства растениеводческой продукции. Его доля в приросте урожайности сельскохозяйственных культур составляет от 30 до 80 % и предполагается, что роль данного фактора в дальнейшем будет возрастать [1, 2, 3, 4]. По этой причине повышение результативности селекционного процесса всегда было и остается актуальной задачей в повышении эффективности сельскохозяйственного производства. Селекция льна-долгунца в направлении повышения продуктивности достигла значительных успехов. Многие современные сорта имеют потенциальную урожайность льноволокна 20...25 ц/га и льносемян 10...12 ц/га, однако в производственных условиях их биологический потенциал реализуется не более чем на 45 %, что в значительной степени связано с влиянием неблагоприятных факторов внешней среды [5]. По мнению А. А. Жученко [6], действие стрессовых факторов – главная причина не только большого несоответствия между средней и рекордной урожайностью сельскохозяйственных культур, но и высокой зависимости величины и качества урожая от капризов погоды в условиях достаточной техногенной обеспеченности агроэкосистем.

Северо-Западный регион РФ относится к зоне рискованного земледелия и характеризуется большим разнообразием почвенно-климатических условий. В последние годы здесь значительно увеличилась частота периодов резких и экстремальных условий погоды. Во время вегетации все чаще стали наблюдаться небывалая жара и засуха, сильный перепад температур, большая неравномерность в выпадении осадков, ливневые дожди и шквалистые ветры, что отрицательно сказывается на урожайности и качестве льнопродукции [7]. Урожайность льноволокна сильно варьирует

по годам. Так, в селекционном сортоиспытании урожайность льноволокна за период 2005-2020 годы у стандартного раннеспелого сорта Восход варьировала в пределах 7,6...29,2 ц/га. Эти колебания были вызваны только погодными условиями, так как агротехника возделывания и почвенные условия были одинаковыми.

Академик А. А. Жученко отмечал, что решающее значение в долговременной перспективе приобретает как дальнейший рост потенциальной продуктивности сортов, так и их экологическая устойчивость к нерегулируемым факторам, причем в неблагоприятных почвенно-климатических и погодных условиях рост величины и качества урожая, в первую очередь, будет зависеть от успехов в повышении устойчивости сортов и гибридов к действию биотических и абиотических стрессоров [1].

Это направление в селекции сельскохозяйственных культур относится к приоритетным в XXI веке [8]. При селекции на адаптивность важно получить генотипы, сочетающие высокую потенциальную продуктивность с экологической стабильностью и пластичностью, устойчивостью к лимитирующим факторам среды [5, 9, 10, 11, 12]. При равной урожайности преимущество следует отдавать сортам с максимальной экологической приспособленностью [10, 13].

Решение этой задачи во многом зависит от ценности исходного материала. Чем разнообразнее исходные родительские формы по своим признакам, географическому происхождению, тем шире возможности отбора нужных форм из гибридного материала [7, 14, 15]. Для генетического обогащения исходного материала необходимо интенсивнее использовать образцы из мировой коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский

центр Всероссийский институт генетический ресурсов растений имени Н. В. Вавилова» (ВИР), имеющие отдаленное эколого-географическое происхождение и обладающие, как правило, наибольшими генотипическими отличиями от местных сортов [16]. При отборе пар для скрещиваний необходимо использовать в качестве родительских форм сорта, хорошо адаптированные к конкретным условиям выращивания [17, 18]. Это позволит ускорить селекционный процесс и повысит его результативность.

Многочисленные исследования по оценке адаптивного потенциала исходного материала с использованием различных методов ведутся по многим сельскохозяйственным культурам: озимой пшенице и ржи [19, 20]; ячменю [21, 22]; яровой пшенице [13, 23]; овсу [24]; картофелю [25]; сахарной свекле [26]; клеверу [27]. В то же время на льне-долгунце таких работ проводится крайне мало [11, 14, 17, 18, 28], что указывает на актуальность исследований в данном направлении.

Цель исследований – изучение различных генотипов льна-долгунца из мировой коллекции ВИР по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности в условиях Северо-Западного региона РФ.

Новизна исследований заключается в изучении новых селекционных образцов льна-долгунца для выявления высокопродуктивных генотипов, устойчивых к неблагоприятным факторам среды, использование которых в качестве исходного материала обеспечит создание сортов льна-долгунца с широким адаптивным потенциалом.

Материал и методы. Исследования проводили на опытном поле Псковского НИИСХ – обособленного подразделения ФГБНУ ФНЦ лубяных культур в течение 2018-2020 года. Объектом изучения являлись 20 образцов и сортов льна-долгунца из коллекции ВИР. Среди них 4 образца из России: К-8661 (Л-1 Согласие х Альфа), К-8680 (Л-2 Восход х Зарянка), К-8681 (Л-3 Оршанский-2 х Тверца), К-8777 (Надежда); 13 образцов из Китая: К-8651 (V 51267), К-8751 (M 0226-1), К-8754 (Heiya 8), К-8757(92199-6-5), К-8759 (97192-79-8), К-8760 (97192-79), К-8794 (V 51004), К-8795 (y 7S12-13), К-8796 (H6i120), К-8797

(Vuan 2009-82), К-8874 (M0269-1), К-8877 (M0329-10), К-8880 (wsh2-5-4); 1 образец из Польши – К-8772 (SJK 186); 2 образца из Японии: К-8782 (Honkei 28), К-8783 (Hon Jku 350). В качестве стандарта использовали районированный в регионе ранне-спелый сорт Добрыня селекции института.

Почва опытного участка – дерново-слабо-подзолистая, легкосуглинистая на карбонатной морене со следующими агрохимическими показателями: $pH_{\text{сол.}}$ – 5,0...5,2, содержание подвижного фосфора (P_2O_5) – 140...270 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O) – 89...167 мг/кг почвы, гумуса – 2,3...2,6 %. Предшественник – многолетние травы. Система обработки почвы включала следующие агротехнические приемы: обработка поля от сорняков гербицидом сплошного действия «Торнадо-500» с нормой расхода 1,5 л/га; зяблевая вспашка; ранневесеннее боронование; предпосевная культивация с одновременным боронованием в 2 следа; прикатывание. Под предпосевную культивацию вносили азофоску (16:16:16) – 1,5 ц/га.

Закладку опытов, учеты и наблюдения проводили в соответствии с методическими указаниями¹. Посев коллекционного питомника осуществляли вручную. Образцы высевали рядовым способом с междурядьями 10 см. Площадь делянки 1 м², повторность 3-кратная. Норма высева – 8 г/м². Через каждые 6 делянок высевался стандарт.

Урожай убирали вручную. В лабораторных условиях проводили учет урожая соломы и семян, содержание волокна в соломе определяли методом тепловой мочки.

В процессе статистической обработки данных по урожайности оценивали следующие показатели: коэффициент вариации (CV , %); долю влияния сорта и абиотических условий на формирование урожайности льноволокна и дисперсионный анализ по Б. А. Доспехову²; индекс условий среды (I_j); коэффициент регрессии (b_i); стабильность сорта в различных условиях среды (Gd^2) определяли по методике S. A. Eberhart, W. A. Russell [29]; показатель стрессоустойчивости ($Y_{\min} - Y_{\max}$) и генетической гибкости ($(Y_{\max} + Y_{\min}) / 2$) по уравнениям А. А. Росиелле, J. Hamblin [30] в изложении А. А. Гончаренко³; параметры

¹Методические указания ВИР по изучению коллекции льна-долгунца. Л.: ВИР, 1988. 29 с.; Селекция и первичное семеноводство льна-долгунца: методические указания. Тверь: Тверской гос. ун-т, 2014. 140 с.

²Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

³Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник РАСХН. 2005;(6):49-53.

гомеостатичности (H_{om}) – по В. В. Хангильдину⁴; коэффициент адаптивности (КА) – по методу Л. А. Животкова⁵.

Метеорологические условия 2018-2020 гг. существенно различались по температурному режиму и количеству выпавших осадков, варьирующими в течение вегетационных периодов. Это позволило более полно проанализировать коллекцию льна-долгунца, выявить генотипические особенности изучаемых образцов в различных условиях среды и отобрать лучшие из них по продуктивности и устойчивости к неблагоприятным факторам.

Период вегетации (май-август) 2018 года характеризовался повышенным температурным фоном и недостаточным количеством выпавших осадков. Среднесуточные температуры воздуха по месяцам превышали средне-многолетние данные на 0,5...3,6 %, количество осадков составило 209 мм при норме – 317 мм, или 65,9 %. К тому же они носили неравномерный характер. Гидротермический коэффициент по Селянинову, который является интегральным показателем оценки влагообеспеченности растений, в целом за вегетационный период составил 0,95 при оптимуме 1,3...1,6⁶, что характеризует его как слабо засушливый. Такие метеоусловия ускорили созревание льна-долгунца и негативно отразились на урожайности льносемян. В то же время на урожайности волокнистой продукции это не сказалось, так как в период быстрого роста льна растения недостатка влаги не ощущали.

Погодные условия вегетационного периода 2019 года были относительно благоприятными для роста и развития льна-долгунца. Среднесуточная температура воздуха в целом за вегетационный период составила 16,1 °С, сумма осадков – 282 мм, ГТК по Селянинову – 1,53. Эти показатели были на уровне средне-многолетних – соответственно 16,0 °С, 318 мм, 1,5 и в период вегетации существенно варьировали. Среднемесячная температура воздуха в мае была на уровне среднемноголетней (+12,3 °С), а количество осадков – на 30,9 мм (50 %) больше нормы. Условия для появления всходов и начала вегетации сложились вполне удовлетворительными.

Июнь был жарким и сухим. Среднесуточная температура воздуха была на 3,3 °С выше средней многолетней, осадков выпало всего 22 мм, или 23,9 % от нормы. Гидротермический коэффициент за июнь составил всего 0,38, что характеризует этот период как сильно засушливый. Однако это не оказало заметного отрицательного влияния на рост и развитие льна-долгунца, так как выпавшие в конце мая значительные осадки создали достаточные запасы влаги в почве. В первой декаде июля выпало 56,9 мм осадков, что восстановило запасы влаги в почве. Июль был холодным и дождливым. Среднесуточная температура воздуха (16 °С) была на 1,9 °С ниже среднего многолетнего значения, а осадков выпало 133 % от нормы. Первая декада августа также была прохладной. Среднесуточная температура воздуха составила 14,6 °С, что на 3,7 °С ниже нормы, 2 и 3 декады августа в этом отношении были близки к норме. Осадков за месяц выпало 65 мм при норме 94 мм. Создавшиеся условия задерживали развитие и созревание растений, однако отрицательного влияния на формирование урожая льнопродукции не оказали.

Погодные условия вегетационного периода 2020 года складывались не вполне благоприятно для роста и развития льна-долгунца. Среднесуточная температура воздуха в целом за вегетационный период была на уровне среднемноголетней – 15,9 °С, сумма осадков составила 201,9 мм – 63 % от нормы, гидротермический коэффициент по Селянинову – 1,03.

В мае среднесуточная температура (10,1 °С) воздуха была на 2,1 °С ниже среднемноголетней, а осадков выпало 62 % от нормы (ГТК = 1,45). Особенно неблагоприятной отмечена погода во 2 декаде, когда среднесуточная температура воздуха была на уровне 6,5 °С и выпала большая часть месячных осадков (82 %). Условия увлажнения были избыточными (ГТК = 5,81). Все это затрудняло проведение весенне-полевых работ и отрицательно влияло на первоначальное развитие растений. Всходы появились лишь на 14 день после посева.

⁴Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Проблема гомеостаза в генетико-селекционных исследованиях. Генетико-цитологические аспекты селекции сельскохозяйственных растений: сб. науч. тр. ВАСХНИЛ, Всесоюз. селекц.-генет. ин-т. Одесса: ВСГИ, 1984. С. 67-76. URL: <https://search.rsl.ru/record/010012270211>

⁵Животков Л. А., Морозова З. А., Сечатыева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю «Урожайность». Селекция и семеноводство. 1994;(2):3-6. URL: <https://istina.msu.ru/publications/>

⁶Справочник льновода. М.: Россельхозиздат, 1969. 215 с.

Июнь был жарким и сухим. Среднесуточная температура воздуха была на 3,5 °С выше среднемноголетней, а осадков выпало 43,5 мм, или 50 % от нормы. ГТК составил 0,74, что характеризует этот период как сильно засушливый, особенно засушливыми были 2 и 3 декады (ГТК равен соответственно 0,44...0,19). Такая же погода наблюдалась и в течение 1-2 декад июля (ГТК = 0,34...0,33). Сложившиеся в июне-начале июля метеоусловия совпали с периодом быстрого роста льна-долгунца, что отрицательно сказалось на высоте растений и в конечном счете на урожайности льнопродукции. Среднемесячная температура августа была на уровне среднемноголетней – 16,9 °С, осадков выпало 50 мм – 53 % от нормы. Условия для формирования и созревания семян, уборки урожая были благоприятными.

Результаты и их обсуждение. Результаты двухфакторного дисперсионного анализа показали, что в формировании урожайности льноволокна более значимую роль играет генотип, доля влияния которого составила 67,2 %. Фактор «год» только на 26,7 % определял урожайность льноволокна, а их взаимодействие – на 5,4 %. Влияние последних также, как и генотипа, было достоверным.

Метеорологические условия в годы проведения исследований существенно различались. Для их оценки использовали индексы условий среды – I_j , которые могут принимать положительные или отрицательные значения. Оптимальные условия для роста и развития растений льна-долгунца складываются при положительном значении условий среды, худшие при отрицательном. Из анализа индексов условий среды следует (табл. 1), что наиболее благоприятными для формирования урожайности льноволокна были условия в 2018 году ($I_j = +24,3$), в 2019 году они были менее благоприятными ($I_j = +6,5$), а в 2020 году – крайне неблагоприятными ($I_j = -30,8$). Резкие различия в характере метеоусловий способствовали значительной вариабельности урожайности льноволокна как отдельных сортов и линий, так и среднесортовой урожайности, что связано с их недостаточной экологической устойчивостью. Наибольшая средняя сортовая урожайность льноволокна у испытываемых селекционных образцов (257 г/м²) была получена в 2018 году при положительном индексе среды (+24,3), а наименьшая (202 г/м²) – в 2020 году при отрицательном индексе среды

(-30,8). В 2019 году она составила 239 г/м² при индексе среды +6,5. Урожайность льноволокна сортообразцов за годы исследований (2018-2020 гг.) варьировала от 122 до 319 г/м² (образцы Honkei 28 – Vuan 2009-82 соответственно), а по средним данным от 131 до 275 г/м² (образцы Honkei 28 – V 51267). В благоприятном по погодным условиям 2018 году по урожайности льноволокна существенно превзошли среднесортовой показатель (257 г/м²) на 8,9...24,1 % генотипы из Китая: 97192-79-8, 97192-79, V 51004, H61120, Vuan 2009-82, M0269-1, M0329-10, wsh2-5-4. В неблагоприятный по индексу условий среды 2020 год по урожайности льноволокна выделились сорта и линии: Л-1 Согласие х Альфа (Россия); V 51267, у 7S12-13, Vuan 2009-82, M0329-10, wsh2-5-4 (Китай), превысившие среднесортовой показатель по урожайности льноволокна (202 г/м²) на 9,9...36,1 %.

При этом следует отметить, что образцы Vuan 2009-82, M0329-10, wsh2-5-4 одновременно проявили высокий потенциал продуктивности и адаптивности в контрастных условиях. Наиболее высокой средней урожайностью волокна за 2018-2020 годы характеризовались сортономера из Китая V 51267 (275 г/м²), 97192-79 (264 г/м²), у 7S12-13 (271 г/м²), Vuan 2009-82 (266 г/м²), M 0269-1 (259 г/м²), wsh2-5-4 (264 г/м²), превысившие стандарт Добрыня (241 г/м²) на 9,5...14,1 %. При этом у образца wsh2-5-4 во все годы исследований прибавки урожая были достоверными, а у остальных сортономеров – в два года из трех.

Изучаемые сорта и линии не в полной мере реализовали свой высокий потенциал урожайности. Его реализация в среднем по опыту составила 87,4 %, а в разрезе образцов она варьировала от 82,6 до 92,8 %. Лучшими по данному показателю отмечены образцы Л-1 Согласие х Альфа (Россия) и Hon Jku 350 (Китай) – 92,5 и 92,8 % соответственно. В то же время сортообразцы V 51267, у 7S12-13 и Vuan 2009-82 (Китай) с наибольшими средней (275-271-266 г/м²) и максимальной (306-306-319 г/м²) урожайностью волокна реализовали свой потенциал только на 89,9-88,6-83,4 % соответственно. У стандартного сорта Добрыня реализация потенциальной урожайности льноволокна была на уровне 88,2 %.

Степень изменчивости урожайности льноволокна по годам находилась на слабом и среднем уровнях, коэффициент вариации

колебался от 7,0 до 21,5 %. По этому показателю наиболее стабильными были генотипы V 51267 (Китай), Л-1 Согласие х Альфа (Россия) и Нон Јку 350 (Япония) – CV = 7...10%.

Наибольшей вариабельностью по урожайности льноволокна характеризовались сортообразцы из Китая 97192-79-8 (21,5 %), 97192-79 (20,1 %) и Л-3 Оршанский-2 х Тверца (20,6 %) из России.

Таблица 1 – Оценка сортообразцов льна-долгунца по реализации потенциальной урожайности и коэффициенту адаптивности (2018-2020 гг.) /

Table 1 – Evaluation of fiber flax accessions according to the realization of potential yield and the coefficient of adaptability (2018-2020)

Сорт, линия / Variety, line	Урожайность льноволокна, г/м ² / Flax fiber yield, g/m ²				CV, %	КА / СА	Реализация потенциала урожая, % / Realization of the crop potential, %
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	среднее / average			
V 51267	267	253*	306*	275*	10,0	1,19	89,9
Л-1 Согласие х Альфа / Soglasie x Alfa	266	239	232*	246	7,3	1,06	92,5
Л-2 Восход х Зарянка / Voskhod x Zaryanka	252	211	176	213	17,9	0,92	84,5
Л-3 Оршанский-2 х Тверца / OrshanskiI-2 x Tvertsa	276	240	182	233	20,6	1,00	84,4
M 0226-1	276	268*	204	249	15,9	1,07	90,2
Heiya 8	227	213	171	204	14,3	0,88	89,9
92199-6-5	209	217	157	194	16,8	0,84	89,4
97192-79-8	280	265*	183	243	21,5	1,05	86,8
97192-79	304*	285*	204	264*	20,1	1,14	86,8
SJK 186	197	261*	198	219	16,7	0,94	83,9
Надежда / Nadezhda	264	281*	190	245	19,7	1,06	87,2
Honkei 28	123	147	122	131	10,8	0,57	89,1
Нон Јку 350	133	152	138	141	7,0	0,61	92,8
V 51004	287	241	208	245	16,2	1,06	85,3
y 7S12-13	271	306*	235*	271*	12,9	1,17	88,6
H6i120	281	219	196	232	18,9	1,00	82,6
Vuan 2009-82	319*	258*	222	266*	18,4	1,15	83,4
M0269-1	304*	254*	220	259*	16,3	1,12	85,2
M0329-10	281	215	244*	247	13,4	1,07	87,9
wsh2-5-4	302*	258*	233*	264*	13,2	1,14	87,4
Добрыня ст. / Dobrynya st.	273	236	215	241	12,2	1,04	88,2
Средняя сортовая урожайность / Average varietal yield	257	239	202	232	-	-	-
Индекс условий среды / Environment Index – I _j	+24,3	+6,5	-30,8	-	-	-	-
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	15	17	11	11	-	-	-

Примечание: КА – коэффициент адаптивности; * достоверно при 95 % уровне значимости /

Note: СА - coefficient of adaptability; * statistically significant at the level of 95 %

В неблагоприятных погодных условиях потенциальная продуктивность реализуется слабо, но может проявиться их адаптивность. Для оценки сортов по данному параметру использовали коэффициент адаптив-

ности (КА) по методу Л. А. Животкова⁷, который представляет собой сопоставление урожайности изучаемых сортов со «средне-сортовой» урожайностью.

⁷Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Указ. соч.

В наших исследованиях коэффициент адаптивности варьировал от 0,61 до 1,19. Высокая адаптивность и потенциальная продуктивность отмечены у сортономеров из Китая V 51267 (1,19), 97192-79 (1,14), у 7S12-13 (1,17), Vuan 2009-82 (1,15), wsh2-5-4 (1,14). Наиболее низкая адаптивность наблюдалась у образцов Honkei 28 (0,57), Hon Jku 350 (0,61), 92199-6-5 (0,84), Heiya 8 (0,88) из Китая, Л-2 Восход x Зарянка (0,92) из России и SJK 186 (0,94) из Польши.

Испытание сортов и линий в природно-климатических условиях Северо-Западного региона позволяет выделить из них те, которые способны проявлять к ним наибольшую степень адаптации и реализовывать свой высокий потенциал продуктивности. А разнообразные погодные условия дали возможность оценить реакции сортов на изменение факторов среды. В таблице 2 представлены основные статистические характеристики адаптивности сортономеров льна-долгунца.

Таблица 2 – Оценка сортообразцов льна-долгунца по параметрам адаптивности (2018-2020 гг.) / Table 2 – Evaluation of fiber flax accessions according to adaptability parameters (2018-2020)

Сорт, линия / Variety, line	Параметр адаптивности / Adaptability parameter					
	$Y_2 - Y_1$	$Y_1 + Y_2 / 2$	d	b_i	Gd^2	H_{om}
V 51267	-53	279	17,3	0,85	518	52,1
Л-1 Сogласие x Альфа / Soglasie x Alfa	-34	249	12,8	0,56	179	98,9
Л-2 Восход x Зарянка / Voskhod x Zaryanka	-76	214	30,2	1,35	182	15,7
Л-3 Оршанский-2 x Тверца / Orshanskij-2 x Tvertsa	-94	229	34,1	1,74	26	12,0
M 0226-1	-72	240	26,1	1,41	153	21,8
Heiya 8	-56	199	24,5	1,06	13	25,5
92199-6-5	-60	187	27,6	1,08	393	19,2
97192-79-8	-97	231	34,6	1,88	185	11,7
97192-79	-100	254	32,8	1,93	131	13,1
SJK 186	-64	229	24,5	0,25	1769	20,4
Надежда / Nadezhda	-91	235	32,4	1,56	1086	13,6
Honkei 28	-25	134	17,0	0,06	303	48,3
Hon Jku 350	-19	140	12,5	0,02	186	106,9
V 51004	-79	247	27,5	1,39	269	19,1
у 7S12-13	-71	270	23,2	0,87	1323	29,5
H6i120	-85	238	30,2	0,72	1544	14,4
Vuan 2009-82	-97	270	30,4	0,81	1619	14,9
M0269-1	-84	262	27,6	1,48	355	18,9
M0329-10	-66	248	23,5	0,46	1875	27,9
wsh2-5-4	-69	267	22,8	1,20	313	28,9
Добрыня ст. / Dobrynya st.	-58	244	21,2	1,01	195	34,1

Примечания: $Y_2 - Y_1$ – стрессоустойчивость, $Y_1 + Y_2 / 2$ – генетическая гибкость (по А. А. Rosielle, J. Hamblin [30]), d – размах урожайности, b_i – коэффициент линейной регрессии, Gd^2 – показатель стабильности (по S. A. Eberhart, W. A. Russell [29]) H_{om} – гомеостатичность (по В. В. Хангильдину⁸) /

Notes: $Y_2 - Y_1$ – stress resistance, $Y_1 + Y_2 / 2$ – genetic flexibility (according to A. A. Rosielle, J. Hamblin [30]), d – yield span, b_i – linear regression coefficient, Gd^2 – stability indicator (according to S. A. Eberhart, W. A. Russell [29]) H_{om} – homeostaticity (according to V. V. Hangildin⁸)

⁸Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Указ. соч.

Устойчивость к стрессу сортов и линий – важнейший показатель адаптивности и экологической пластичности, который определяется по разности между минимальной и максимальной урожайностью (Y_{\min} - Y_{\max}). Этот параметр имеет отрицательный знак, и чем меньше величина этого показателя, тем выше устойчивость генотипа к неблагоприятным факторам среды⁹. Наиболее высокую стрессоустойчивость проявили образцы Non Jku 350, Nonkei 28, V 51267 (Китай) и Л-1 Согласие x Альфа (Россия), значения которых варьировали от -19 до -53, что свидетельствует о широком диапазоне их приспособительных возможностей. Наименьшая устойчивость к стрессу (-94...-100) отмечена у линий Vuan 2009-82, 97192-79 (Китай) и Л-3 Оршанский-2 x Тверца (Россия). У остальных образцов величина этого показателя варьировала от -56 до -91. Средняя урожайность сорта в контрастных (благоприятных и неблагоприятных) условиях $(Y_1 + Y_2 / 2)$ характеризует его генетическую гибкость и компенсаторскую способность. Чем выше данный показатель, тем выше степень соответствия между потенциальными возможностями генотипа сорта и различными факторами среды. Наиболее высокую урожайность льноволокна в контрастных условиях обеспечили сортообразцы V 51267, Л-1 Согласие x Альфа, у 7S12-13, Vuan 2009-82, M0269-1, M0329-10, wsh2-5-40, превысившую среднесортную (232 г/м²) на 6,9...18,5 %.

Размах урожайности (d) показывает отношение разницы между максимальной и минимальной урожайностью сорта к максимальной, выраженное в процентах. Чем ниже показатель d, тем стабильнее урожайность сорта в данных условиях. Лучшими по этому показателю были линии V 51267 (17,3), Л-1 Согласие x Альфа (12,8), Nonkei 28 (17), Non Jku 350 (12,5), а худшими – Л-3 Оршанский-2 x Тверца (34,1), 97192-79-8 (34,6), 97192-79 (32,8), Надежда (32,4).

Важным этапом при определении адаптивных свойств сортообразцов является оценка их по пластичности, фенотипической стабильности и гомеостазу. Пластичность оценивали согласно модели S. A. Eberhart, W. A. Russell [29] по коэффициенту линейной регрессии (b_i), показывающему реакцию сортов на изменение условий выращивания. Как показали резуль-

таты наших исследований, наибольшей отзывчивостью ($b_i > 1$) на улучшение условий выращивания характеризовались образцы льна-долгунца 97192-79 (1,93), 97192-79-8 (1,88), Л-3 Оршанский-2 x Тверца (1,74), Надежда (1,56), M0269-1 (1-48), M 0226-1 (1,41), V 51004 (1,39). Подобная реакция на условия среды позволила им сформировать высокую среднюю урожайность. Эти сорта относятся к интенсивному типу и максимально реализуют свой генетический потенциал в благоприятных агрометеорологических условиях и при высоком уровне агротехники, но значительно снижают урожайность в неблагоприятных условиях выращивания, что способствует её значительной вариабельности. Коэффициенты вариации урожайности льна-долгунца у данных сортов одни из самых высоких.

У образцов Heiya 8, 92199-6-5, Добрыня коэффициент регрессии был близок или равен 1, что говорит о полном соответствии урожайности сортов изменению условий выращивания.

Сортообразцы Л-1 Согласие x Альфа, SJK 186, Nonkei 28, Non Jku 350, H6i120 имели значение $b_i < 1$, что свидетельствует об их слабой реакции на улучшение условий выращивания. Подобная реакция свойственна сортам экстенсивного и полуинтенсивного типов. Их следует использовать на экстенсивном фоне и в зонах с жестким характером агрометеорологических условий, где они могут дать максимальную урожайность (в пределах возможности сорта) при низких затратах. Данный набор сортов и перспективных линий может также служить в качестве исходного материала для создания биотипов разной степени интенсивности и экологической пластичности.

Большие различия у изучаемого набора сортов наблюдаются по показаниям стабильности урожайности (Gd^2). Чем меньше квадратичное отклонение фактических урожаев от теоретических (коэффициент стабильности), тем стабильнее сорт. В изучаемом наборе сортов (линий) наиболее стабильными по урожайности волокна являются образцы Heiya 8 (13), Л-3 Оршанский-2 x Тверца (26), Л-1 Согласие x Альфа (179), Л-2 Восход x Зарянка (182), Non Jku 350 (186). Самую низкую стабильность имели сорта и линии M0329-10 (1875), SJK 186 (1769), Vuan 2009-82 (1619), H6i120 (1544). Остальные сортообразцы по данному показателю имели промежуточное значение.

⁹Гончаренко А. А. Указ. соч.

Как следует из модели расчета S. A. Eberhart и W. A. Russell [29], наиболее ценны те сорта, у которых $b_i > 1$, а Gd^2 (коэффициент стабильности) стремится к нулю. Такие сорта относятся к высокоинтенсивным. Они отзывчивы на улучшение условий выращивания и характеризуются стабильной урожайностью. Сорта с высокими показателями $b_i > 1$ и Gd^2 менее ценны, так как их отзывчивость сочетается с низкой стабильностью. Те генотипы, у которых $b_i < 1$ и близкий к нулю показатель Gd^2 слабо реагируют на улучшение внешних условий, но имеют достаточно высокую стабильность урожайности.

Оценивая сортообразцы по показателям пластичности и стабильности, мы распределили их на 5 групп. В первую группу вошли линии, обладающие высокой пластичностью, высокой и средней стабильностью урожайности волокна: Л-3 Оршанский-2 x Тверца ($b_i = 1,74$; $Gd^2 = 26$); 97192-79-8 ($b_i = 1,88$; $Gd^2 = 185$); 97192-79 ($b_i = 1,93$; $Gd^2 = 131$); M0226-1 ($b_i = 1,41$; $Gd^2 = 153$); V 51004 ($b_i = 1,39$; $Gd^2 = 269$), M0269-1 ($b_i = 1,48$; $Gd^2 = 355$); wsh2-5-4 ($b_i = 1,20$; $Gd^2 = 313$); Надежда ($b_i = 1,56$; $Gd^2 = 1086$). Они характеризовались урожайностью волокна выше средней по опыту, а образцы 97192-79, M0269-1, wsh2-5-4 достоверно превышали стандарт Добрыня.

Во вторую группу вошли сорта с коэффициентом регрессии, близким или равным единице, высокой и средней стабильностью урожайности волокна: Неиуа 8 ($b_i = 1,06$; $Gd^2 = 13$); ст. Добрыня ($b_i = 1,01$; $Gd^2 = 195$), у 7S12-13 ($b_i = 0,87$; $Gd^2 = 1323$); Vuan 2009-82 ($b_i = 0,81$; $Gd^2 = 1619$). Они слабее реагировали на изменение условий среды, но отличались довольно высокой стабильностью. При этом сорт Неиуа 8 отличался стабильно низкой урожайностью по годам исследований, у остальных она была выше среднесортной. Образцы у 7S12-13 и Vuan 2009-82 по урожайности льноволокна превосходили стандартный сорт Добрыня соответственно на 12,4 и 10,4 %.

Низкой пластичностью и высокой стабильностью характеризовались сортообразцы третьей группы Л-1 Согласие x Альфа ($b_i = 0,56$; $Gd^2 = 179$), Non Jku 350 ($b_i = 0,02$; $Gd^2 = 186$), Nonkei 28 ($b_i = 0,06$; $Gd^2 = 303$). Линия Л-1 Согласие x Альфа слабо отзывалась на улучшение условий среды при урожайности волокна выше среднего. В то же время сорта Non Jku 350 и Nonkei 28, пластичность которых была близка к нулю, практически не реагировали на изменение погодных условий и имели

стабильно низкую урожайность волокна по годам исследований. Их следует относить к экстенсивным сортам.

В четвертую группу включены образцы льна-долгунца с низкой пластичностью и низкой стабильностью: M0329-10 ($b_i = 0,46$; $Gd^2 = 1875$), H6i120 ($b_i = 0,72$; $Gd^2 = 1544$), SJK 186 ($b_i = 0,25$; $Gd^2 = 1769$). Они имели урожайность волокна близкую к средней по опыту, но отличались по отзывчивости на улучшение условий среды. Из них линия H6i120 характеризовалась высокой отзывчивостью, ее можно отнести к сортам полуинтенсивного типа. Образцы M0329-10 и SJK 186 слабо реагировали на улучшение условий среды, и их следует отнести к сортам экстенсивного типа.

Особой реакцией на изменение условий среды отличался образец V 51267. Он характеризуется самой высокой урожайностью волокна в опыте (306 г/м^2), наибольшей средней урожайностью волокна за годы исследований (275 г/м^2), превосходя среднесортную урожайность на 18,5 %, а стандарт Добрыня на 14,1 %. Образец имел коэффициент регрессии близкий к единице и относительно высокую стабильность, в то же время не реагировал на улучшение условий среды, а точнее – его реакция была отрицательной ($b_i = -0,85$). Такое значение характерно для сортов с высокой адаптивностью в лимитированных условиях, что можно подтвердить высоким значением стрессоустойчивости данного образца, который следует отнести к сортам, способным обеспечивать высокую урожайность льноволокна в изменяющихся условиях среды, в том числе в более жестких метеоусловиях.

Одним из важных показателей, характеризующих устойчивость растений к изменению неблагоприятных факторов среды, служит гомеостатичность (H_{om})¹⁰. Критерием гомеостатичности сортов можно считать их способность поддерживать низкую вариабельность признаков продуктивности. В этом проявляется связь гомеостатичности (H_{om}) с коэффициентом вариации (CV), которая характеризует устойчивость признака в изменяющихся условиях среды. За период исследований по этим показателям наибольшую стабильность при изменении условий выращивания проявили сорта и линии Non Jku 350 (CV = 7 %; $H_{om} = 106,9$), Л-1 Согласие x Альфа (CV = 7,3 %; $H_{om} = 98,9$), V 51267 (CV = 10 %; $H_{om} = 52,1$), Nonkei 28 (CV = 10,8 %; $H_{om} = 48,3$), Добрыня (CV = 12,2 %; $H_{om} = 34,1$), у 7S12-13 (CV = 12,9 %; $H_{om} = 29,5$).

¹⁰Хангильдин В. В., Бирюков С. В. Указ. соч.

Большая вариабельность и низкая гомеостатичность отмечена у образцов Л-2 Восход x Зарянка (CV = 17,9 %; H_{om} = 15,7), Л-3 Оршанский-2 x Тверца (CV = 20,6 %; H_{om} = 12,0), 97192-79-8 (CV = 21,5 %; H_{om} = 11,7), 97192-79 (CV = 20,1 %; H_{om} = 13,1), Надежда (CV = 19,7 %; H_{om} = 13,6), Н6i120 (CV = 18,9 %; H_{om} = 14,4), что говорит об их нестабильности и низкой адаптивности в условиях региона. Остальные сорта занимают промежуточное положение. Следует отметить, что оценка сортов по указанным показателям не всегда совпадает с оценкой на стабильность (Gd^2).

В наших исследованиях оценку генотипов льна-долгунца по пластичности и стабильности проводили различными методами.

Полученные результаты показали, что направления и величина связей одних и тех же параметров друг с другом и урожайностью волокна по ним не всегда совпадают. Для получения более достоверных результатов мы использовали принцип ранжирования по всем параметрам, а окончательную оценку проводили по сумме баллов [10].

Ранжированная оценка сортообразцов по параметрам адаптивности (стрессоустойчивости, гибкости, изменчивости, генетической гибкости, пластичности, стабильности, гомеостатичности), с учетом наименьшей суммы баллов, позволила выявить генотипы льна-долгунца, наиболее приспособленные к условиям Северо-Западного региона (табл. 3).

Таблица 3 – Ранги параметров адаптивной способности сортообразцов льна-долгунца по урожайности льноволокна /

Table 3 – Ranks of the parameters of the adaptive ability of fiber flax accessions according to the yield of flax fiber

Сорт, линия / Variety, line	Параметр адаптивности / Adaptability parameter										Ранг по параметрам адаптивности / Rank by adaptability parameters
	CV	b_i	Gd^2	$Y_2 - Y_1$	$Y_1 + Y_2 / 2$	KA / CA	реализация потенциала / realizing the potential	d	H_{om}	сумма рангов / sum of ranks	
Л-1 Согласие x Альфа / Soglasie x Alfa	2	17	5	3	6	7	2	2	2	46	1
V 51267	3	14	15	4	1	1	4	4	1	47	2
Hon Jku 350	1	21	8	1	18	15	1	1	1	67	3
Добрыня ст. / Dobrynya st.	5	12	9	6	9	9	8	5	5	68	4
wsh2-5-4	7	9	12	10	3	4	10	6	7	68	4
y 7S12-13	6	13	17	11	2	2	7	7	6	71	5
M 0226-1	10	6	4	12	10	6	3	10	10	71	5
Heiya 8	9	11	1	5	16	13	4	9	9	76	6
Honkei 28	4	20	11	2	19	16	6	3	4	85	7
M0269-1	12	5	13	15	4	5	14	12	14	94	8
M0329-10	8	18	21	9	7	6	9	8	8	94	8
V 51004	11	7	10	14	8	7	13	11	13	94	8
97192-79	19	1	3	20	5	4	12	16	19	99	9
92199-6-5	14	10	14	7	17	14	5	12	12	105	10
Л-2 Восход x Зарянка / Voskhod x Zaryanka	15	8	6	13	15	12	15	13	15	112	11
Надежда / Nadezhda	18	4	16	17	12	7	11	15	18	118	12
Vuan 2009-82	16	15	19	19	2	3	18	14	16	122	13
SJK 186	13	19	20	8	14	11	17	9	11	122	13
Л-3 Оршанский-2 x Тверца / Orshanskij-2 x Tvertsa	20	3	2	18	14	10	16	19	20	122	13
97192-79-8	21	2	7	19	13	8	12	20	21	123	14
H6i120	17	16	18	16	11	10	19	13	17	137	15

К таким сортообразцам с урожайностью льноволокна выше среднего можно отнести: Л-1 Согласие х Альфа, Добрыня-ст. (Россия); V 51267, wsh2-5-4, y 7S12-13, M 0226-1, Heiya 8, M0269-1, M0329-10, V 51004, 97192-79 (Китай), набравшие наименьшие суммы баллов. Но совсем не обязательно, что самый высокоурожайный сорт должен быть и самым адаптивным. Сортообразцы V 51267 и Vuan 2009-82 – одни из таких. Следует отметить, что высокой адаптивностью по урожайности волокна обладали и сорта Non Jku 350 и Nonkei 28 (ранги соответственно 3 и 7), имеющие стабильно низкую урожайность по годам исследований.

Среди вышеназванных наименьшую сумму рангов (46) набрала линия Л-1 Согласие х Альфа (Россия). Она характеризуется слабой изменчивостью ($CV = 7,3\%$; ранг 2), низкой пластичностью ($b_i = 0,56$; ранг 17), относительно высокой стабильностью ($Gd^2 = 179$; ранг 5), высокой стрессоустойчивостью ($Y_2 - Y_1 = -34$, ранг 3), довольно высокой генетической гибкостью ($Y_1 + Y_2 / 2 = 249$, ранг 6), средней адаптивностью ($KA = 1,06$; ранг 7), низким размахом варьирования урожайности ($d = 12,8$; ранг 2) и высокой гомеостатичностью ($H_{om} = 98,9$; ранг 2), что свидетельствует о ее слабой реакции на изменение условий среды. Урожайность льноволокна за годы исследований была выше средней (246 г/м^2) и находилась на уровне стандарта Добрыня (241 г/м^2). Линию Л-1 можно отнести к сортам полунтенсивного типа, которые хорошо адаптированы к условиям региона и способны стабильно обеспечивать урожайность выше среднего в изменяющихся условиях среды.

На втором месте, исходя из наименьшей суммы рангов (47), находится образец V 51267 (Китай) со специфичной реакцией на изменение условий среды ($b_i = 0,85$). Он имеет наивысшую урожайность льноволокна в среднем за годы исследований (275 г/м^2), низкую степень изменчивости ($CV = 10,0\%$, ранг 3), среднюю стабильность ($Gd^2 = 518$, ранг 15), высокую стрессоустойчивость ($Y_2 - Y_1 = -53$, ранг 4), высокую адаптивность ($KA = 1,19$; ранг 1), высокую компенсаторную способность ($Y_1 + Y_2 / 2 = 279$, ранг 1), высокую гомеостатичность ($H_{om} = 52,1$; ранг 3). Этот генотип, как уже отмечалось выше, способен обеспечивать высокую урожайность в изменяющихся условиях среды, в том числе и при жестких метеоусловиях.

Сорт Добрыня (Россия) и линия wsh2-5-4 (Китай) среди выделенных сортообразцов с более низкими суммами рангов (68) и урожайностью выше средней занимают 3 место. Они характеризуются средней изменчивостью (CV – соответственно 12,2; 13,2; ранги – 5, 7), средней пластичностью ($b_i = 1,01$; 1,20; ранги – 12, 9), средней стабильностью ($Gd^2 = 195$, 313; ранги – 9, 12), средней стрессоустойчивостью ($Y_2 - Y_1 = -58$, -69; ранги – 6, 19), средним размахом урожайности ($d = 21,2$; 22,8; ранги – 5, 6), высокой гомеостатичностью ($H_{om} = 34,1$, 28,9; ранги – 5, 3). Они отличаются хорошей отзывчивостью на улучшение условий среды, их следует отнести к сортам интенсивного типа. По урожайности льноволокна сортообразец wsh2-5-4 достоверно превосходил стандарт Добрыня во все годы исследований, а по средним данным он превышал стандарт (242 г/м^2) на 13,8 % (264 г/м^2).

Все выделенные сортообразцы с урожайностью выше среднего и имеющие более низкие суммы рангов, обладают более высокой адаптивной способностью к условиям региона.

Заключение. Испытание в условиях Северо-Западного региона России 20 сортообразцов льна-долгунца отечественной и зарубежной селекции показало, что в формировании урожайности льноволокна более значимую роль играет генотип, доля влияния которого составила 67,2 %. Фактор «год» только на 26,7 % определял урожайность льноволокна, а их взаимодействие – на 5,4 %.

Комплексная оценка изучаемых сортообразцов по урожайности льноволокна и параметрам адаптивности с использованием разных методик и принципа ранжирования позволила получить достоверные данные и выделить сортообразцы, обладающие высокой потенциальной продуктивностью и наибольшей адаптивностью в условиях Северо-Западного региона. К ним относятся сортообразцы Л-1 Согласие х Альфа, Добрыня (Россия); V 51267, wsh2-5-4, y 7S12-13, M 0226-1, Heiya 8, M0269-1, M0329-10, V 51004, 97192-79 (Китай), набравшие наименьшие суммы рангов. Они различаются по степени изменчивости, пластичности и стабильности, стрессоустойчивости, генетической гибкости, размаху варьирования урожайности, гомеостатичности, что позволяет использовать их в селекционной работе в качестве исходного материала для выведения новых высокопродуктивных сортов льна-долгунца различной направленности и максимально адаптированных к условиям региона.

Список литературы

1. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: РУДН, 2001. Т. 1. 780 с.
2. Драгавцев В. А., Драгавцева И. А., Ефимова И. Л., Маринец А. С., Савин И. Ю. Управление взаимодействием «генотип-среда» – важнейший рычаг повышения урожая сельскохозяйственных растений. Труды Кубанского аграрного университета. 2016;2(59):105-121.
3. Павлова Л. Н., Герасимова Е. Г., Румянцева В. Н., Кудрявцева Л. П. Новые сорта льна-долгунца – основа повышения эффективности отрасли льноводства. Научное обеспечение производства прядильных культур: состояние, проблемы и перспективы: науч. пособие. Тверь: Тверской ГУ, 2018. С. 23-25.
4. Трабурова Е. А., Конова А. М., Гаврилова А. Ю., Зуева С. М., Чехалков С. М. Сравнительная характеристика среднеспелых сортов льна-долгунца смоленской селекции. Аграрный вестник Урала. 2020;192(1):28-34. DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-192-1-28-34>
5. Трабурова Е. А., Рожмина Т. А., Андреева И. А. Скрининг образцов генофонда льна по урожайности волокна и их адаптивности к условиям Центрального Нечерноземья. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):688-696. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>
6. Жученко А. А. Адаптивный потенциал культурных растений (экологические основы). Т. 1, 2. М.: «Издательство Агрорус», 2001. 1489 с.
7. Степин А. Д., Рысев М. Н., Кострова Г. А., Уткина С. В. Основные направления и результаты научных исследований Псковского НИУ по селекции льна-долгунца. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;(2):14-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41309097>
8. Жученко А. А. мл., Рожмина Т. А. Генетические ресурсы и селекция растений – главные механизмы адаптации в сельском хозяйстве. Вестник аграрной науки. 2019;6(81):3-8. DOI: <https://doi.org/10.15217/ISSN2587-666X.2019.6.3>
9. Голуб И. А. Лен Беларуси: монография. Минск: ЧУП «Орех», 2003. 245 с.
10. Рыбась И. А. Повышение адаптивности в селекции зерновых культур (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2016;51(5):617-626. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2016.5.617rus>
11. Рожмина Т. А., Павлова Л. Н., Мельникова Н. В., Голубева Л. М. Роль генофонда льна в селекции на адаптивность. Успехи современной науки. 2017;1(10):184-188. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29905603>
12. Rasukas A., Jankauskiene Z., Jundulas J. Asakaviciute R. Research of technical crops (polato and flax) genetic resources in Lithuania. Agronomy Research. 2009;7(1):59-72. URL: <https://agronomy.emu.ee/vol071/p7107.pdf>
13. Сапега В. А. Потенциал урожайности, стрессоустойчивости и экологическая пластичность среднеранних сортов яровой пшеницы. Зерновое хозяйство России. 2016;(2):6-10. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26165207>
14. Голуб И. А., Иванова Е. В. Исходный материал льна-долгунца различного эколого-географического происхождения в селекции на продуктивность. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. 2012;(1):56-59. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30765889>
15. Рожмина Т. А., Рыжов А. И., Куземкин И. А., Киселева Т. С. Внутривидовое разнообразие льна культурного (*Linum usitatissimum* L.) и его роль в решении проблемы создания отечественной сырьевой базы. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(12):17-20. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32301742>
16. Жученко А. А., Рожмина Т. А., Понажев В. П., Павлова Л. Н., Тихомирова В. Я., Сорокина О. Ю., Павлов Е. И., Поздняков Б. А., Усанова З. И. Эколого-генетические основы селекции льна-долгунца. Тверь: Тверской ГУ, 2009. С. 272.
17. Попова Г. А., Мичкина Г. А., Рогальская Н. Б., Трофимова В. М. Поиск генотипов льна-долгунца с ценными признаками из коллекции ВИР. Достижения науки и техники АПК. 2012;(5):3-5. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17734087>
18. Koshcheeva N. S., Lyskova I. V., Batalova G. A., Kraeva S. N. Initial material for breeding of fiber flax under conditions of the Volga-Vyatka region. Russ. Agric. Sci. 2017;43(4):285-288. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367417040085>
19. Мамаев В. В. Выявление сортов озимой ржи с экологической адресностью для юго-запада центра России. Вестник Ульяновской Государственной сельскохозяйственной академии. 2018;(3):78-83. DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
20. Сапега В. А., Турсумбекова Г. Ш. Урожайность, экологическая пластичность и стабильность сортов яровой мягкой и твердой пшеницы в южной лесостепи Тюменской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(2):114-123. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123>
21. Курылева А. Г. Адаптивная реакция сортов ячменя при экологическом испытании в условиях Удмуртской Республики. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(6):52-57. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>

22. Сурин Н. А., Зобова Н. В., Ляхова Н. Е., Нешумаева Н. В., Плеханова Л. В., Чуслин А. А., Онуфриёнок Т. В., Липшин А. Г. Источники ценных признаков в селекции ячменя на адаптивность. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(6):36-40. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26591640>
23. Пискарев В. В., Зуев Е. В., Брыкова А. Н. Исходный материал для селекции яровой пшеницы в условиях Новосибирской области. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(7):784-794. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.422>
24. Сапега В. А. Проблема репрезентативности в системе госсортоиспытания. Урожайность и параметры экологической пластичности и стабильности сортов овса. Вестник КрасГАУ. 2016;(10):163-170. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27124804>
25. Синцова Н. Ф., Лыскова И. В. Изучение исходного материала картофеля в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2020;21(6):697-705. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.697-705>
26. Ошевнев В. П., Грибанова Н. П., Колосова Н. Н., Самодурова Н. И., Новикова Н. Л. Селекция адаптивных гибридов сахарной свеклы для различных регионов РФ. Сахарная свекла. 2009;(6):12-15.
27. Бекузарова С. А., Самилова И. Т., Цопанова Ф. Т. Эколого-генетические основы адаптивной системы селекции клевера лугового. Известия Горского государственного аграрного университета. 2010;47(1):40-43. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17422642>
28. Королев К. П., Боме Н. А. Оценка генотипов льна-долгунца (*Linum usitatissimum* L.) по экологической адаптивности и стабильности в условиях северо-восточной части Белоруссии. Сельскохозяйственная биология. 2017;52(3):615-621. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2017.3.615rus>
29. Eberhart S. A., Russell W. A. Stability parameters for comparing varieties. Crop. Sci. 1966;6(1):36-40. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>
30. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop. Sci. 1981;21(6):943-946. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>

References

1. Zhuchenko A. A. *Adaptivnaya sistema seleksii rasteniy (ekologo-geneticheskie osnovy)*. [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic foundations)]. Moscow: RUDN, 2001. Vol. 1. 780 p.
2. Dragavtsev V. A., Dragavtseva I. A., Efimova I. L., Marinets A. S., Savin I. Yu. Upravlenie vzaimodeystviem «genotip-sreda» – vazhneyshiy ryuchag povysheniya urozhaev sel'skokhozyaystvennykh rasteniy. [Management by "genotype-environment" interaction – most important lever for increase of cultivated plants yields]. *Trudy Kubanskogo agrarnogo universiteta*. 2016;2(59):105-121. (In Russ.).
3. Pavlova L. N., Gerasimova E. G., Rumyantseva V. N., Kudryavtseva L. P. *Novye sorta l'na-dolguntsa – osnova povysheniya effektivnosti otrasli l'novodstva*. [New fiber flax varieties as the basis for improving the efficiency of the flax growing industry]. *Nauchnoe obespechenie proizvodstva pryadil'nykh kul'tur: sostoyanie, problemy i perspektivy: nauch. posobie*. [Scientific support for the production of spinning crops: state, problems and prospects: guide]. Tver': Tverskoy GU, 2018. pp. 23-25.
4. Traburova E. A., Konova A. M., Gavrilova A. Yu., Zueva S. M., Chekhalkov S. M. *Sravnitel'naya kharakteristika srednespelykh sortov l'na-dolguntsa smolenskoj seleksii*. [Comparative characteristics of medium-maturing varieties of fiber-flax of molensk selection]. *Agrarnyy vestnik Urala = Agrarian Bulletin of the Urals*. 2020;192(1):28-34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2020-192-1-28-34>
5. Traburova E. A., Rozhmina T. A., Andreeva I. A. *Skrining obraztsov genofonda l'na po urozhaynosti volokna i ikh adaptivnosti k usloviyam Tsentral'nogo Nechernozem'ya*. [Screening of flax gene pool samples by fiber yield and their adaptability to the conditions of the Central Non-Black Earth Region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6):688-696. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.688-696>
6. Zhuchenko A. A. *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy (ekologicheskie osnovy)*. [Adaptive potential of cultivated plants (ecological bases)]. Vol. 1, 2. Moscow.: «Izdatel'stvo Agrorus», 2001. 1489 p.
7. Stepin A. D., Rysev M. N., Kostrova G. A., Utkina S. V. *Osnovnye napravleniya i rezul'taty nauchnykh issledovaniy Pskovskogo NIU po seleksii l'na-dolguntsa*. [The main directions and results of scientific research of the Pskov Research Institute for fiber flax breeding]. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2019;(2):14-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41309097>
8. Zhuchenko A. A. ml., Rozhmina T. A. *Geneticheskie resursy i seleksiya rasteniy – glavnye mekhanizmy adaptatsii v sel'skom khozyaystve*. [Genetic resources and plant breeding as the main mechanisms of adaptation in agriculture]. *Vestnik agrarnoy nauki = Bulletin of Agrarian Science*. 2019;6(81):3-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15217/ISSN2587-666X.2019.6.3>
9. Golub I. A. *Len Belarusi: monografiya*. [Flax of Belarus: monograph]. Minsk: ChUP «Orekh», 2003. 245 p.
10. Rybas' I. A. *Povyshenie adaptivnosti v seleksii zernovykh kul'tur (obzor)*. [Breeding grain crops to increase adaptability]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2016;51(5):617-626. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2016.5.617rus>

11. Rozhmina T. A., Pavlova L. N., Melnikova N. V., Golubeva L. M. *Rol' genofonda l'na v seleksii na adaptivnost'*. [Role of a genofund of flax in selection on adaptability]. *Uspekhi sovremennoy nauki*. 2017;1(10):184-188. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29905603>
12. Rasukas A., Jankauskiene Z., Jundulas J. Asakaviciute R. Research of technical crops (polato and flax) genetic resources in Lithuania. *Agronomy Research*. 2009;7(1):59-72. URL: <https://agronomy.emu.ee/vol071/p7107.pdf>
13. Sapega V. A. *Potentsial urozhaynosti, stressoustoychivosti i ekologicheskaya plastichnost' srednerannikh sortov yarovoy pshenitsy*. [Productivity potential, stress tolerance and ecologic plasticity of middle-early varieties of spring wheat]. *Zernovoe khozyaystvo Rossii = Grain Economy of Russia*. 2016;(2):6-10. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26165207>
14. Golub I. A., Ivanova E. V. *Iskhodnyy material l'na-dolguntsa razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya v seleksii na produktivnost'*. [The source material of fiber flax of various ecological and geographical origin in breeding for productivity]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. 2012;(1):56-59. (In Belarus). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30765889>
15. Rozhmina T. A., Ryzhov A. I., Kuzemkin I. A., Kiseleva T. S. *Vnutrividovoe raznoobrazie l'na kul'turnogo (Linum usitatissimum L.) i ego rol' v reshenii problemy sozdaniya otechestvennoy syr'evoy bazy*. [Intraspecific variety of *Linum usitatissimum* L. and its role in the decision of a problem of raw maintenance of the country]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31(12):17-20. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32301742>
16. Zhuchenko A. A., Rozhmina T. A., Ponazhev V. P., Pavlova L. N., Tikhomirova V. Ya., Sorokina O. Yu., Pavlov E. I., Pozdnyakov B. A., Usanova Z. I. *Ekologo-geneticheskie osnovy seleksii l'na-dolguntsa*. [Ecological and genetic bases of fiber flax breeding]. Tver: *Tverckoy GU*, 2009. p. 272.
17. Popova G. A., Michkina G. A., Rogal'skaya N. B., Trofimova V. M. *Poisk genotipov l'na-dolguntsa s tsennymi priznakami iz kolleksii VIR*. [Search for genotypes of flax with valuable characteristics from the collection of Vavilov research institute of plant industry]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2012;(5):3-5. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17734087>
18. Koshcheeva N. S., Lyskova I. V., Batalova G. A., Kraeva S. N. Initial material for breeding of fiber flax under conditions of the Volga-Vyatka region. *Russ. Agric. Sci*. 2017;43(4):285-288. DOI: <https://doi.org/10.3103/S1068367417040085>
19. Mamaev V. V. *Vyyavlenie sortov ozimoy rzhii s ekologicheskoy adresnost'yu dlya yugo-zapada tsentra Rossii*. [Search for varieties of winter rye with environmental targeting for the southwest of central Russia]. *Vestnik Ulyanovskoy Gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2018;(3):78-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2018-3-78-83>
20. Sapega V. A., Tursumbekova G. Sh. *Urozhaynost', ekologicheskaya plastichnost' i stabil'nost' sortov yarovoy myagkoy i tverdoy pshenitsy v yuzhnoy lesostepi Tyumenskoy oblasti*. [Yield, ecological plasticity and stability of spring soft and durum wheat varieties in the southern forest steppe of Tyumen region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(2):114-123. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.114-123>
21. Kuryleva A. G. *Adaptivnaya reaktsiya sortov yachmenya pri ekologicheskom ispytanii v usloviyakh Udmurtskoy Respubliki*. [Adaptive reaction of barley varieties during environmental testing in the Udmurt Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2018;(6):52-57. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.67.6.52-57>
22. Surin N. A., Zobova N. V., Lyakhova N. E., Neshumaeva N. V., Plekhanova L. V., Chuslin A. A., Onufrienok T. V., Lipshin A. G. *Istochniki tsennykh priznakov v seleksii yachmenya na adaptivnost'*. [Sources of valuable features in breeding of barley for adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(6):36-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26591640>
23. Piskarev V. V., Zuev E. V., Brykova A. N. *Iskhodnyy material dlya seleksii yarovoy 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>
24. Sapega V. A. *Problema reprezentativnosti v sisteme gossortoispytaniya. Urozhaynost' i parametry ekologicheskoy plastichnosti i stabil'nosti sortov ovsa*. [Representativeness problem in the state varieties testing system, productivity and parameters of ecological plasticity and stability of oats varieties]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2016;(10):163-170. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27124804>
25. Sintsova N. F., Lyskova I. V. *Izuchenie iskhodnogo materiala kartofelya v usloviyakh Kirovskoy oblasti*. [The study of the source material of potatoes under conditions of Kirov region]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2020;21(6):697-705. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.697-705>

26. Oshevnev V. P., Gribanova N. P., Kolosova N. N., Samodurova N. I., Novikova N. L. *Selektsiya adaptivnykh gibridov sakharnoy svekly dlya razlichnykh regionov RF*. [Breeding of adaptive sugar beet hybrids for various regions of the Russian Federation]. *Sakharnaya svekla = Sugar beet*. 2009;(6):12-15. (In Russ.).

27. Bekuzarova S. A., Samova I. T., Tsopanova F. T. *Ekologo-geneticheskie osnovy adaptivnoy sistemy selektsii klevera lugovogo*. [Ecological and genetic basis of adaptable system of clover selection]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2010;47(1):40-43. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17422642>

28. Korolev K. P., Bome N. A. *Otsenka genotipov l'na-dolguntsa (Linum usitatissimum L.) po ekologicheskoy adaptivnosti i stabil'nosti v usloviyakh severo-vostochnoy chasti Belorussii*. [Evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) genotypes on environmental adaptability and stability in the north-eastern Belarus]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2017;52(3):615-621. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2017.3.615rus>

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

DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1966.0011183X000600010011x>

30. Rossielle A. A., Hamblin J. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop. Sci.* 1981;21(6):943-946. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci1981.0011183X002100060033x>

Сведения об авторах

✉ **Степин Александр Дмитриевич**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зам. директора обособленного подразделения Псковский НИИСХ, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: otdellna@yandex.ru

Рысев Михаил Николаевич, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения Псковский НИИСХ, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>

Рысева Тамара Андреевна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения Псковский НИИСХ, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>

Лисицкая Татьяна Дальевна, научный сотрудник лаборатории селекционных технологий обособленного подразделения Псковский НИИСХ, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», ул. Мира, д. 1, дер. Родина, Псковского района, Псковской области, Российская Федерация, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru

Information about the authors

✉ **Alexander D. Stepin**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, deputy director of the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9009-878X>, e-mail: otdellna@yandex.ru

Mikhail N. Rysev, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9291-7593>

Tamara A. Ryseva, PhD in Agricultural Science, leading researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5420-8419>

Tatyana D. Lisitskaya, researcher, the Laboratory of Breeding Technologies, the separate division Pskov Research Institute of Agriculture of Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 1, Mira street, v. Rodina, Pskov district, Pskov region, Russian Federaton, 180559, e-mail: info.psk@fncl.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author



Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть II

© 2022. Л. В. Багмет¹✉, Е. М. Чеботок², А. В. Шлявас¹

¹ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР),

г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

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

*Во Всероссийском институте генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова впервые в России была инициирована и проводится работа по созданию номенклатурных стандартов отечественных сортов. Номенклатурный стандарт подтверждает оригинальность сорта и защищает авторские права его создателей. В статье обнародованы номенклатурные стандарты 8 проходящих государственное сортоиспытание сортов чёрной смородины (*Ribes nigrum* L.), выведенных на Свердловской селекционной станции садоводства: Атаман (WIR-54113); Викторина (WIR-54116); Воевода (WIR-54117); Доброхот (WIR-54120); Корнет (WIR-54124); Мушкетёр (WIR-54126); Навев Уральский (WIR-54135); Старатель (WIR-54130). В качестве номенклатурных стандартов назначены гербарные образцы, растительный материал для которых отобран непосредственно автором этих сортов в коллекции организации-оригинатора. Помимо описания и фото номенклатурных стандартов приводятся отличительные таксономические и хозяйственно ценные признаки каждого сорта. Созданные номенклатурные стандарты в количестве 14 гербарных образцов оформлены в соответствии с рекомендациями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (ICNCP), зарегистрированы в БД «Гербарий ВИР» и переданы на хранение в типовой фонд Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR).*

Ключевые слова: государственное сортоиспытание, *Ribes nigrum* L., Средний Урал, Гербарий культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений (WIR)

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (тема № 0662-2019-0004) и Государственного задания ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (направление 150).

Авторы выражают глубокую благодарность Татьяне Николаевне Сленнёвой, руководителю Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», за организацию работы и помощь в её проведении.

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

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Багмет Л. В., Чеботок Е. М., Шлявас А. В. Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть II. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):69-80. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.69-80>

Поступила: 07.05.2021 Принята к публикации: 18.01.2022 Опубликовано онлайн: 25.02.2022

Nomenclatural standards of black currant cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part II

© 2022. Larisa V. Bagmet¹✉, Elena M. Chebotok², Anna V. Shlyavas¹

¹N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russian Federation

²Ural Federal Agricultural Research Center, Ural Branch of the RAS, Ekaterinburg, Russian Federation

*For the first time in Russia, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) has initiated and is working on the creation of nomenclatural standards of domestic cultivars. The nomenclatural standard confirms the originality of the cultivar and protects the copyright of its creators. The article presents the nomenclatural standards of 8 black currant (*Ribes nigrum* L.) varieties bred at Sverdlovsk Horticultural Breeding Station, that are undergoing State variety testing: Ataman (WIR-54113), Viktorina (WIR-54116), Voevoda (WIR-54117), Dobrokhhot (WIR-54120), Kornet (WIR-54124), Mushketer (WIR-54126), Napev Uralskiy (WIR-54135), Staratel (WIR-54130). Herbarium samples the plant material for which has been selected directly by the author of these varieties in the collection of the originator organization are taken as nomenclature standards. In addition to the description and photos of the nomenclature standards, the distinctive taxonomic*

and economically valuable features of each variety are given. The created nomenclature standards in the amount of 14 herbarium samples are made in accordance with the recommendations of the International Code of Nomenclature for Cultivated Plants (ICNCP), registered in the database "VIR Herbarium" and included to the type collection of the Herbarium of cultivated plants of the world, their wild relatives and weeds (WIR).

Keywords: State variety testing, *Ribes nigrum* L., Middle Ural, Herbarium of cultivated plants of the world, their wild relatives and weeds (WIR)

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 Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (theme No. 0662-2019-0004) and the state assignment of the Ural Federal Agrarian Research Center UrB of RAS (direction 150).

The authors express their deep gratitude to the Director of the Sverdlovsk Horticultural Breeding Station – a structural unit of the Federal State Budgetary Institution "Ural Federal Agrarian Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences" Tatyana Nikolaevna Slepneva for organizing the work and help in its implementation.

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

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

For citation: Bagmet L. V., Chebotok E. M., Shlyavas A. V. Nomenclatural standards of black currant cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part II. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):69-80. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.69-80>

Received: 07.05.2021

Accepted for publication: 18.01.2022 Published online: 25.02.2022

Для обеспечения единообразия и стабильности уникальных названий и закрепления авторских прав на сорта культурных растений необходимо создание, публикация и бессрочное хранение номенклатурных стандартов этих сортов [1]. Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова (ВИР) совместно с российскими селекционерами проводит работу по формированию фонда номенклатурных стандартов отечественных сортов [2, 3, 4, 5, 6, 7]. В 2020 году сотрудниками ВИР и Свердловской селекционной станции садоводства проведено совместное исследование по созданию номенклатурных стандартов сортов чёрной смородины селекции Свердловской станции садоводства. В первой части публикации [8] были обнародованы номенклатурные стандарты сортов, включённых в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Вторая часть посвящена номенклатурным стандартам сортов, переданных на государственное сортоиспытание.

Цель исследований – создание номенклатурных стандартов сортов смородины чёрной селекции Свердловской селекционной станции садоводства, находящихся на государственном сортоиспытании (Атаман, Викторина, Воевода, Доброхот, Корнет, Мушкетёр, Напев Уральский, Старатель).

Материал и методы. Материалом для исследования послужили образцы смородины

чёрной из коллекции Свердловской селекционной станции садоводства и образцы Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных растений ВИР (WIR). Сбор растительного материала (цветы, однолетние побеги, плоды) проводился в коллекционном саду станции (УНУ «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале») в фазах цветения (10.05.2020, 12.05.2020) и плодоношения (10.07.2020, 13.07.2020, 30.07.2020) автором сортов, старшим научным сотрудником станции Е. М. Чеботок в соответствии с методикой ВИР [9]. Одновременно со сбором проводили фотосъемку цветов и плодов. Морфологические признаки описывали по общепринятым методикам¹ [10] и сопоставляли их с информацией, указанной в официальных сопроводительных документах к сорту и опубликованных описаниях сортов [11, 12, 13, 14, 15]. Каждый гербарный образец заверен подписью эксперта (Е. М. Чеботок), подтверждающей аутентичность представленного растения. Оформление номенклатурных стандартов проведено в соответствии с положениями Международного кодекса номенклатуры культурных растений (ICNCP) [1] и протоколом, разработанным в ВИР [16].

Результаты и их обсуждение. В данной публикации мы представляем номенклатурные стандарты следующих сортов чёрной смородины. Транслитерация названий приводится в авторской редакции.

¹«ФГБУ «Госсорткомиссия». Методики испытаний на ООС. Смородина чёрная.
URL: <https://gossortrf.ru/metodiki-ispytaniy-na-ooos/>

Агаман – cultivar Ataman. На государственном сортоиспытании с 2008 года. **Nomenclatural standard: WIR-54113.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Валовая. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 13.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 1).



Рис. 1. Номенклатурный стандарт сорта Агаман / Fig. 1. Nomenclatural standard of Ataman cultivar

Викторина – cultivar Viktorina. На государственном сортоиспытании с 2010 года. **Nomenclatural standard: WIR-54116.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Валовая. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 10.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 2).

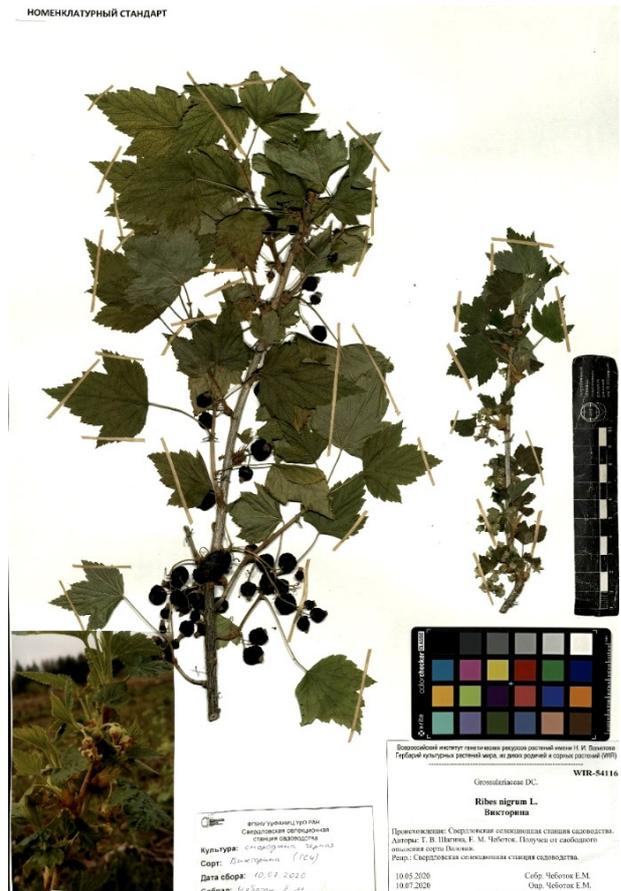


Рис. 2. Номенклатурный стандарт сорта Викторина / Fig. 2. Nomenclatural standard of Viktorina cultivar

Воевода®² – cultivar Voevoda®. На государственном сортоиспытании с 2008 года. **Nomenclatural standard: WIR-54117.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Валовая. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 13.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 3).

Доброхот – cultivar Dobrokhот. На государственном сортоиспытании с 2019 года. **Nomenclatural standard: WIR-54120.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Валовая. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 13.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 4).

²Сорт охраняется патентом на селекционные достижения.

НОМЕНКЛАТУРНЫЙ СТАНДАРТ



Рис. 3. Номенклатурный стандарт сорта Воевода /
Fig. 3. Nomenclatural standard of Voevoda cultivar



Рис. 4. Номенклатурный стандарт сорта Доброхот /
Fig. 4. Nomenclatural standard of Dobrokhlot cultivar

Корнет – cultivar Kornet. На государственном сортоиспытании с 2010 года. **Nomenclatural standard: WIR-54124.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен при скрещивании гибрида 32-1-а (32-19-61 × ГАЗ-1-45) с сортом Аккорд. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 12.05.2020 (цветки), 13.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 5).

Мушкетёр – cultivar Mushketer. На государственном сортоиспытании с 2008 года. **Nomenclatural standard: WIR-54126.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Виноград. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 10.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 6).

Напев Уральский – cultivar Napev Ural'skiy. На государственном сортоиспытании

с 2010 года. **Nomenclatural standard: WIR-54135.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Виноград. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 10.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 7).

Старатель – cultivar Staratel'. На государственном сортоиспытании с 2010 года. **Nomenclatural standard: WIR-54130.** Происхождение: Свердловская селекционная станция садоводства. Авторы: Т. В. Шагина, Е. М. Чеботок. Получен от свободного опыления сорта Виноград. Репродукция: Свердловская селекционная станция садоводства. Собран: 10.05.2020 (цветки), 10.07.2020 (ягоды, однолетний побег), Е. М. Чеботок (рис. 8).

Основные помологические характеристики каждого сорта для наглядности представлены в виде таблиц (табл. 1, 2).



Рис. 5. Номенклатурный стандарт сорта Корнет / Fig. 5. Nomenclatural standard of Kornet cultivar



Рис. 6. Номенклатурный стандарт сорта Мушкетёр / Fig. 6. Nomenclatural standard of Mushketer cultivar



Рис. 7. Номенклатурный стандарт сорта Навев Уральский / Fig. 7. Nomenclatural standard of Napev Uralskiy cultivar

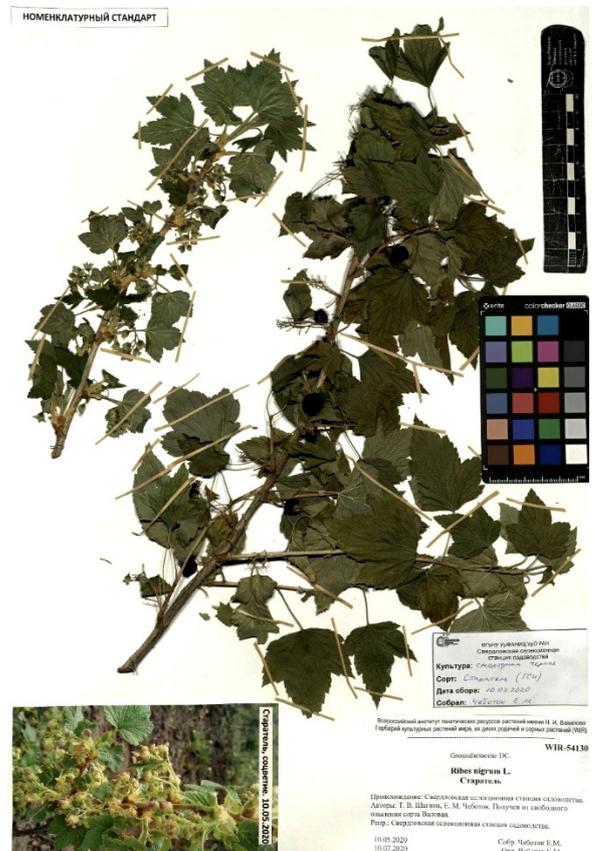


Рис. 8. Номенклатурный стандарт сорта Старатель / Fig. 8. Nomenclatural standard of Staratel' cultivar

Таблица 1 – Основные помологические признаки сортов чёрной смородины Атаман, Викторина, Воевода, Доброхот /
Table 1 – The main pomological characteristics of black currant cultivars Ataman, Viktorina, Voevoda, Dobrokhот

Признак / Characteristic	Атаман / Ataman	Викторина / Viktorina	Воевода / Voevoda	Доброхот / Dobrokhот
1	2	3	4	5
Высота куста / Height	Средней высоты (1,2 м) / Medium (1.2 m)	Низкий (<1 м) / Short (<1 m)	Высокий (1,5 м) / Tall (1.5 m)	Средней высоты (1 м) / Medium (1 m)
Габитус куста / Growth habit	Полураскидистый / Semi-upright			
Число основных побегов / Number of basal shoots	Среднее число (6) / Medium (6)		Много (7-8) / Many (7-8)	Среднее число (6) / Medium (6)
Окраска однолетнего одревесневшего побега / One-year-old shoot: color	Коричнево-серая / Brown-gray	Сероватая / Greyish		Желтовато-серая / Yellowish gray
Отклонение вегетативной почки относительно побега / Vegetative bud: position in relation to shoot	Отклонена под острым углом / Moderately held out			
Длина вегетативной почки / Vegetative bud: length	Средняя / Medium			
Верхушка вегетативной почки / Vegetative bud: shape of apex	Широкозаостренная / Broad acute			
Антоциановая окраска вегетативной почки / Vegetative bud: anthocyanin coloration	Слабая / Weak	Очень слабая / Very weak	Сильная / Strong	
Налет на вегетативной почке / Vegetative bud: bloom	Сильный / Strong	Средний / Medium	Очень слабый / Very weak	Средний / Medium
Антоциановая окраска растущего побега / Young shoot: anthocyanin coloration	Средняя / Medium	Слабая / Weak	Средняя / Medium	
Длина листовой пластинки / Leaf blade: length	Средняя / Medium	Короткая / Short	Длинная / Long	
Ширина листовой пластинки / Leaf blade: width	Узкая / Narrow	Широкая / Broad	Средняя / Medium	
Отношение длины к ширине листовой пластинки / Leaf blade: ratio length/width	Высокое / Large	Среднее / Medium	Высокое / Large	Среднее / Medium

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5
Основание листовой пластинки / Leaf blade: base	Слегка открытое / Weakly open		Открытое / Open	
Интенсивность зеленой окраски верхней стороны листовой пластинки / Leaf blade: intensity of green color (upper side)	Светлая / Light			
Глянцевитость верхней стороны листовой пластинки / Glossiness of the upper side of the leaf blade	Очень слабая / Very weak	Отсутствует / Absent		Средняя / Medium
Антоциановая окраска верхней стороны черешка / Petiole: anthocyanin coloration on upper side	Средняя / Medium		Слабая / Weak	Сильная / Strong
Количество кистей на узел / Plant: number of inflorescences per axil	Одна-две / One and two			
Длина кисти / Inflorescence: length	Средняя, длинная (6-8 см) / Medium, long (6-8 cm)	Короткая (до 5 см) / Short (5 cm)	Средняя (6 см) / Medium (6 cm)	
Количество цветков в кисти / Inflorescence: number of flowers	Среднее число и много (7-10) / Medium and many (7-10)	Среднее число (6) / Medium (6 cm)	Среднее число и много (до 9) / Medium and many (up to 9)	Среднее число и много (до 7-10) / Medium and many (7-10)
Антоциановая окраска чашелистика / Sepal: anthocyanin coloration	Средняя / Medium		Сильная / strong	Средняя / Medium
Антоциановая окраска завязи / Ovary: anthocyanin coloration	Слабая / Weak		Средняя / Medium	Отсутствует / absent
Одномерность ягод / One-dimensionality of berries	Средняя / Medium		Низкая / Low	Средняя / Medium
Размер ягод / Fruit: size	Среднего размера и крупная / Medium and large			
Окраска ягод / Berry: color	средняя масса 1,5 г, максимальная – 5 г / average berry weight 1.5 g, maximum 5 g	средняя масса 1,4 г, максимальная – 4 г / average berry weight 1.4 g, maximum 4 g	средняя масса 1,3 г, максимальная – 4 г / average berry weight 1.3 g, maximum 4 g	средняя масса 1,6 г, максимальная – 4 г / average berry weight 1.6 g, maximum 4 g
	Черная / Black			

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
Глянцевитость ягод / Glossiness of berries	Сильная / Strong			
Чашечка / Calyx	Закрытая / Closed			
Начало распускания почек / Beginning of vegetative bud burst	Раннее / Early	Ранне-среднее / Early-middle		Среднее / Medium
Время начала цветения / Time of beginning of flowering	Среднее / Medium			Раннее / Early
Срок созревания ягод / Time of beginning of fruit harvest	Среднее / Medium	Среднепозднее / Middle-late	Среднее / Medium	
Вкус ягод / Berry taste	Кисло-сладкий / Sweet-sour			Кисло-сладкий, в отдельные годы десертного вкуса / Sweet-sour, in some years of dessert taste
Зимостойкость / Winter hardiness	Высокая / Highly resistant			
Устойчивость к вредителям и болезням / Resistance to diseases and pests	<p>Может повреждаться септориозом до 2 баллов, возможно повреждение верхушек мучнистой росой, устойчив к почковому клещу / Can be damaged by Septoria up to 2 points, damage to the tops with powdery mildew is possible, resistant to currant bud mites</p> <p>До 186,6 ц/га / Up to 186.6 centner/ha</p> <p>58,0 %</p>	<p>Может повреждаться септориозом до 2,5 балла, почковым клещом до 0,5 балла / Can be damaged by septoria up to 2.5 points, currant bud mites up to 0.5 points</p> <p>До 150 ц/га / Up to 150 centner/ha</p> <p>47,3 %</p>	<p>Устойчив к почковому клещу, септориозом поражается в очень слабой степени / Resistant to currant bud mites, is very weakly affected by septoria</p> <p>До 140 ц/га / Up to 140 centner/ha</p> <p>72,0 %</p>	<p>Устойчив к почковому клещу, незначительные поражения листьев пятнистостями / Resistant to currant bud mites, slight leaf damage with mottling</p> <p>До 117,7 ц/га / Up to 117.7 centner/ha</p> <p>До 70,0 %</p>
Урожайность / Yield				
Самоплодность / Self-fertility				
Плодоношение / Regularity of fruit-bearing	Стабильное / Regular			
Назначение / Commercial use	Универсальное / Multipurpose consumption			

Таблица 2 – Основные помологические признаки сортов чёрной смородины Корнет, Мушкетёр, Напев Уральский, Старатель /
Table 2 – The main pomological characteristics of black currant cultivars Kornet, Mushketer, Napev Uralskiy, Staratel

Признак / Characteristics	Корнет / Kornet	Мушкетер / Mushketer	Напев Уральский / Napev Uralskiy	Старатель / Staratel
1	2	3	4	5
Высота куста / Height	Средней высоты (1,2 м) / Medium (1,2 m)			
Число основных побегов / Number of basal shoots	Среднее (7) / Medium (7)	Много (8) / Many (8)	Среднее (6) / Medium (6)	Среднее (7) / Medium (7)
Окраска однолетнего одревесневшего побега / One-year-old shoot: color	Желто-коричневая / Yellowish gray	Желто-серая / Yellow-gray	Сероватая / Greyish	Красно-коричневая / Red-brown
Оклонение вегетативной почки относительно побега / Vegetative bud: position in relation to shoot	Отклонена под острым углом / Moderately held out	Слегка отклонена / Addressed or slightly held out	Отклонена под острым углом / Moderately held out	
Длина вегетативной почки / Vegetative bud: length	Короткая / Short			
Верхушка вегетативной почки / Vegetative bud: shape of apex	Узкозаостренная / Narrow acute	Широкозаостренная / Broad acute		Узкозаостренная / Narrow acute
Антоциановая окраска вегетативной почки / Vegetative bud: anthocyanin coloration	Очень слабая / very weak	Слабая / Weak	Средняя / Medium	
Налет на вегетативной почке / Vegetative bud: bloom	Слабый / weak			
Антоциановая окраска растущего побега / Young shoot: anthocyanin coloration	Очень слабая / Very weak			
Длина листовой пластинки / Leaf blade: length	Длинная / Long	Средняя / Medium	Длинная / Long	Средняя / Medium
Ширина листовой пластинки / Leaf blade: width	Широкая / Broad	Узкая / Narrow	Средняя / Medium	
Отношение длины к ширине листовой пластинки / Leaf blade: ratio length/width	Среднее / Medium			
Основание листовой пластинки / Leaf blade: base	Очень открытое / strongly open			
Интенсивность зеленой окраски верхней стороны листовой пластинки / Leaf blade: intensity of green color (upper side)	Светлая / Light			
Глянцевитость верхней стороны листовой пластинки / Glossiness of the upper side of the leaf blade	Отсутствует / Absent			
Антоциановая окраска верхней стороны черешка / Petiole: anthocyanin coloration on upper side	Средняя / Medium			
Количество кистей на узел / Plant: number of inflorescences per axil	Одна-две / One and two			
Длина кисти / Inflorescence: length	Короткая (5 см) / Short (5 cm)	Средней длины (6 см) / Medium (6 cm)		
Количество цветков в кисти / Inflorescence: number of flowers	Среднее число и много (7-10) / Medium and many (7-10)	Много (8-10) / Many (8-10)		Среднее число (6-7) / Medium (6-7)

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5
Антоциановая окраска чашелистика / Seral: anthocyanin coloration	Слабая / Weak	Слабая / Weak	Средняя / Medium	Слабая / Weak
Антоциановая окраска завязи / Ovary: anthocyanin coloration	Средняя / Medium	Слабая / Weak	Слабая / Weak	Отсутствует / Absent
Одномерность ягод / One-dimensionality of berries	Средняя / Medium	Средняя / Medium	Средняя / Medium	Средняя / Medium
Размер ягод / Fruit: size	Мелкая и среднего размера (средняя масса 1,2 г, максимальная – 2,5 г) / Small and medium (average berry weight 1.2 g, maximum 2.5 g)	Мелкая и среднего размера (средняя масса 1,5, максимальная – 3,5 г) / Small and medium (average berry weight 1.5 g, maximum 3.5 g)	Среднего размера (средняя масса 1,7 г, максимальная – 3,5 г) / Medium (average berry weight 1.7 g, maximum 3.5 g)	Средний / Medium
Окраска ягод / Berry: color	Черная / Black			
Глянцевитость ягод / Glossiness of berries	Сильная/ Strong			
Чашечка / Calyx	Закрывающаяся / Closed			
Начало распускания почек / Beginning of vegetative bud burst	Ранне-среднее / Early-middle			
Время начала цветения / Time of beginning of flowering	Среднее / Medium			
Срок созревания ягод / Time of beginning of fruit harvest	Средний / Medium			
Вкус ягод / Berry taste	Кисло-сладкий, с приятным привкусом / Sweet-sour, with a pleasant taste	Кисло-сладкий / Sweet-sour		
Зимостойкость / Winter hardiness	Высокая / Highly resistant			
Устойчивость к вредителям и болезням / Resistance to diseases and pests	Устойчив к почковому клещу, максимальное повреждение септориозом до 2,5 балла / Resistant to currant bud mites, maximum damage by septoria up to 2.5 points	Устойчив к почковому клещу, максимальное повреждение септориозом до 1,5 балла / Resistant to currant bud mites, maximum damage by septoria up to 1.5 points	Может повреждаться почковым клещом до 0,5 балла, максимальное повреждение септориозом до 1,5 балла / Can be damaged by currant bud mites up to 0.5 points, maximum damage by septoria up to 1.5 points	
Урожайность / Yield	До 166,7 ц/га / Up to 166.7 centner/ha	До 149,9 ц/га / Up to 149.9 centner/ha	До 120 ц/га / Up to 120 centner/ha	До 140 ц/га / Up to 140 centner/ha
Самоплодность / Self-fertility	72,3 %	55,0 %	52,8 %	49,2 %
Плодоношение / Regularity of fruit-bearing	Стабильное / Regular			
Назначение / Commercial use	Универсальное / Multipurpose consumption			

Заключение. В результате проведённого исследования созданы номенклатурные стандарты 8 сортов чёрной смородины. Загербаризированы, оформлены, зарегистрированы в БД «Гербарий ВИР» 14 гербарных образцов, в количестве 23 гербарных листа. Переданы на хранение в типовой фонд Гербария культурных растений мира, их диких родичей и сорных

растений (WIR) номенклатурные стандарты следующих сортов: Атаман (WIR-54113), Виктория (WIR-54116), Воевода (WIR-54117), Доброхот (WIR-54120), Корнет (WIR-54124), Мушкетёр (WIR-54126), Напев Уральский (WIR-54135), Старатель (WIR-54130). Цифровое изображение номенклатурных стандартов доступно по адресу <http://db.vir.nw.ru/herbar/gerb>

Список литературы

1. Brickell C. D., Alexander C., Cubey J. J., David J. C., Hoffman M. H. A., Leslie A. C., Malécot V., Xiaobai Jin. International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. Scripta Horticulturae. 2016;(18):1-27. URL: https://www.ishs.org/sites/default/files/static/ScriptaHorticulturae_18.pdf
2. Клименко Н. С., Гавриленко Т. А., Чухина И. Г., Гаджиев Н. М., Евдокимова З. З., Лебедева В. А. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов картофеля, выведенные селекционерами Ленинградского НИИСХ «Белогорка». Биотехнология и селекция растений. 2020;3(3):18-54. DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o3>
3. Фомина Н. А., Антонова О. Ю., Чухина И. Г., Гимаева Е. А., Сташевски З., Гавриленко Т. А. Номенклатурные стандарты и генетические паспорта сортов картофеля селекции Татарского НИИСХ «Казанский научный центр РАН». Биотехнология и селекция растений. 2020;3(3):55-67. DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o4>
4. Багмет Л. В., Шлявас А. В. Номенклатурные стандарты сортов яблони селекции Павловской опытной станции ВИР. Vavilovia. 2021;4(1):3-24. DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-1-3-24>
5. Камнев А. М., Ягвцева Н. Д., Дунаева С. Е., Гавриленко Т. А., Чухина И. Г. Номенклатурные стандарты сортов малины Алтайской селекции. Vavilovia. 2021;4(2):26-43. DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-2-26-43>
6. Тихонова О. А., Шаблюк Н. О., Гавриленко Т. А., Дунаева С. Е., Таловина Г. В. Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции ВИР. Vavilovia. 2021;4(2):3-25. DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-2-3-25>
7. Шлявас А. В., Тележинский Д. Д., Багмет Л. В. Номенклатурные стандарты сортов яблони селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть 1. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(4):102-107. DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-102-107>
8. Багмет Л. В., Чеботок Е. М., Шлявас А. В. Номенклатурные стандарты сортов чёрной смородины селекции Свердловской селекционной станции садоводства. Часть I. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(6):873-886. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.873-886>
9. Белозор Н. И. Гербаризация культурных растений: методические указания. Л.: ВИР, 1989. 56 с.
10. Князев С. Д., Баянова Л. В. Смородина, крыжовник и их гибриды. Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под ред. Е. Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1999. С. 353-373.
11. Шагина Т. В., Батманова Е. М. Коллекционное изучение отборных семян селекции ГНУ Свердловская ССС ВСТИСП Россельхозакадемии. Оценка состояния и резервы повышения эффективности производства продукции садоводства и пчеловодства: сб. науч. тр. Юбилейной конф., посв. 75-летию образования Новосибирской ЗПЯОС им. И. В. Мичурина (Бердск, 23 апреля 2010 г.). Новосибирск, 2010. С. 149-153.
12. Шагина Т. В., Батманова Е. М. Результаты селекции смородины черной на Среднем Урале. Аграрный вестник Урала. 2011;(1(80)):63-64. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17868531>
13. Чеботок Е. М. Итоги изучения коллекции смородины чёрной на Среднем Урале. Плодоводство и ягодоводство России. 2020;60:136-143. DOI: <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-60-136-143>
14. Чеботок Е. М. Доброхот – новый сорт смородины чёрной. Современное садоводство. 2019;(2):63-67. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39270572>
15. Чеботок Е. М. Новый сорт смородины чёрной Воевода. Селекция и сорторазведение садовых культур. 2018;5(1):145-147. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35267983>
16. Гавриленко Т. А., Чухина И. Г. Номенклатурные стандарты современных российских сортов картофеля, хранящиеся в гербарии ВИР (WIR): новые подходы к регистрации сортового генофонда в генбанках. Биотехнология и селекция растений. 2020;3(3):6-17. Режим доступа: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o2>

Reference

1. Brickell C. D., Alexander C., Cubey J. J., David J. C., Hoffman M. H. A., Leslie A. C., Malécot V., Xiaobai Jin. International code of nomenclature for cultivated plants. Ed. 9. Scripta Horticulturae. 2016;(18):1-27. URL: https://www.ishs.org/sites/default/files/static/ScriptaHorticulturae_18.pdf
2. Klimenko N. S., Gavrilenko T. A., Chukhina I. G., Gadzhiev N. M., Evdokimova Z. Z., Lebedeva V. A. *Nomenklaturnye standarty i geneticheskie pasporta sortov kartofelya, vyvedennyye seleksionerami Leningradskogo NIISKh «Belogorka»*. [Nomenclatural standards and genetic passports of potato cultivars bred at the Leningrad Research Institute for Agriculture «Belogorka»]. *Biotehnologiya i selektsiya rasteniy* = Plant Biotechnology and Breeding. 2020;3(3):18-54. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o3>
3. Fomina N. A., Antonova O. Yu., Chukhina I. G., Gimaeva E. A., Stashevski Z., Gavrilenko T. A. *Nomenklaturnye standarty i geneticheskie pasporta sortov kartofelya seleksii Tatarskogo NIISKh «Kazanskiy nauchnyy tsentr RAN»*. [Nomenclatural standards and genetic passports of potato cultivars bred by the Tatar Research Institute of Agriculture «Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences»]. *Biotehnologiya i selektsiya rasteniy* = Plant Biotechnology and Breeding. 2020;3(3):55-67. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-o4>
4. Bagmet L. V., Shlyavas A. V. *Nomenklaturnye standarty sortov yablони seleksii Pavlovskoy opytной stantsii VIR*. [Nomenclatural standards of apple cultivars bred at the Pavlovsk experiment station of VIR]. Vavilovia. 2021;4(1):3-24. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-1-3-24>

5. Kamnev A. M., Yagovtseva N. D., Dunaeva S. E., Gavrilenko T. A., Chukhina I. G. *Nomenklaturnye standarty sortov maliny Altayskoy seleksii*. [Nomenclatural standards of raspberry cultivars bred in the Altai]. *Vavilovia*. 2021;4(2):26-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-2-26-43>
6. Tikhonova O. A., Shablyuk N. O., Gavrilenko T. A., Dunaeva S. E., Talovina G. V. *Nomenklaturnye standarty sortov chernoy smorodiny seleksii VIR*. [Nomenclatural standards of black currant cultivars bred at VIR]. *Vavilovia*. 2021;4(2):3-25. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-3860-2021-2-3-25>
7. Shlyavas A. V., Telezhinskiy D. D., Bagmet L. V. *Nomenklaturnye standarty sortov yablони seleksii Sverdlovskoy selektsionnoy stantsii sadovodstva. Chast' I*. [Nomenclatural standards of apple cultivars developed at Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part I]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i seleksii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021;182(4):102-107. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-4-102-107>
8. Bagmet L. V., Chebotok E. M., Shlyavas A. V. *Nomenklaturnye standarty sortov chernoy smorodiny seleksii Sverdlovskoy selektsionnoy stantsii sadovodstva. Chast' I*. [Nomenclatural standards of black currant cultivars bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station. Part I]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(6):873-886. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.6.873-886>
9. Belozor N. I. *Gerbarizatsiya kul'turnykh rasteniy: metodicheskie ukazaniya*. [Herbarization of cultivated plants (Guidelines)]. Leningrad: VIR, 1989. 56 p.
10. Knyazev S. D., Bayanova L. V. *Smorodina, kryzhovnik i ikh gibridy. Programma i metodika sortoizucheniya plodovykh, yagodnykh i orekho-plodnykh kul'tur*. [Currant, gooseberry and their hybrids. Program and methodology of variety studying of fruit, berry and nut crops]. *Pod red. E. N. Sedova*. Orel: VNIISPK, 1999. pp. 353-373.
11. Shagina T. V., Batmanova E. M. *Kollekcionnoe izuchenie otbornykh sejancev seleksii GNU Sverdlovskaya SSS VSTISP Ros-sel'hozademi*. [Collection study of selected seedlings bred by Sverdlovsk Horticultural Breeding Station]. *Ocenka sostojaniya i rezervy povysheniya jeffektivnosti proizvodstva produkcii sadovodstva i pchelovodstva: sb. nauch. tr. Jubilejnoj konf., posv. 75-letiju obrazovaniya Novosibirskoj ZPJaOS im. I. V. Michurina (Berds, 23 aprelya 2010 g.)*. [Assessment of the state and reserves for improving the efficiency of horticulture and beekeeping production: collection of scientific works of the Jubilee Conference, dedicated to the 75th anniversary of the formation of the I. V. Michurin New Siberian Nuclear Power Plant (Berds, April 23, 2010)]. Novosibirsk, 2010. pp. 149-153.
12. Shagina T. V., Batmanova E. M. *Rezultaty seleksii smorodiny chernoy na Srednem Urale*. [Results of selection of a currant black in average Ural mountains]. *Agrarnyy vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2011;(1(80)):63-64. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17868531>
13. Chebotok E. M. *Itogi izucheniya kolleksii smorodiny chernoy na Srednem Urale*. [Results of variety study of black currant collection in the Middle Urals]. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii* = Pomiculture and small fruits culture in Russia. 2020;60:136-143. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2020-60-136-143>
14. Chebotok E. M. *Dobrokhot – novyy sort smorodiny chernoy*. [Dobrokhot is a new variety of black currants]. *Sovremennoe sadovodstvo* = Cotemporary horticulture. 2019;(2):63-67. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39270572>
15. Chebotok E. M. *Novyy sort smorodiny chernoy Voevoda*. [New variety of black currant shaman]. *Seleksiya i sortorazvedenie sadovykh kul'tur*. 2018;5(1):145-147. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35267983>
16. Gavrilenko T. A., Chukhina I. G. *Nomenklaturnye standarty sovremennykh rossiyskikh sortov kartofelya, khraryashchiesya v gerbarii VIR (WIR): novye podkhody k registratsii sortovogo genofonda v gen-bankakh*. [Nomenclatural standards of modern Russian potato cultivars preserved at the VIR herbarium (WIR): A new approach to cultivar genepool registration in a genebank]. *Biotekhnologiya i seleksiya rasteniy* = Plant Biotechnology and Breeding. 2020;3(3):6-17. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30901/2658-6266-2020-3-02>

Сведения об авторах

✉ **Багмет Лариса Владимировна**, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, отдел агроботаники и сохранения *in situ* генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, 42, 44, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0768-0056>, e-mail: lady.brodjaga2010@yandex.ru

Чеботок Елена Михайловна, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, отдел селекции и сортоизучения плодовых и ягодных культур, Свердловская селекционная станция садоводства – структурное подразделение ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского, 112а, Екатеринбург, Российская Федерация, 620142, e-mail: sadovodnauka@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5942-6178>

Шлявас Анна Владимировна, младший научный сотрудник, отдел генетических ресурсов плодовых культур, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, 42, 44, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-6780>

Information about the authors

✉ **Larisa V. Bagmet**, PhD in Biological Science, leading researcher, Department of agrobotany and *in situ* conservation of plant genetic resources, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0768-0056>, e-mail: lady.brodjaga2010@yandex.ru

Elena M. Chebotok, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Department of breeding and cultivar research of fruit and berry crops, Sverdlovsk Horticultural Breeding Station – a structural unit of Ural Federal Agricultural Research Center, Ural Branch of the RAS, 112, bldg. A, Belinskogo Street, Ekaterinburg, Russian Federation, 620142, e-mail: sadovodnauka@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5942-6178>

Anna V. Shlyavas, associate researcher, Department of genetic resources of fruit crops, N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44, Bolshaya Morskaya Str., Saint-Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8009-6780>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.81-89>

УДК 633.2



Изучение селекционных образцов ежи сборной в условиях Республики Коми

© 2022. И. Э. Шарапова✉, Т. В. Косолапова

Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН,
г. Сыктывкар, Российская Федерация

Среди многолетних кормовых растений ежа сборная (*Dactylis glomerata* L.) является культурой, рекомендуемой для создания раннеспелых травостоев при производстве сена и сенажа. В статье приводятся данные комплексной оценки в полевых условиях 7 селекционных образцов ежи сборной второго года пользования (2020 г.) для выделения наиболее перспективных, адаптированных к почвенно-климатическим условиям Севера. В условиях Республики Коми (2019-2020 гг.) отмечена высокая зимостойкость селекционных образцов ежи сборной – 4-5 баллов. В течение вегетационного периода 2020 г. не наблюдали поражённости болезнями и вредителями. Урожайность сухой массы за два укоса на уровне контрольного варианта (9,8 т/га) обеспечили образцы ежи сборной СН-188, СН-185 и СН-1816 (10,2, 10,0 и 9,3 т/га соответственно, НСР₀₅ = 1,1 т/га). По качеству кормовой массы изучаемые образцы ежи сборной отличались незначительно и были на уровне контроля. В фазу колошения отмечено высокое содержание сырого протеина (13,63...15,10 %) у селекционных образцов СН-185, 188, 186, 184, 1816, у контрольного образца данный показатель составил 12,18 %. Анализ структуры семенной продуктивности изучаемых образцов показал, что по длине соцветий превысили контроль (14,5±0,9 см) образцы СН-185 (16,9±1,1 см), СН-1817 (17,6±1,0 см), СН-188 (18,7±1,1 см). По показателям массы 1000 семян селекционные образцы незначительно уступали контролю (1,26 г, НСР₀₅ = 0,06 г). По семенной продуктивности у всех изучаемых образцов не отмечено значимых преимуществ (+2,0...15,8 г/м²) в сравнении с контролем (66,4 г/м², НСР₀₅ = 16,4 г/м²). В результате комплексной оценки выделены наиболее перспективные селекционные образцы ежи сборной: СН-188, СН-185 (Коми популяция) и СН-1816 (Финская популяция).

Ключевые слова: *Dactylis glomerata* L., урожайность, обильность, структура урожая, питательная ценность, семенная продуктивность

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми НЦ УрО РАН № FGMW-2019-0051, Рег. № НИОКТР:1021062411604-8-4.1.1.

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шарапова И. Э., Косолапова Т. В. Изучение селекционных номеров ежи сборной в условиях Республики Коми. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):81-89. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.81-89>

Поступила: 16.09.2021

Принята к публикации: 07.02.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Study of breeding numbers of cocksfoot in the conditions of the Komi Republic

© 2022. Irina E. Sharapova✉, Tatyana V. Kosolapova

A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktuykar, Russian Federation

Among perennial fodder plants cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) is the crop recommended for the creation of early-maturing herbage in the production of hay and haylage. The article presents the data of a comprehensive assessment in the field of 7 breeding samples of cocksfoot of the second year of use (2020) to identify the most promising ones matched to the soil and climatic conditions of the North. High winter hardiness (4-5 points) of the breeding samples of cocksfoot was noted in the conditions of the Komi Republic in 2019-2020. No disease or pest affection of the plants was noted during the growing season of 2020. The yield of dry matter for two cuttings at the level of the control variant (9.8 t/ha) was provided by cocksfoot samples CH-188, CH-185 and CH-1816 (10.2, 10.0 and 9.3 t/ha, respectively, LSD₀₅ = 1.1 t/ha). The studied cocksfoot samples did not differ significantly and were at the level of the control according to the quality of the fodder mass. During the earing stage a high content of crude protein (13.63...15.10 %) was noted in breeding samples CH-188, 185, 184, 1816, for the control sample this index was 12.18%. The analysis of the seed productivity structure for the studied cocksfoot samples showed that the following samples had increased the control in the length of inflorescences (14.5±0.9 cm) – CH-185 (16.9±1.1 cm), CH-1817 (17.6±1.0 cm), CH-188 (18.7±1.1 cm). According to the weight of 1000 seeds, the breeding samples were slightly inferior to the control (1.26 g, LSD₀₅ = 0.06 g). According to seed productivity, no significant advantages were detected in all studied samples (+2.0...15.8 g/m²) compared with the control (66.4 g/m², LSD₀₅ = 16.4 g/m²). As the result of the comprehensive assessment the most promising breeding samples of cocksfoot have been noted. They are CH-188, CH-185 (Komi population) and CH-1816 (Finnish population).

Keywords: *Dactylis glomerata* L., yield productivity, leaf formation, yield structure, nutritional value, seed productivity

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 A.V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences No. FGMW-2019-0051, Reg. No. 1021062411604-8-4.1.1.

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: Sharapova I. E., Kosolapova T. V. Study of breeding numbers of cocksfoot in the conditions of the Komi Republic. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):81-89. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.81-89>

Received: 16.09.2021

Accepted for publication: 07.02.2022

Published online: 25.02.2022

В системе кормопроизводства приоритетное место принадлежит селекции многолетних трав, основной целью которой является создание более урожайных сортов нового поколения с повышенной кормовой ценностью и высокой устойчивостью к воздействию неблагоприятных биотических и абиотических факторов среды обитания [1]. Ориентация селекции должна быть направлена на усиление адаптивных возможностей видов кормовых культур с учетом почвенно-климатического потенциала территории [2, 3]. Интродукция и использование местного генофонда в качестве исходного материала, обладающего широкой реакцией на абиотические, биотические и антропогенные факторы среды, устойчивого к болезням, сочетающего высокий потенциал продуктивности с экологической пластичностью, дают возможность для создания сортов нового поколения, адаптированных к экстремальным почвенно-климатическим условиям Республики Коми.

Местные дикорастущие популяции многолетних трав представляют большую ценность как исходный материал для селекции, обладают комплексом хозяйственно-биологических признаков, сложившихся благодаря естественному отбору под воздействием конкретных экологических, почвенно-климатических и хозяйственных условий [4, 5].

Среди многолетних кормовых растений определенного внимания заслуживает ежа сборная, которая рекомендуется для создания раннеспелых травостоев в системе пастбищного и сырьевого конвейеров при производстве сена и сенажа [6, 7, 8]. В год посева ежа развивается медленно, на следующий год весной рано трогается в рост и в нормальных условиях за лето может формировать 4 укоса. Полного развития достигает на 2-3 год жизни, в травостое держится 5-6 лет. Высокие урожаи семян дает в течение 3-4 лет [9, 10]. При использовании на пастбище в благоприятных условиях способна интенсивно отрастать с весны и наращивать зеленую массу после каждого стравливания. Ежа сборная отзывчива на внесение

удобрений, особенно азотных. Зеленая масса при раннем укосе дает высокопитательный пастбищный корм. В Западной Европе, а также в странах Скандинавии ежа сборная принята одной из лучших кормовых трав [11, 12]. В нашей стране ежа сборная успешно возделывается в регионах с различными природно-климатическими условиями [13, 14, 15].

На сегодняшний день в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации по Северному региону включены следующие сорта ежи сборной: Бирская 1, ВИК 61, Двина, Ленинградская 853, Нева, Струта¹. Необходимость укрепления кормовой базы животноводства Северного региона, а также отсутствие высокоурожайного сорта, с хорошим качеством кормовой массы и устойчивостью к климатическим условиям Республики Коми определило актуальность исследований.

Цель исследований – провести комплексную оценку и выявить перспективные селекционные образцы ежи сборной по основным хозяйственно ценным признакам для дальнейшего использования в селекционном процессе.

Научная новизна исследований заключается в изучении и комплексной оценке кормовой продуктивности селекционных образцов ежи сборной второго года пользования травостоями в условиях Республики Коми.

Материал и методы. Исследования проводили в селекционных питомниках образцов ежи сборной (посев 2018 г.) на опытном поле Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН (Республика Коми, г. Сыктывкар). Почва опытного участка дерново-подзолистая среднесуглинистая с содержанием в среднем гумуса – 3,3 %, рН_{сол.} – 6,0, P₂O₅ – 824 мг и K₂O – 263 мг на 1 кг почвы. Агротехника выращивания многолетних злаковых трав общепринятая для Нечерноземной зоны². Климат умеренно-континентальный с продолжительной достаточно суровой зимой и коротким сравнительно прохладным летом.

¹Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. Т. 1. Сорта растений (официальное издание). М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 680 с.

²Система земледелия Республики Коми: монография. Сыктывкар: ГОУ ВО КРАГСиУ, 2017. 225 с.

В качестве объекта исследований в селекционную работу включены переопыленные линии на основе дикорастущих популяций из Республики Коми (СН-184, СН-185, СН-186, СН-188), Норвегии (СН-1817) и Финляндии (СН-1816), которым были присвоены селекционные номера (СН). Поскольку в период изучения местные районированные сорта отсутствовали, за контроль был принят СН-1810.

Травостой ежи сборной первого года пользования (2019 г.) показали низкую продуктивность ввиду медленного развития в первый год жизни. Поэтому представлены результаты изучения образцов ежи сборной второго года пользования, проведенного в 2020 году.

В качестве основных методов селекции использовали массовый отбор и внутривидовую гибридизацию путем свободного опыления. Селекционный питомник для переопыления и оценки семенной продуктивности заложен широкорядно с междурядьем 60 см, площадь делянки 10 м², в 4-кратной повторности. Для учета на зеленую массу образцы посеяны рядовым способом, беспокровно: площадь делянки 2 м², повторность 4-кратная.

Изучение и оценку образцов в селекционном питомнике проводили по методикам, разработанным ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса³. В течение всего вегетационного периода в питомниках проводили фенологические наблюдения.

Урожайность сухого вещества с делянки устанавливали из урожая зеленой массы по пробному снопу (500 г), который отбирали при взвешивании зеленой массы и высушивали до постоянного веса. Облиственность определяли в процентах при анализе пробного снопа путем деления массы листьев на общую массу сухого снопа. Урожайность семян с делянки после обмолота, высушивания и очистки приводили к 100 % чистоте и стандартной влажности.

Определение биохимических показателей качества кормовой массы по содержанию сырого протеина (ГОСТ 13496.4-93), клетчатки (ГОСТ 31675-2012), сырого жира (ГОСТ 13496.15-2016) проведено в ФГБУ САС «Сыктывкарская».

Математическая и статистическая обработка полученных результатов выполнена по общепринятым методикам⁴ с использованием статистических программ Microsoft Office Excel 2010 и CXSTAT. Все экспериментальные данные приведены в виде среднего арифметического с доверительным интервалом для P = 0,95, рассчитанным по результатам измерения соответствующего параметра в трёх повторах.

Метеорологические условия рассмотрены в период с сентября 2019 года по август 2020 года. Распределение осадков и ход среднемесячной температуры воздуха представлены на рисунке.

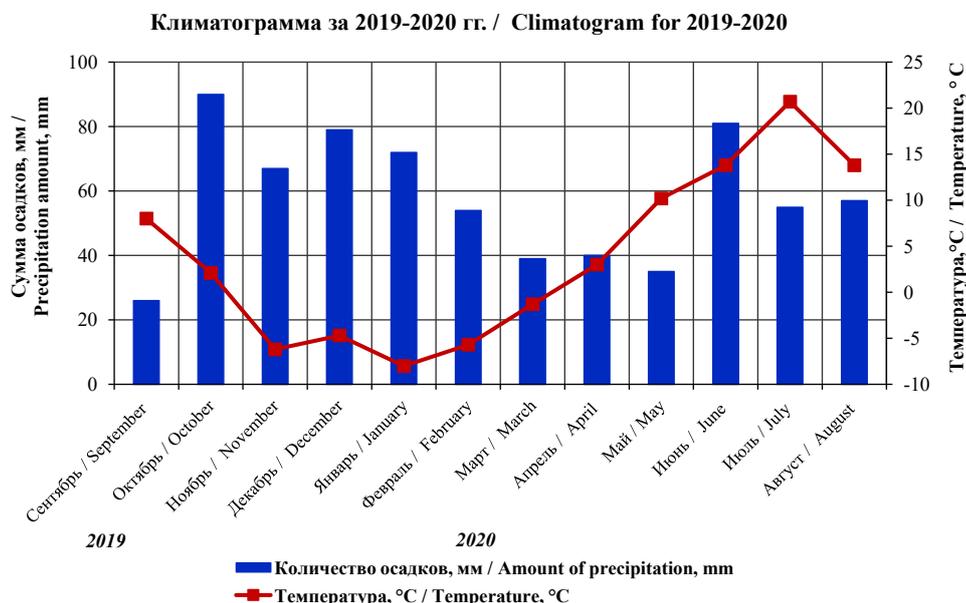


Рис. Среднемесячная температура воздуха и месячная сумма осадков (по данным Центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Республики Коми) /

Fig. Average monthly air temperature and monthly precipitation (according to the Center for Hydro-meteorology and Environmental Monitoring of the Republic of Коми)

³Методические указания по селекции многолетних трав. М.: ВНИИ кормов им. В. Р. Вильямса, 1985. 187 с.;
Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2012. 51 с.

⁴Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Средняя температура трех зимних месяцев была выше нормы на 4,7-6,7°C. В январе и феврале средняя температура воздуха составила -8...-5,7°C с отдельными холодными периодами до -33°C. Снегопады способствовали увеличению снежного покрова на полях. Средняя высота снега на последний день месяца составила 73 см. Отмечена хорошая перезимовка селекционных образцов ежи сборной – 4-5 баллов.

Весеннее отрастание образцов ежи сборной наблюдалось в первой декаде мая. С начала вегетационного периода до конца июня сумма эффективных температур выше 5°C составила 535,8°C. По средним температурам июнь мало отличался от средних многолетних значений. В третьей декаде температура воздуха была ниже нормы на 5°C и составила 10,3°C, осадки выпали в пределах нормы. Недостаток влаги в первой и второй декадах не отразился на состоянии растений в июне благодаря запасам почвенной влаги. Июль по средним значениям температур превзошел средние многолетние показатели на 2,5°C. Сумма эффективных температур от начала вегетации до созревания семян составила 1000,8°C. В целом вегетация растений изучаемых образцов ежи сборной проходила при благоприятных погодных условиях. ГТК за вегетационный период составил 1,1.

Результаты и их обсуждение. В течение вегетационного периода велись наблюдения за фазами развития растений. Начало весеннего отрастания образцов ежи сборной отмечено 5...7 мая, колошение – 9...12 июня, начало цветения – 17...19 июля. Наиболее поздним развитием отличался образец СН-186 (Коми популяция), отрастание и цветение которого отмечали на 2 дня позже контрольного образца СН-1810.

Одним из главных элементов в структуре урожая зеленой массы злаковых трав является высота растений (табл. 1). По высоте растений образцы ежи сборной, высаженные узкорядным и широкорядным посевом, отличались по фазам развития. Так, при узкорядном посеве высота растений по фазам развития была ниже в сравнении с широкорядным способом. Анализ изменения высоты растений показал, что в фазу «выход в трубку» высота изучаемых образцов при узкорядном посеве колебалась от 35,0 см (СН-186) до 40,9 см (СН-188). В фазу «колошение» средняя высота растений составила 84,3 см. Растения образца СН-184 были ниже изучаемых образцов ($НСР_{05} = 5,2$ см). В фазу «цветение» наименьшая высота растений отмечена у СН-184, СН-186 и СН-1816 (139,3 см, 136,6 и 139,2 см соответственно). Остальные изучаемые образцы (СН-185, СН-188, СН-1817) по высоте были на уровне контрольного (147,9 см).

Таблица 1 – Высота побегов образцов ежи сборной по фазам развития, см / Table 1 – Height of shoots of cocksfoot samples according to development phases, cm

Селекционный номер / Breeding number	Выход в трубку / Shooting		Колошение / Earing		Цветение / Flowering	
	посев / sowing					
	узкорядный / narrow-row	широко-рядный / wide-row	узкорядный / narrow-row	широко-рядный / wide-row	узкорядный / narrow-row	широко-рядный / wide-row
1810 (контроль) / (control)	38,8	46,2	84,3	97,8	147,9	147,2
185	39,8	39,7	86,0	92,2	142,8	140,9
188	40,9	47,1	89,3	98,8	149,0	145,0
1817	38,7	40,5	88,1	96,3	141,9	146,7
186	35,0	46,7	82,4	97,8	139,3	142,9
184	37,4	44,7	77,7	98,8	136,6	145,4
1816	37,6	46,5	82,6	97,6	139,2	140,2
$НСР_{05} / LSD_{05}$	3,95	3,24	5,20	3,92	6,54	6,35

При широкорядном посеве в фазу «выход в трубку» средняя высота изучаемых образцов составила 44,5 см. Образцы СН-1817

и СН-185 достоверно уступали контролю СН-1810 (46,2 см) при $НСР_{05} = 3,24$. К фазе «колошение» высота изучаемых образцов была

на уровне с контролем, за исключением образца СН-185, который показал наименьшую высоту – 92,2 см. В фазу «цветение» средний показатель растений достиг 144 см, наименьшая высота в сравнении с контролем СН-1810 (147,2 см) отмечена у образцов СН-185 – 140,9 см, СН-1816 – 140,2 см.

В фазу «колошение» (10.06.2020) провели первый укос кормовой массы для учета урожайности и питательной ценности селекционных образцов ежи сборной. Облиственность злаковых трав – важный показатель качества зеленой массы и сена, отражающий соотношение листьев и стеблей с соцветиями. В листьях содержится в 2-3 раза больше сырого протеина, чем в стеблях [16]. Кроме того, облиственность – один из наиболее важных элементов структуры урожайности кормовой массы, поэтому ведется целенаправленная селекция на увеличение облиственности.

В селекционном питомнике кормовой продуктивности облиственность более 50 % наблюдали у СН-184 (54,2 %) и СН-1810 (54,9 %). Облиственность у других образцов отмечена ниже контроля и варьировала от 37,4 до 48,9 % (НСР₀₅ = 5,0), где наименее облиственным был образец СН-185 (табл. 2).

Следует отметить, что наибольшее суммарное число генеративных и вегетативных побегов на 1 м² (920 и 868 шт/м²) и урожайность сухой массы (765 и 760 г/м²) сформировали СН-188 и СН-1816. Выход сухого вещества по образцам варьировал от 17,8 до 21,0 %.

Второй учет кормовой массы провели в фазу «цветение» (21.07.2020). Отмечено, что содержание сухого вещества по образцам увеличилось по сравнению с первым укосом в 1,4-1,5 раза. Второй укос был проведен при достижении травостоем высоты 44,9-54,7 см. По высоте побегов выделились селекционные образцы СН-1810, СН-184 и СН-188. Содержание абсолютно сухого вещества варьировало от 25,9 до 28,7% (табл. 3).

Таблица 2 – Морфометрические показатели образцов ежи сборной в фазу «колошение» (2020 г.) / Table 2 – Morphometric indicators of cocksfoot samples during the «earring» phase (2020)

Селекционный номер / Breeding number	Количество побегов, шт/м ² / Number of shoots, pcs/m ²		Сухая масса, г/м ² / Dry weight, g/m ²	Облиственность, % / Leafiness, %	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Размеры генеративных листьев, см / Dimensions of generative leaves, cm		Размеры вегетативных листьев, см / Dimensions of vegetative leaves, cm		Междоузлия, шт. / Internodes, pcs.	Толщина генеративного стебля, см / Thickness of the generative stem, cm	Толщина вегетативного стебля, см / Thickness of the vegetative stem, cm
	генеративных / generative	вегетативных / vegetative				длина / length	ширина / width	длина / length	ширина / width			
1810 (контроль) / (control)	276	580	690	54,9	18,77	27,2±1,2	0,68±0,03	35,3±1,5	0,55±0,03	4	0,45	0,43
185	338	466	745	37,4	17,82	25,3±0,9	0,86±0,04	34,8±1,9	0,67±0,05	4	0,51	0,43
188	350	570	765	48,9	19,69	27,5±1,5	0,77±0,05	35,0±1,7	0,58±0,03	4	0,46	0,44
1817	330	406	680	46,5	20,70	24,7±1,3	0,75±0,02	31,8±1,1	0,64±0,04	4	0,45	0,48
186	342	438	665	47,1	19,72	27,3±1,4	0,81±0,03	33,3±2,3	0,72±0,05	4	0,46	0,47
184	242	526	595	54,2	18,03	27,9±2,1	0,81±0,04	34,9±1,6	0,81±0,02	4	0,49	0,46
1816	352	516	760	46,7	21,01	23,4±0,9	0,67±0,03	34,2±0,9	0,57±0,04	4	0,45	0,38
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	4,8	15,8	21,9	5,0	3,20	-	-	-	-	-	0,05	0,11

Таблица 3 – Структура кормовой продуктивности образцов ежи сборной во втором укосе (2020 г.) /
Table 3 – The structure of forage productivity of cocksfoot samples in the second cutting (2020)

Селекционный номер / Breeding number	Отава / Aftermath			Урожайность сухой массы за 2 укоса, т/га / Productivity of dry matter for 2 cuttings, t/ha
	высота растений, см / height of plants, cm	сухое вещество, % / dry matter, %	сухая масса, г/м ² / dry weight, g/m ²	
1810 (контроль) / (control)	54,7	27,6	291,0	9,8
185	46,0	27,2	250,0	10,0
188	52,2	26,1	251,0	10,2
1817	44,9	28,0	151,5	8,3
186	45,9	28,7	183,5	8,5
184	54,2	26,0	234,5	8,3
1816	48,3	25,9	207,5	9,7
НСР ₀₅ / LSD ₀₅	4,6	0,4	80,1	1,1

По урожайности сухой массы СН-1810 (291,0 г/м²) превысил изучаемые образцы ежи сборной СН-1817, СН-186 и СН-1816 при НСР₀₅ = 80,1 г/м². Урожайность сухой массы отавы на уровне контрольного селекционного образца обеспечили СН-185, СН-188 и СН-184. Высокой урожайностью сухой массы за два укоса (на уровне контрольного образца) характеризовались образцы СН-185, СН-188, СН-1816. Урожайность сухой массы для образцов ежи сборной в сумме за два укоса составила 8,3-10,2 т/га.

Фитосанитарный мониторинг, проведенный в фазы «колошение» и «цветение» на посевах ежи сборной, показал отсутствие повреждений и поражений вредителями и болезнями.

Многолетние злаковые травы в решении проблемы белково-жировой питательности кормов играют значительную роль. Большое значение в определении питательной ценности корма имеет содержание протеина. У злаковых трав больше всего накапливается протеина во время фазы «начало колошения», поэтому пробы для анализа отобраны именно в эту фазу.

Качество кормов определяется их энергетической ценностью, которая рассчитывается по содержанию сырого протеина, сырой клетчатки, обменной энергии в 1 кг сухого вещества. В соответствии с нормативными требованиями, сено первого класса должно содержать обменной энергии не менее 8,9 МДж, сырого протеина – 13 %, клетчатки – не более 30 %, кормовых единиц – 0,64 кг⁵. Основные

показатели питательной ценности селекционных номеров ежи сборной представлены в таблице 4.

Кормовая масса первого укоса в фазу «колошение» характеризовалась высоким содержанием клетчатки по всем селекционным образцам – 31,32-33,69 %. Наиболее высокое содержание клетчатки отмечено у образца СН-1810 (33,69 %). Содержание сырого протеина в изучаемых образцах варьировало от 15,10 % (СН-184) до 11,96 % (СН-1817). Для образцов ежи сборной отмечено различное содержание жира – от 2,85 до 3,99 %. Данные биохимических показателей свидетельствуют о том, что качество сухой массы в фазу «колошение» высокое.

Питательная ценность кормовой массы отавы также была высокой – на уровне фазы «колошение». Обменная энергия составила 8,97-9,26 МДж. Отмечено высокое содержание сырого протеина (12,19-17,08 %), но у отдельных образцов (СН-184, СН-185) показатели были ниже по сравнению с первым укосом. Также уменьшились по сравнению с первым укосом показатели кормовых единиц – от 0,65 до 0,68 кг у образцов СН-185 и СН-188, содержание клетчатки варьировало от 31,5 до 33,5 %, тогда как показатели содержания жира соответственно увеличились по сравнению с первым укосом (3,05-4,8 %). Отмечено, что лучшим качеством кормовой массы отличались образцы СН-188, СН-185 и СН-1816.

⁵Методические указания по оценке качества и питательной ценности кормов. М.: ЦИНАО, 2002. 76 с.

Таблица 4 – Биохимический состав и питательная ценность сена образцов ежи сборной (2020 г.) / Table 4 – Biochemical composition and nutritional value of hay of cocksfoot samples (2020)

Селекционный номер / Breeding number	Жир, % / Fat, %	Протеин сырой, % / Crude protein, %	Клетчатка, % / Fiber, %	Сухое вещество, % / Dry matter, %	Обменная энергия, МДж / Exchange energy, MJ	Кормовые единицы, кг / Fodder units, kg
1810 (контроль) / (control)	<u>2,90</u> 3,59	<u>12,18</u> 12,19	<u>33,69</u> 31,77	<u>18,8</u> 27,6	<u>8,94</u> 9,26	<u>0,65</u> 0,70
185	<u>3,99</u> 4,05	<u>15,00</u> 13,09	<u>31,60</u> 33,51	<u>17,8</u> 27,2	<u>9,31</u> 8,97	<u>0,70</u> 0,65
188	<u>3,43</u> 3,05	<u>14,07</u> 17,08	<u>31,32</u> 32,51	<u>19,7</u> 26,1	<u>9,36</u> 9,13	<u>0,71</u> 0,68
1817	<u>3,43</u> 4,81	<u>11,96</u> 16,02	<u>32,62</u> 32,63	<u>20,7</u> 28,0	<u>9,13</u> 9,13	<u>0,68</u> 0,68
186	<u>3,20</u> 3,87	<u>13,63</u> 14,90	<u>33,23</u> 31,50	<u>19,7</u> 28,7	<u>9,02</u> 9,33	<u>0,66</u> 0,71
184	<u>2,85</u> 4,46	<u>15,10</u> 14,49	<u>32,84</u> 32,84	<u>18,0</u> 26,0	<u>9,09</u> 9,10	<u>0,67</u> 0,67
1816	<u>2,98</u> 4,29	<u>14,00</u> 14,66	<u>32,30</u> 31,85	<u>21,0</u> 25,9	<u>9,19</u> 9,26	<u>0,68</u> 0,69

* Числитель – укос в фазу «колошение»; знаменатель – укос отавы /

* Numerator-cutting during the «earring» phase; denominator – aftermath hay crop

Важным хозяйственно ценным признаком в селекции сельскохозяйственных культур является семенная продуктивность, которая зависит от возраста растений, погодных условий, особенностей образца, а также от числа генеративных побегов в травостое, размеров соцветий, количества сформировавшихся семян в соцветии, массы 1000 семян и почвенно-климатических условий произрастания.

В наших исследованиях с момента весеннего отрастания до созревания семян прошло 76 дней. Урожайность семян всех номеров ежи сборной была высокой от 66,4 г/м² у СН-1810 до 82,2 г/м² у СН-184 (табл. 5). По длине соцветий выделился СН-188, превысивший другие образцы на 4,2-1,1 см. Наиболее крупные семена, массой 1000 семян 1,26 г сформировал СН-1810.

Таблица 5 – Структура семенной продуктивности образцов ежи сборной (2020 г.) / Table 5 – The structure of the seed productivity of cocksfoot samples (2020)

Селекционный номер / Breeding number	Длина соцветия, см / Inflorescence length, cm	Масса 1000 семян, г / 1000 seed weight, g	Семенная продуктивность, г/м ² / Seed productivity, g/m ²
1810 (контроль) / (control)	14,5±0,9	1,26	66,4
185	16,9±1,1	1,03	68,4
188	18,7±1,1	1,05	80,3
1817	17,6±1,0	1,19	78,2
186	16,3±0,8	1,19	69,9
184	15,8±1,0	1,01	82,2
1816	16,5±0,8	1,19	75,8
HCP ₀₅ / LSD ₀₅	-	0,06	16,4

Заключение. В результате комплексной оценки по хозяйственно ценным признакам отмечены основные характеристики селекционных номеров ежи сборной второго года пользования в условиях Республики Коми.

По урожайности сухой массы за два укоса образцы ежи сборной СН-188, СН-185 и СН-1816 – 10,2, 10,0 и 9,3 т/га соответственно – были на уровне контрольного образца (9,8 т/га), HCP₀₅ = 1,1 т/га. Отмечена различная

урожайность семян изучаемых селекционных номеров – 68,4-82,2 г/м², у контрольного образца 66,4 г/м² (НСР₀₅ = 16,4). По показателям массы 1000 семян селекционные образцы незначительно уступали контролю (1,26 г, НСР₀₅ = 0,06). Высоким содержанием сырого протеина выделились образцы СН-185, СН-186, СН-188, СН-184, СН-1816 – более 13 %.

В течение вегетационного сезона 2020 г. не отмечено повреждений вредителями и поражений болезнями в посевах изучаемых сортообразцов ежи сборной. В результате комплексной оценки выделены наиболее перспективные селекционные образцы ежи сборной: СН-188, СН-185 (Коми популяция) и СН-1816 (Финская популяция).

Список литературы

1. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Обеспечение устойчивого производства кормов. Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук: мат-лы VI Междунар. науч.-практ. конф. Петропавловск, 2018. Т. 1. Вып. 1. С. 110-111. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37624634>
2. Бочарникова Н. И., Жученко А. А. Адаптивный потенциал кормовых растений и его использование. Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: средообразующие функции кормовых растений и экосистем: сб. научн. тр. Вып. 1 (49). М.: Угрешская типография, 2014. С. 39-42. Режим доступа: <http://elib.cnsnb.ru/books/free/0326/326772/#40>
3. Жученко А. А. Адаптивная система селекции растений (эколого-генетические основы). М.: РУДН, 2001. Т. 1. 783 с.
4. Беляева Р. А., Рубцова В. Е. Двукосточник тростниковый: изучение и создание исходного материала в условиях северного региона РФ. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 67 с.
5. Тулинов А. Г., Косолапова Т. В., Михайлова Е. А. Результаты оценки коллекционных образцов *Dactylis glomerata* L. в условиях Республики Коми. Земледелие. 2019;(3):41-43. DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10311>
6. Bakhtiari M. A., Saaidnia F., Majidi M. M., Mirlohi A. Growth traits associated with drought survival, recovery and persistence of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under prolonged drought treatments. Crop and Pasture Science. 2019;70(1):85-94. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP18473>
7. Zhou L., Kallida R., Shaimi N., Barre P., Volaire F., Gaboun F., Fakiri M. Evaluation of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) population for drought survival and behavior. Saudi Journal of Biological Sciences. 2019;26(1):49-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.002>
8. Косолапов В. М., Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. Многофункциональное кормопроизводство России. Кормопроизводство. 2011;(10):3-5.
9. Olszewska M., Grzegorzczak S., Grabowski K. The yield and nutrient content of mixtures alfalfa with cocksfoot. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 2020;57(3):597-603. URL: <https://pakjas.com.pk/papers/3152.pdf>
10. Иевлев Н. И. Кормовые растения на торфяных почвах Европейского Севера. Л.: Наука, 1983. С. 120-122.
11. Malysheva N., Soloveva A., Dyubenko T., Kovaleva N., Malyshev L. Evaluation of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) collection of different geographical origin in the Leningrad region. Research for Rural Development. 2019;(2):77-82. DOI: <https://doi.org/10.22616/rrd.25.2019.052>
12. Будин К. З. Селекция растений в Скандинавских странах. М.: Колос, 1979. С. 129-136.
13. Наумова Т. В., Емельянов А. Н. Результаты оценки коллекционных образцов ежи сборной в условиях Приморского края. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2015;(8(130)):22-27. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24074504>
14. Теличко О. Н., Галабурдина В. П. Исходный материал сортов ежи сборной для селекции. Аграрный вестник Приморья. 2018;(2(10)):15-17. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35447034>
15. Мальшева Н. Ю., Нагиев Т. Б., Ковалева Н. В., Малышев Л. Л. Изучение продуктивности ежи сборной (*Dactylis glomerata* L.) в Ленинградской области. Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2019;(4(101)):69-75. DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10213>
16. Зарьянова З. А., Кирюхин С. В., Бобков С. В., Меркулов Д. Е. Структура и качество кормовой массы различных видов многолетних трав. Зернобобовые и крупяные культуры. 2017;(4(24)):115-121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30733291>

References

1. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Obespechenie ustoychivogo proizvodstva kormov*. [The support of sustainable feed production]. *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v oblasti estestvennykh i sel'skokhozyaystvennykh nauk: mat-ly VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Current problems of science and education in the field of natural and agricultural sciences: Proceedings of the VI International scientific and practical conference]. Petropavlovsk, 2018. Vol. 1. Iss. 1. pp. 110-111. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37624634>
2. Bocharnikova N. I., Zhuchenko A. A. *Adaptivnyy potentsial kormovykh rasteniy i ego ispol'zovanie*. [Adaptive potential of forage plants and its use]. *Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo: sredoobrazuyushchie funktsii kormovykh rasteniy i ekosistem: sb. nauchn. tr.* [Multifunctional adaptive forage production: environment-forming functions of forage plants and ecosystems: collection of scientific papers]. Iss. 1 (49). Moscow: Ugrreshskaya tipografiya, 2014. pp. 39-42. URL: <http://elib.cnsnb.ru/books/free/0326/326772/#40>

3. Zhuchenko A. A. *Adaptivnaya sistema seleksii rasteniy (ekologo-geneticheskie osnovy)*. [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic basis)]. Moscow: RUDN, 2001. Vol. 1. 783 p.
4. Belyaeva R. A., Rubtsova V. E. *Dvukistochnik trostnikovyy: izuchenie i sozdanie iskhodnogo materiala v usloviyakh severnogo regiona RF*. [Reed canary grass: study and creation of source material in the conditions of the northern region of the Russian Federation]. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. 67 p.
5. Tulinov A. G., Kosolapova T. V., Mikhaylova E. A. *Rezultaty otsenki kollektsonnykh obraztsov Dactylis glomerata L. v usloviyakh Respubliki Komi*. [Results of the evaluation of collection samples of *Dactylis glomerata* L. under conditions of the Komi republic]. *Zemledelie*. 2019;(3):41-43. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10311>
6. Bakhtiari M. A., Saeidnia F., Majidi M. M., Mirlohi A. Growth traits associated with drought survival, recovery and persistence of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) under prolonged drought treatments. *Crop and Pasture Science*. 2019;70(1):85-94. DOI: <https://doi.org/10.1071/CP18473>
7. Zhou L., Kallida R., Shaimi N., Barre P., Volaire F., Gaboun F., Fakiri M. Evaluation of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) population for drought survival and behavior. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2019;26(1):49-56. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.002>
8. Kosolapov V. M., Trofimov I. A., Trofimova L. S., Yakovleva E. P. *Mnogofunktional'noe kormoproizvodstvo Rossii*. [Multifunctional feed production in Russia]. *Kormoproizvodstvo*. 2011;(10):3-5. (In Russ.).
9. Olszewska M., Grzegorzczak S., Grabowski K. The yield and nutrient content of mixtures alfalfa with cocksfoot. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 2020;57(3):597-603. URL: <https://pakjas.com.pk/papers/3152.pdf>
10. Ievlev N. I. *Kormovye rasteniya na torfyanykh pochvakh Evropeyskogo Severa*. [Forage plants on peat soils of the European North]. Leningrad: Nauka, 1983. pp. 120-122.
11. Malysheva N., Soloveva A., Dyubenko T., Kovaleva N., Malyshev L. Evaluation of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) collection of different geographical origin in the Leningrad region. *Research for Rural Development*. 2019;(2):77-82. DOI: <https://doi.org/10.22616/rtd.25.2019.052>
12. Budin K. Z. *Selektsiya rasteniy v Skandinavskikh stranakh*. [Plant breeding in Scandinavian countries]. Moscow: Kolos, 1979. pp. 129-136.
13. Naumova T. V., Emelyanov A. N. *Rezultaty otsenki kollektsonnykh obraztsov ezhi sbornoy v usloviyakh Primorskogo kraya*. [The results of evaluating the collection accessions of *Dactylis glomerata* L. under the conditions of the Primorskiy kraj]. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2015;(8(130)):22-27. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24074504>
14. Telichko O. N., Galaburdina V. P. *Iskhodnyy material sortov ezhi sbornoy dlya seleksii*. [The initial material of varieties of *Dactylis glomerata* L. for selection]. *Agrarnyy vestnik Primor'ya*. 2018;(2(10)):15-17. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35447034>
15. Malysheva N. Yu., Nagiev T. B., Kovaleva N. V., Malyshev L. L. *Izuchenie produktivnosti ezhi sbornoy (Dactylis glomerata L.) v Leningradskoy oblasti*. [Study of cocksfoot (*Dactylis glomerata* L.) performance in Leningrad region]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produktii rasteniyevodstva i zhivotnovodstva*. 2019;(4(101)):69-75. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2019-10213>
16. Zaryanova Z. A., Kiryukhin S. V., Bobkov S. V., Merkulov D. E. *Struktura i kachestvo kormovoy massy razlichnykh vidov mnogoletnikh trav*. [Structure and quality of fodder mass of different types of perennial grasses]. *Zernobobovye i krupyanye kul'tury* = Legumes and Groat Crops. 2017;(4(24)):115-121. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30733291>

Сведения об авторах

✉ **Шарапова Ирина Эдмундовна**, кандидат техн. наук, научный сотрудник отдела сельскохозяйственной геномики, Институт агробιοтехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д.27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1496-0884>, e-mail: i_scharapova@mail.ru

Косолапова Татьяна Всеволодовна, младший научный сотрудник отдела сельскохозяйственной геномики, Институт агробιοтехнологий им. А. В. Журавского ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, ул. Ручейная, д.27, г. Сыктывкар, Республика Коми, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: <http://orsid.org/0000-0001-6550-2296>

Information about the authors

✉ **Irina E. Sharapova**, PhD in Technical Science, researcher, the Department of Agricultural Genomics, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya str., Syktivkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1496-0884>, e-mail: i_scharapova@mail.ru

Tatyana V. Kosolapova, junior researcher, the Department of Agricultural Genomics, A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27, Rucheynaya str., Syktivkar, Komi Republic, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti@bk.ru, ORCID: <http://orsid.org/0000-0001-6550-2296>

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>
УДК 633.854.78:581.2:582.281.144



Состояние популяции возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Российской Федерации

© 2022. М. В. Ивебор ✉, Т. С. Антонова, Н. М. Арасланова, С. Л. Саукова, Ю. В. Питинова, К. К. Елисеева

ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», г. Краснодар, Российская Федерация

*Ложная мучнистая роса – одна из наиболее распространенных и вредоносных болезней подсолнечника (*Helianthus annuus* L.). Цель исследования – определить расы возбудителя болезни оомицета *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni в нескольких регионах Российской Федерации (Республике Адыгея, Краснодарском и Ставропольском краях, Волгоградской, Липецкой, Саратовской и Ростовской областях) и чувствительность изолятов патогена к фунгициду мефеноксам. Определение рас проводили с использованием международного стандартного набора из девяти линий-дифференциаторов подсолнечника, содержащих различные гены устойчивости к возбудителю ложной мучнистой росы (обозначаются PI). В совокупности, в России за более чем 30 лет исследований было идентифицировано 11 рас *P. halstedii*; самые распространенные из них в последние годы – расы 330, 334, 710 и 730. На устойчивость к идентифицированным расам были также протестированы линии подсолнечника HA-337, Rha-340 и Rha-419. Ко всем обнаруженным в регионах расам *P. halstedii* устойчивость проявили линии подсолнечника 803-1 (PI₅₊), Rha-340 (PI₈) и Rha-419 (PI_{arg}). Чувствительность изолятов патогена к фунгициду мефеноксам определяли лабораторным методом с использованием семян подсолнечника универсально восприимчивого к ложной мучнистой росе сорта ВНИИМК 8883, обработанных препаратом Апрон XL, ВЭ (мефеноксам 350 г/л, Syngenta, Швейцария) в соответствии с рекомендованными в РФ нормами расхода (3 л/т семян). В Краснодарском крае найдены изоляты патогена, устойчивые к фунгициду. Для защиты посевов от ложной мучнистой росы необходимо создавать и возделывать генотипы подсолнечника с устойчивостью к комплексу рас *P. halstedii*.*

Ключевые слова: вирулентность, мефеноксам, расы, устойчивость к фунгициду, *Helianthus annuus*, *Plasmopara halstedii*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта» (темы № 122012100095-7).

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ивебор М. В., Антонова Т. С., Арасланова Н. М., Саукова С. Л., Питинова Ю. В., Елисеева К. К. Состояние популяции возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника в регионах Российской Федерации. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):90-97. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>

Поступила: 03.09.2021

Принята к публикации: 14.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2020

The situation in the population of the sunflower downy mildew pathogen in some regions of the Russian Federation

© 2022. Maria V. Iwebor ✉, Tatiana S. Antonova, Nina M. Araslanova, Svetlana S. Saukova, Yulia V. Pitinova, Ksenia K. Eliseeva

V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops, Krasnodar, Russian Federation

*Downy mildew is one of the most spread and harmful diseases of sunflower (*Helianthus annuus* L.). The aim of the study was to determine the races of the pathogen of the disease of the oomycete *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni in several regions of the Russian Federation (the Republic of Adygeya, Krasnodar Krai, Stavropol Territory, Volgograd, Lipetsk, Saratov and Rostov regions) and the sensitivity of its isolates to the fungicide mefenoxam. The races were determined using an international standard set of nine sunflower differential lines carrying different genes of resistance to *P. halstedii* (genes are named PI). In total, over all the years of research (more than 30 years), 11 *P. halstedii* races were identified in Russia; the most common of these in recent years have been races 330, 334, 710 and 730. Sunflower lines HA-337, Rha-340 and Rha-419 have also been tested for resistance to the identified races. Sunflower lines 803-1 (PI₅₊), Rha-340 (PI₈) and Rha-419 (PI_{arg}) were resistant to all *P. halstedii* races that have been found in the regions of the Russian Federation. The sensitivity of the pathogen isolates to the fungicide mefenoxam was determined by a laboratory method using sunflower seeds of the universally susceptible to downy mildew VNIIMK 8883 variety treated with the preparation Apron XL, FS (mefenoxam 350 g/l, Syngenta, Switzerland) in accordance with the recommended in the Russian Federation dose (3 l/t of seeds).*

Mefenoxam-resistant isolates of P. halstedii have been found in the Krasnodar Krai. To protect sunflower crops from downy mildew, it is necessary to select and cultivate genotypes with resistance to the complex of P. halstedii races.

Keywords: virulence, mefenoxam, races, resistance to fungicide, *Helianthus annuus*, *Plasmopara halstedii*

Acknowledgments: This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the of the Russian Federation within the state assignment of the V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops (themes No. 122012100095-7).

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: Iwebor M. V., Antonova T. S., Araslanova N. M., Saukova S. S., Pitinova Yu. V., Eliseeva K. K. The situation in the population of the sunflower downy mildew pathogen in some regions of the Russian Federation. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):90-97. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.90-97>

Received: 03.09.2021

Accepted for publication: 14.01.2022

Published online: 25.02.2022

Во многих странах мира, в том числе и в Российской Федерации, подсолнечник (*Helianthus annuus* L.) является основной масличной культурой и занимает большие посевные площади. На протяжении десятилетий одной из наиболее вредоносных болезней подсолнечника является ложная мучнистая роса. Ее вызывает облигатный паразит оомицет *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni. Проникнув в растение-хозяина, фитопатоген колонизирует подземные ткани молодых растений и распространяется вверх, приводя к системному заболеванию. Системно пораженные растения обычно погибают, а выжившие образуют щуплые семена со сниженным содержанием масла. Ложная мучнистая роса может привести к полной потере урожая подсолнечника.

Основные защитные мероприятия от ложной мучнистой росы подсолнечника – это севооборот, предпосевное протравливание семян и возделывание устойчивых генотипов. Разрабатываются и биологические методы контроля болезни; они могут иметь хорошие перспективы, но пока не нашли широкого применения в промышленном производстве [1, 2]. Из-за высокой рентабельности этой сельскохозяйственной культуры резко сократились севообороты в последние десятилетия не только в РФ, но и во многих странах мира: вместо ротации 7-10 лет, подсолнечник возвращают на прежнее поле через 1-4 года. Поскольку системная инфекция обычно развивается в течение короткого времени после посева (до появления 2-3 пар настоящих листьев), обработка семян против ложной мучнистой росы химическим препаратом могла бы быть действенной. Однако немногие доступные фунгициды для обработки семян эффективны против *P. halstedii* [3]. Кроме того, для химической защиты растений необходимо

применение фунгицидов в каждом новом вегетационном сезоне, что ухудшает экологическую ситуацию и повышает риск развития резистентности фитопатогена к этим препаратам [4]. Против ложной мучнистой росы производителями подсолнечника в разных странах широко использовался системный фунгицид из класса фениламидов с действующим веществом металаксил. В середине 1980-х в ряде стран у *P. halstedii* проявилась устойчивость к нему. Вместо металаксилы стали использовать его изомер – мефеноксам. Однако с начала 2000-х появилась устойчивость у патогена и к этому фунгициду [5].

Для повышения доходности и экологизации производства культуры растения должны быть защищены от болезней без опрыскиваний или протравливания семян [6]. Это возможно благодаря генетической устойчивости. Устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе, контролируемая отдельными генами (обозначаются *Pl*), является полной, но расоспецифичной (вертикальной, или качественной). Устойчивые генотипы подсолнечника начинают поражаться, когда в ходе сопряженной эволюции хозяина и патогена у *P. halstedii* появляются новые расы, которых к настоящему времени идентифицировано в мире порядка 50 [7, 8]. Расовый состав по континентам и странам неоднороден и связан, в первую очередь, с возделываемым ассортиментом подсолнечника [7, 9]. При этом неизбежно происходит миграция рас вместе с зараженными семенами [10, 11, 12], особенно в условиях всемирной глобализации [13]. Поэтому постоянно ведется исследование генетических ресурсов подсолнечника, преимущественно среди его диких сородичей, в поисках новых генов устойчивости к *P. halstedii* и перспектив их использования в селекции. Кроме расоспецифической устойчивости, в последние годы все больше

внимания уделяется устойчивости количественной (расонеспецифичной, или горизонтальной) как более долгосрочной [14, 15].

В процессе отбора устойчивых к ложной мучнистой росе селекционных образцов подсолнечника, а также при выборе генотипов культуры для возделывания, необходимо учитывать состояние популяции патогена по расовому составу и чувствительности к фунгицидам.

Цель исследования – определение расового состава популяции *P. halstedii* в регионах Российской Федерации и чувствительности изолятов патогена к фунгициду мефеноксам.

Научная новизна. В статье представлено современное состояние популяции *P. Halstedii* по расовому составу и чувствительности к фунгициду мефеноксам в нескольких регионах РФ, в Волгоградской и Липецкой областях – впервые.

Материал и методы. В мае-июле 2019 и 2020 годах на полях в Республике Адыгея, Краснодарском и Ставропольском краях, Волгоградской, Липецкой, Саратовской и Ростовской областях собирали пораженные ложной мучнистой росой растения подсолнечника. Все лабораторные исследования проводили в ФГБНУ ФНЦ ВНИИ масличных культур (г. Краснодар).

Идентифицировали расовую принадлежность изолятов *P. halstedii* лабораторным методом, разработанным во ВНИИМК [16] с использованием стандартного международного набора из девяти линий-дифференциаторов подсолнечника [17]. В тестированиях были добавлены линии-дифференциаторы подсолнечника HA-337, Rha-340 и Rha-419. Фенотипическую реакцию дифференциальных линий на заражение *P. halstedii* определяли по наличию спороношения патогена и его интенсивности на семядолях и первой паре настоящих листьев растений подсолнечника. К восприимчивым относили растения со спороношением на настоящих листьях или с обильным спороношением только на семядолях, к устойчивым – растения без спороношения или со слабым спороношением только на семядолях [18].

Изоляты *P. halstedii* были протестированы на чувствительность к фунгициду мефеноксам. В тестах использовали семена подсолнечника универсально восприимчивого к ложной мучнистой росе сорта ВНИИМК 8883, обработанные фунгицидом Апрон XL, ВЭ (мефеноксам 350 г/л, Syngenta, Швейцария)

в соответствии с рекомендованными в РФ нормами расхода (3 л/т семян). В качестве контроля использовали семена того же сорта без обработки. Протравленные и необработанные (контроль) семена высевали отдельно в обработанный паром почвенный субстрат в пластиковые ящики (35*15*12 см) по 70 семян/ящ., повторность двукратная. На 3-4-е сутки после посева (при появлении у всходов "коленец") проводили заражение отдельными изолятами *P. halstedii*, поливая проростки инокулюмом из расчета 200 мл суспензии/ящ. при концентрации инокулюма 10^5 зооспорангиев/мл воды. Температура воды в инокулюме и воздуха в помещении при инокуляции и инкубировании составила 20 °С. Инокуляция повторена через три дня для приближения условий к естественным, где инфицирование растений подсолнечника *P. halstedii* может происходить на протяжении нескольких недель. На 10-12 день после второй инокуляции провоцировали спороношение патогена, создавая условия влажной камеры на ночь. На следующий день учитывали количество растений с симптомами ложной мучнистой росы (наличие спороношения *P. halstedii*, некрозы, хлорозы и др.), а также погибших. Растения считали пораженными при любых из указанных симптомов.

Результаты и их обсуждение. Мониторинг состояния популяции возбудителя ложной мучнистой росы является основой для успешной селекции подсолнечника на устойчивость к болезни. Он ведется нами на юге РФ на протяжении нескольких десятилетий. В результате анализа 285 изолятов *P. halstedii*, собранных на подсолнечнике в 2019 и 2020 гг., во всех изученных регионах были выявлены расы 330, 710, 730 – на отечественных сортах и гибридах, а также на падалице. Раса 334 была обнаружена в образцах из всех регионов, кроме Ставропольского края, в Ростовской, Липецкой и Волгоградской областях – только на иностранных гибридах. В Ростовской области ранее раса 334 обнаружена не была, а в Волгоградской и Липецкой областях расовая структура популяции *P. halstedii* исследована впервые. В Республике Адыгея и Краснодарском крае раса 334 на полях, засеянных иностранными гибридами, была единственной, а на полях, засеянных отечественными сортами и гибридами, кроме нее определялись и другие расы (330, 710 и 730). В нескольких районах Краснодарского края как на отечественных генотипах, так и на

иностранных гибридах была обнаружена раса 734. На посевах отечественных сортов и гибридов, чьи семена были протравлены перед посевом фунгицидом Апрон XL, выявлены только расы 710, 730 и 734.

Расы *P. halstedii*, которые были обнаружены в Российской Федерации на момент подготовки данной публикации, представлены в таблице 1 (данные по Белгородской области – по результатам исследований В. И. Якуткина и Е. М. Ахтуловой [19]). К сожалению, популяция патогена изучена лишь в нескольких возделывающих подсолнечник регионах России. Наиболее полно – в Краснодарском крае, где за более чем 30 лет исследований было выявлено 11 рас. Расы 100, 300, 310 и 700

не были найдены в регионе после 2007 года. Первой в Российской Федерации, преодолевшей действие гена устойчивости *Pl₆*, была раса 334 (впервые обнаружена в 2012 г. в Краснодарском крае на иностранном гибриде подсолнечника). В 2016 году были выявлены впервые в России сразу три новые расы: 713, 733 и 734. Как и раса 334, они были найдены на полях, засеянных иностранными гибридами подсолнечника. Ранее все эти три расы присутствовали в США, раса 713 встречалась в Испании, Сербии, Турции и Аргентине, 733 – Канаде [20]. Раса 734 была недавно выявлена в Венгрии [21]. Мы полагаем, что новые расы *P. halstedii* попадали в Россию с импортированным семенным материалом.

**Таблица 1 – Расы *Plasmopara halstedii* в регионах Российской Федерации /
Table 1 – Races of *Plasmopara halstedii* in the regions of the Russian Federation**

Регион / Region	Раса / Race										
	100	300	310	330	334	700	710	730	713	733	734
Республика Адыгея / The Republic of Adygeya	-	-	X	X	Y	-	X	X	-	-	-
Краснодарский край / Krasnodar Krai	X	X	X	XY	Y	X	XY	XY	Y	Y	Y
Ставропольский край / Stavropol Territory	-	-	-	Y	-	-	Y	Y	-	-	-
Волгоградская область / Volgograd region	-	-	-	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-
Липецкая область / Lipetsk region	-	-	-	Y	Y	-	Y	Y	-	-	-
Ростовская область / Rostov region	-	-	XY	XY	Y	-	XY	XY	-	-	-
Белгородская область*/ Belgorod region*	X	X	X	-	-	-	-	X	-	-	-

Примечания: расы обнаружены: X – до 2007 года, Y – после 2007 года; * – по литературным данным [19] /
Notes: races discovered: X – before 2007, Y – after 2007; * – according to literature data [19]

Тестирование изолятов разной расовой принадлежности на устойчивость к фунгициду мефеноксам показало наличие в образцах с некоторых полей Краснодарского края устойчивых изолятов, принадлежащих широко распространенным расам 710, 730 и 734; испытанные изоляты этих и других расовых принадлежностей из других регионов и ряда полей Краснодарского края были чувствительны к мефеноксаму.

Для эффективной защиты посевов подсолнечника от ложной мучнистой росы химических методов недостаточно, возделываемый ассортимент культуры должен быть генетически устойчив. Гены устойчивости в линиях-дифференциаторах подсолнечника и поражае-

мость этих линий выявленными в России расами представлены в таблице 2.

Как показывают данные таблицы 2, ко всем обнаруженным расам *P. halstedii* устойчивость проявили линии-дифференциаторы подсолнечника 803-1 (*Pl₅₊*), Rha-340 (*Pl₈*) и Rha-419 (*Pl_{arg}*). Линия 803-1 поражается многими расами патогена в других странах [7]. Долгое время ген устойчивости *Pl₈* обеспечивал надежную защиту подсолнечника от возбудителя ложной мучнистой росы, однако недавно его действие было преодолено в США и некоторых странах Евросоюза. Ген *Pl_{arg}* и еще несколько генов пока сохраняют устойчивость ко всем обнаруженным в мире расам патогена [8, 22].

Таблица 2 – Фенотипическая реакция линий-дифференциаторов подсолнечника на заражение расами *Plasmopara halstedii*, идентифицированными в Российской Федерации в 2000-2020 гг. /

Table 2 – Phenotypic reaction of differential lines of sunflower to *Plasmopara halstedii* races identified in the Russian Federation in 2000-2020

Дифференциатор / differential		Ген устойчи- вости Pl / The resistance gene Pl	Раса / Race										
линия / line	No.		100	300	310	330	334	700	710	730	713	733	734
HA-304	D1	Нет	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
Rha-265	D2	<i>Pl₁</i>	У	В	В	В	В	В	В	В	В	В	В
Rha-274	D3	<i>Pl_{2/21}</i>	У	У	У	У	У	В	В	В	В	В	В
PMI-3	D4	<i>Pl_{PM3}</i>	У	У	В	В	В	У	В	В	В	В	В
PM-17	D5	<i>Pl₅₋</i>	У	У	У	В	В	У	У	В	У	В	В
803-1	D6	<i>Pl₅₊</i>	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У
HA-R4	D7	<i>Pl₁₆</i>	У	У	У	У	У	У	У	У	В	В	У
QHP-1	D8	<i>Pl₁₃</i>	У	У	У	У	У	У	У	У	В	В	У
HA-335	D9	<i>Pl₆</i>	У	У	У	У	В	У	У	У	У	У	В
HA-337		<i>Pl₇</i>	У	У	У	У	В	У	У	У	У	У	В
Rha-340		<i>Pl₈</i>	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У
Rha-419		<i>Pl_{arg}</i>	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У

Примечания: Dn – дифференциатор из стандартного набора для определения расы; *Pln* – ген устойчивости к *P. halstedii* в линии-дифференциаторе по Virányi et al. (2015) [9] and Gascuel et al. (2015) [23]; реакция дифференциатора подсолнечника на заражение расой *P. halstedii*: В – восприимчивый, У – устойчивый /

Notes: Dn – differential from the standard set for the race identification; *Pln* – the gene of resistance to *P. halstedii* in the differential line according to Virányi et al. (2015) [9] and Gascuel et al. (2015) [23]; reaction of the sunflower differentiator to infection with the *P. halstedii* race: В – susceptible, У – resistant

В результате коэволюционных процессов появляются новые физиологические расы *P. halstedii*, вирулентные самым, казалось бы, надежным генам устойчивости подсолнечника. Как отметил О. Spring (2019) [7], избежать распространения рас по разным странам в условиях глобализации весьма затруднительно, так как оно происходит с семенами, а возможности обнаружить в семенах *P. halstedii* ограничены [11, 24].

Поиск новых генов устойчивости к ложной мучнистой росе ведется постоянно, особенно у диких *H. annuus* и других видов рода, довольно богатых генами широкого спектра устойчивости [25, 26]. Во многих странах, где подсолнечник является важной культурой (в т. ч. и в России), коллекции как диких, так и культурных форм хранятся в генных банках и используются в местных программах исследований и в селекции [27]. Во Всероссийском НИИ масличных культур (ВНИИМК) создание сортов и гибридов подсолнечника с устойчивостью к ложной мучнистой росе является одной из основных селекционных задач. Селекционные образцы тестируются на устойчивость ко всем обнару-

женным в регионе расам. В зависимости от поставленных задач образцы инокулируют отдельными расами *P. halstedii*, либо их смесями. Наиболее перспективными являются образцы с устойчивостью к комплексу рас патогена. Последние десятилетия в селекционных программах успешно применяются технологии генотипирования с использованием молекулярных маркеров. С их помощью многие гены устойчивости к *P. halstedii* идентифицированы и картированы по группам сцепления генома подсолнечника. Молекулярные маркеры позволяют контролировать наличие необходимых генов на любых этапах создания новых генотипов культуры [26, 28]. Молекулярные методы активно разрабатываются и апробируются во ВНИИМК [29]; их применение позволит существенно ускорить процесс отбора устойчивых образцов и получения новых линий, сортов и гибридов подсолнечника. Однако для определения стратегий растениеводства и селекции устойчивого к ложной мучнистой росе подсолнечника необходим непрерывный плановый мониторинг расового состава популяции *P. halstedii*.

Заключение. В Российской Федерации к 2020 году обнаружено 11 рас возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника. Установлены самые распространенные расы – 330, 334, 710 и 730. Впервые обнаружена раса 334 в Ростовской области и определен расовый состав *P. halstedii* в Волгоградской и Липецкой областях Российской Федерации. Новые расы *P. halstedii*, вероятнее всего, попадают в Россию с импортированным семенным материалом подсолнечника. Селекция подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе

должна ориентироваться на получение генотипов с иммунитетом к комплексу рас патогена.

В Краснодарском крае в популяции *P. halstedii* имеются биотипы, устойчивые к фунгициду мефеноксам.

Для надежной защиты посевов подсолнечника от ложной мучнистой росы необходимо применять комплекс мер, из которых в настоящее время наиболее эффективны соблюдение севооборотов, протравливание семян перед посевом фунгицидами и возделывание генетически устойчивых генотипов.

References

1. Маслиенко Л. В., Воронкова А. Х., Арасланова Н. М., Иванов А. С. Антифунгальное действие перспективных штаммов грибных и бактериальных антагонистов на зооспорангии возбудителя ложной мучнистой росы подсолнечника. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2017;3(171):85-92.

Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30728798>

Maslienko L. V., Voronkova A. Kh., Araslanova N. M., Ivanov A. S. *Antifungal'noe deystvie perspektivnykh shtammov gribnykh i bakterial'nykh antagonistov na zoosporangii vozбудitelya lozhnoy muchnistoy rosy podsolnechnika*. [Antifungal action of the perspective strains of the fungal and bacterial antagonists on zoosporangia of the downy mildew pathogen on sunflower]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2017;3(171):85-92. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30728798>

2. Doshi P., Nisha N., Yousif A. I. A., Körösi K., Bán R., Turóczy G. Preliminary investigation of effect of neem-derived pesticides on *Plasmopara halstedii* pathotype 704 in sunflower under *in vitro* and *in vivo* conditions. *Plants*. 2020;9(4):535. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9040535>

3. Humann R. M., Johnson K. D., Wunsch M. J., Meyer S. M., Jordahl J. G., Bauske E. C., Halvorson J. M., Friskop A. J., O'Bryan K. A., Gulya T. J., Markell S. G. Evaluation of oxathiapiprolin for the management of sunflower downy mildew. *Plant disease*. 2019;103(10):2498-2504. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-2045-RE>

4. Щербаклова Л. А. Развитие резистентности к фунгицидам у фитопатогенных грибов и их хемосенсибилизация как способ повышения защитной эффективности триазолов и стробилуринов (обзор). Сельскохозяйственная биология. 2019;54(5):875-891. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>

Shcherbakova L. A. *Razvitie rezistentnosti k fungitsidam u fitopatogennykh gribov i ikh khemosensibilizatsiya kak sposob povysheniya zashchitnoy effektivnosti triazolov i strobilurinov (obzor)*. [Fungicide resistance of plant pathogenic fungi and their chemosensitization as a tool to increase anti-disease effects of triazoles and strobilurines (review)]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya* = Agricultural Biology. 2019;54(5):875-891. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2019.5.875rus>

5. Molinero-Ruiz M. L., Cordon-Torres M. M., Martínez-Aguilar J., Melero-Vara J. M., Domínguez J. Resistance to metalaxyl and to metalaxyl-M in populations of *Plasmopara halstedii* causing downy mildew in sunflower. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 2008;30(1):97-105. DOI: <https://doi.org/10.1080/07060660809507500>

6. Veare F., Serre F., Roche S., Walser P., Tourvieille de Labrouhe D. Recent research on downy mildew resistance useful for breeding industrial use sunflowers. *Helia*. 2007;30(46):45-54. DOI: <https://doi.org/10.2298/HEL0746045V>

7. Spring O. Spreading and global pathogenic diversity of sunflower downy mildew – Review. *Plant Protect. Sci*. 2019;55:149-158. DOI: <https://doi.org/10.17221/32/2019-PPS>

8. Gilley M. A., Gulya T. J., Seiler G. J., Underwood W., Hulke B. S., Misar C. G., Markell S. G. Determination of virulence phenotypes of *Plasmopara halstedii* in the United States. *Plant Disease*. 2020;104(11):2823-2831. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2063-RE>

9. Viranyi F., Gulya T. J., Tourvieille de Labrouhe D. (2015): Recent changes in the pathogenic variability of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) populations from different continents. *Helia*. 2015;38(63):149-162. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2015-0009>

10. Cohen Y., Sackston W. E. Seed infection and latent infection of sunflower by *Plasmopara halstedii*. *Canadian Journal of Botany*. 1974;52:231-238. DOI: <https://doi.org/10.1139/b74-027>

11. Ios R., Laugustin L., Rose S., Tourvieille J., Tourvieille de Labrouhe D. Development of a PCR test to detect the downy mildew causal agent *Plasmopara halstedii* in sunflower seeds. *Plant Pathology*. 2007;56(2):209-218. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01500.x>

12. Spring O. Non-systemic infections of sunflower with *Plasmopara halstedii* and their putative role in the distribution of the pathogen. *Journal of Plant Diseases and Protection*. 2001;108(4):329-336. URL: https://www.researchgate.net/publication/285685502_Nonsystemic_infections_of_sunflower_with_Plasmopara_halstedii_and_their_putative_role_in_the_distribution_of_the_pathogen
13. Pilorge E. Sunflower in the global vegetable oil system: situation, specificities and perspectives. *OCL* 2020;27:34. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020028>
14. Vincourt P., As-Sadi F., Bordat A., Langlade N. B., Gouzy J., Pouilly N., Lippi Y., Serre F., Godiard L., Tourvieille de Labrouhe D., Vear F. Consensus mapping of major resistance genes and independent QTL for quantitative resistance to sunflower downy mildew. *Theor. Appl. Genet.* 2012;125:909-920. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-012-1882-y>
15. Гончаров С. В., Голошчапова Н. Н. Долговременная устойчивость подсолнечника к ложной мучнистой росе. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019;(80):93-97. DOI: <https://doi.org/10.21515/1999-1703-80-93-97>
- Goncharov S. V., Goloshchapova N. N. *Dolgovremennaya ustoychivost' podsolnechnika k lozhnoy muchnistoy rose*. [Sunflower durable resistance to downy mildew]. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;(80):93-97. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.21515/1999-1703-80-93-97>
16. Iwebor M., Antonova T. S., Saukova S. Changes in the racial structure of *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni population in the South of the Russian Federation. *Helia*. 2016;39(64):113-121. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2016-0008>
17. Tourvieille de Labrouhe D., Gulya T. J., Masirevic S., Penaud A., Rashid K., Viranyi F. New nomenclature of races of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew). In: Proceedings 15th International Sunflower Conference, June 12-15, 2000, Toulouse, France. International Sunflower Association. 2000;I:61-66. URL: https://www.researchgate.net/publication/283256504_New_nomenclature_of_Races_of_Plasmopara_halstedii_Sunflower_Downy_Mildew
18. Tourvieille de Labrouhe D., Walser P., Jolivot D., Roche S., Serre F., Leguillon M., Delmotte F., Bordat A., Godiard L., Vincourt P., Vear F. Proposal for improvement of sunflower downy mildew race nomenclature. In: Proceedings 18th International Sunflower Conference, Feb 27-March 1, 2012, Mar Del Plata, Argentina. Paris, International Sunflower Association. 2012. pp. 322-327. URL: https://www.researchgate.net/publication/283266439_Proposal_for_improvement_of_sunflower_downy_mildew_race_nomenclature
19. Якуткин В. И., Ахтулова Е. М. Физиологические расы возбудителя ложномучнистой росы подсолнечника в России. Современная микология в России, 1-й съезд микологов России (тез. докл.). М., 2002. С. 217-218.
- Yakutkin V. I., Akhtulova E. M. *Fiziologicheskie rasy vzbuditelya lozhnomuchnistoy rosy podsolnechnika v Rossii*. [Physiological races of the causative agent of sunflower false mildew in Russia]. *Sovremennaya mikologiya v Rossii, 1-y s"ezd mikologov Rossii (tez. dokl.)*. [Modern Mycology in Russia, 1st Congress of Mycologists of Russia (theses)]. Moscow, 2002. pp. 217-218.
20. Iwebor M., Antonova T. S., Saukova S. Occurrence and distribution of races 713, 733 and 734 of sunflower downy mildew pathogen in the Russian Federation. *Helia*. 2018;41(69):141-151. DOI: <https://doi.org/10.1515/helia-2018-0015>
21. Martín-Sanz A., Rueda S., García-Carneros A. B., Molinero-Ruiz L. First report of a new highly virulent pathotype of sunflower downy mildew (*Plasmopara halstedii*) overcoming the *Pl8* resistance gene in Europe. *Plant Disease*. 2020;104(2):597. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-19-1425-PDN>
22. Nisha N., Körösi K., Perczel M., Yousif A. I. A., Bán R. First report on the occurrence of an aggressive pathotype, 734, of *Plasmopara halstedii* causing sunflower downy mildew in Hungary. *Plant Disease*. 2021;105(3):711. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1054-PDN>
23. Gascuel Q., Martinez Y., Boniface M. C., Vear F., Pichon M., Godiard L. The sunflower downy mildew pathogen *Plasmopara halstedii*. *Mol. Plant Pathol.* 2015;16(2):109-122. DOI: <https://doi.org/10.1111/mpp.12164>
24. Virányi F., Spring O. Advances in sunflower downy mildew research. *European Journal of Plant Pathology*. 2011;129:207-220. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-010-9683-0>
25. Seiler G. J., Qi L. L., Marek L. F. Utilization of sunflower crop wild relatives for cultivated sunflower improvement. *Crop Science*. 2017;57(3):1083-1101. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2016.10.0856>
26. Pecrix Y., Penouilh-Suzette C., Muñoz S., Vear F., Godiard L. Ten broad spectrum resistances to downy mildew physically mapped on the sunflower genome. *Front. Plant Sci.* 2018;9:1780. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01780>
27. Terzić S., Boniface M., Marek L., Álvarez D., Baumann K., Gavrilova V., Joița-Păcureanu M., Sujatha M., Váľková D., Velasco L., Hulke B., Jocić S., Langlade N. B., Muñoz S., Rieseberg L., Seiler G., Vear F. Gene banks for wild and cultivated sunflower genetic resources. *OCL*. 2020;27:9. DOI: <https://doi.org/10.1051/ocl/2020004>
28. Ma G. J., Markell S. G., Song Q. J., Qi L. L. Genotyping-by-sequencing targeting of a novel downy mildew resistance gene *Pl20* from wild *Helianthus argophyllus* for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Theor Appl Genet.* 2017;130(7):1519-1529. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00122-017-2906-4>
-

29. Рамазанова С. А., Бадьянов Е. В., Гучетль С. З. Молекулярные маркеры генов Pl_6 , Pl_{13} и Pl_{arg} для использования в селекции подсолнечника на устойчивость к ложной мучнистой росе. Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2020;3(183):20-27. DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-20-26>

Ramazanova S. A., Badyanov E. V., Guchetl S. Z. *Molekulyarnye markery genov Pl_6 , Pl_{13} i Pl_{arg} dlya ispol'zovaniya v seleksii podsolnechnika na ustoychivost' k lozhnoy muchnistoy rose*. [Molecular markers of genes Pl_6 , Pl_{13} and Pl_{arg} for sunflower breeding on resistance to downy mildew]. *Maslichnye kul'tury. Nauchno-tekhnicheskii byulleten' Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta maslichnykh kul'tur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2020;3(183):20-27. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2020-3-183-20-26>

Сведения об авторах

✉ **Ивебор Мария Вячеславовна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3973-2965>, e-mail: maria-iwebor@mail.ru

Антонова Татьяна Сергеевна, доктор биол. наук, зав. лабораторией иммунитета, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8915-1136>

Арасланова Нина Михайловна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3607-9254>

Саукова Светлана Леонидовна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2176-3491>

Питинова Юлия Владимировна, аналитик, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru

Елисеева Ксения Константиновна, аналитик, ФГБНУ «Федеральный научный центр «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», ул. им. Филатова, д. 17, г. Краснодар, Российская Федерация, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru

Information about the authors

✉ **Maria V. Iwebor**, PhD in Agricultural Science, leading researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3973-2965>, e-mail: maria-iwebor@mail.ru

Tatiana S. Antonova, DSc in Biology, Head of the Laboratory of Immunity, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8915-1136>

Nina M. Araslanova, PhD in Biology, senior researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3607-9254>

Svetlana S. Saukova, PhD in Agricultural Science, leading researcher, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-2176-3491>

Yulia V. Pitinova, analyst, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru

Ksenia K. Eliseeva, analyst, V. S. Pustovoi All-Russian Research Institute of Oil Crops, Filatov St., 17, Krasnodar, Russian Federation, 350038, e-mail: immunity@vniimk.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109>



УДК 664.2:635.21:631.52

Определение пригодности различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с белой и пигментированной мякотью для переработки на картофелепродукты

© 2022. В. Г. Гольдштейн , В. А. Дегтярев, В. А. Коваленок, А. В. Семенова, А. А. Морозова

Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», Московская область, Российская Федерация

В статье дан обзор современного состояния исследований в области требования к качеству картофеля для переработки его на картофелепродукты. Отмечено, что качество картофеля с белой мякотью определяется массовой долей: сухого вещества (СВ) – более 20 %; редуцирующих сахаров – 0,2-0,5 %; гликоалкалоидов – не более 200 мг/кг; крахмала – не менее 16 %. Для картофеля с пигментированной мякотью, кроме перечисленных показателей, необходимо учитывать массовую долю антоцианов (более 0,5 %), которые являются эффективными антиоксидантами. В работе приведены данные по изменению содержания гликоалкалоидов в клубнях картофеля с пигментированной мякотью в зависимости от вида переработки. Цель экспериментального исследования – анализ качественных показателей образцов картофеля отечественной селекции с белой и пигментированной мякотью для определения целесообразности их переработки на картофелепродукты и дальнейшего использования в качестве исходного материала для селекции. Объекты исследования: 21 сорт картофеля с белой мякотью и 8 сортов с пигментированной. В результате оценки целесообразности использования картофеля на переработку из 21 сорта картофеля с белой мякотью выявлены 7, которые можно рекомендовать для производства картофелепродуктов (Камелот, Фрителла, Рубин, Триумф, Ария, Изюминка и Мираж). Показано, что программа Statistica 12 может применяться для оценки качества картофеля по показателям его пригодности для переработки на картофелепродукты. Определено, что массовая доля гликоалкалоидов в картофельном клубне является важной характеристикой сорта для использования его в производстве картофелепродуктов и в качестве столового картофеля. Установлены корреляционные зависимости: между СВ картофеля и массовой долей гликоалкалоидов ($r = 0,47$) и между массовой долей редуцирующих сахаров и массовой долей гликоалкалоидов ($r = 0,37$). Возрастание массовой доли этих соединений нежелательно, в связи с чем при выборе сортов для переработки и в качестве исходного материала для селекции необходимо контролировать их концентрации. В результате оценки 8 экспериментальных образцов картофеля с пигментированной мякотью выявлен образец, который можно порекомендовать для производства картофелепродуктов (ВНИИКС-1), и два образца, рекомендованных в качестве исходного материала для селекции столовых сортов с высокой массовой долей антоцианов (ВНИИКС-4 и Индиго).

Ключевые слова: оценка сортов картофеля, белая мякоть, пигментированная мякоть, редуцирующие сахара, крахмал, гликоалкалоиды, антоцианы

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Подпрограммы «Развитие селекции и семеноводства картофеля в Российской Федерации» Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы.

Авторы признательны руководству ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» и ООО «Дока – Генные технологии» за предоставленные сортообразцы картофеля для исследования.

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Гольдштейн В. Г., Дегтярев В. А., Коваленок В. А., Семенова А. В., Морозова А. А. Определение пригодности различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с белой и пигментированной мякотью для переработки на картофелепродукты. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):98-109.

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109>

Поступила: 13.09.2021

Принята к публикации: 12.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Determination of suitability of different potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties with white and pigmented pulp for processing into potato products

© 2022. Vladimir G. Goldstein✉, Vladimir A. Degtyarev, Vladimir A. Kovalenok, Anastasia V. Semenova, Anastasia A. Morozova

All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Potato Research Center named after A. G. Lorch, Moscow region, Russian Federation

The article provides an overview of the current state of research in the field of requirements for the quality of potatoes for processing them into potato products. It is noted that the quality of potatoes with white pulp is determined by the mass fraction of: dry matter over 20 %; reducing sugars 0.2-0.5 %, glycoalkaloids no more than 200 mg/kg; starch not less than 16 %. For potatoes with pigmented pulp in addition to these indicators it is necessary to take into account the mass fraction of anthocyanins (over 0.5 %), which are effective antioxidants. The review presents the information on changes in the content of glycoalkaloids in potato tubers with pigmented pulp depending on the type of processing. The objective of experimental research is to analyze the qualitative indicators of native potato varieties with white and pigmented pulp to determine the practicability of their processing into potato products and further using as a starting material for selection. As research objects were selected 21 potato varieties with white pulp and 8 potato varieties with pigmented (colored) pulp. As a result of evaluation of the feasibility of using potatoes with white pulp 7 varieties out of 21 varieties of potatoes can be recommended for the production of potato products (Kamelot, Fritella, Rubin, Triumf, Ariya, Izyuminka, Mirazh). It is shown that the program «Statistica 12» can be used to assess the quality of potatoes on indicators of their suitability for processing into potato products. It was determined that the mass fraction of glycoalkaloids in the potato tuber is an important characteristic of the variety for its using in the production of potato products and as a table potato. Correlations between the mass fraction of potato dry matter and the mass fraction of glycoalkaloids ($r = 0.47$) and between the mass fraction of reducing sugars and the mass fraction of glycoalkaloids ($r = 0.37$) were established. The increasing in the mass fraction of these compounds is unwanted, and therefore, it is necessary to control their concentrations for choosing varieties for processing and as a starting material for the selection. Based on the analysis of the results of the evaluation of 8 experimental samples of potatoes with pigmented pulp, one sample was selected to be recommended for processing into potato products (VNIKX-1), and two samples can be recommended as a starting material for the selection of table varieties with a high anthocyanin mass fraction (VNIKX-4 and Indigo).

Keywords: evaluation of potato varieties, white pulp, pigmented pulp, reducing sugars, starch, glycoalkaloids, anthocyanins

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation as a part of subroutine «Development of selection and seed production of potato in Russian Federation» of the Federal scientific and technical program of agricultural development in 2017-2025.

The authors are grateful to the management of the Lorch Russian Potato Research Center and LLC «Doka-Gene Technologies» for the provided potato varieties for the research.

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

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

For citation: Goldstein V. G., Degtyarev V. A., Kovalenok V. A., Semenova A. V., Morozova A. A. Determination of suitability of different potato varieties (*Solanum tuberosum* L.) with white and pigmented pulp for processing into potato products. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):98-109. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109>

Received: 13.09.2021

Accepted for publication: 12.01.2022

Published online: 25.02.2022

Картофель является самой важной незлаковой пищевой культурой, обеспечивающей продовольственную безопасность страны, как ценный диетический продукт питания благодаря разнообразным функциональным соединениям в его составе, включая белок, клетчатку, витамины и фитохимические вещества, такие как полифенолы [1, 2]. Картофель известен как источник углеводов, дающий большое количество энергии. Он содержит также белок высокого качества, который по питательности сопоставим с белком цельного яйца, и отличается более высоким содержанием лизина по сравнению с другими

растительными белками из гороха и злаков [3]. Белки картофеля содержат около 50 % ингибиторов протеаз, 40 % пататина, а остальные 10 % – высокомолекулярные белки [3].

Качество картофеля определяют основные питательные вещества – углеводы, белки, пищевые волокна (кожура), витамин С, каротин, тиамин, рибофлавин, незаменимые аминокислоты и минералы, такие как калий, фосфор, магний, железо, кальций; сенсорные характеристики (например, вкус, текстура) и промышленные (например, форма клубней, сухие вещества (СВ), массовая доля крахмала и редуцирующих веществ) [4, 5].

Мировое потребление картофеля в качестве продовольствия переходит от свежего картофеля к обработанным пищевым продуктам с добавленной стоимостью, такими как замороженный картофель, который включает в себя большую часть картофеля фри, а также картофельные чипсы, сухое картофельное пюре, картофельные хлопья и картофельная мука. Мировой спрос на картофель фри фабричного производства в 2016 г. составлял более 7 миллионов тонн в год [6]. Эта тенденция заставила селекционеров создавать сорта картофеля для переработки с учетом технологических свойств, которые определяются высокой массовой долей сухих веществ (СВ), крахмала и низкой массовой долей редуцирующих сахаров [7, 8]. На эти показатели влияют различные факторы: генетические особенности сорта, климатические условия и тип почвы, применение различных удобрений [9], продолжительность вегетации.

Массовая доля СВ и редуцирующих сахаров являются наиболее важными показателями для определения качества картофеля, предназначенного для переработки: чем больше СВ в картофеле, тем больше выход вырабатываемых из него картофелепродуктов, меньше поглощение масла в процессе приготовления [10, 11] и сильнее устойчивость к потемнению сырой мякоти [12]. Низкая массовая доля редуцирующих сахаров в картофеле позволяет не допустить потемнения конечного продукта и горького привкуса, которые негативно влияют на восприятие потребителями [13, 14].

Картофель с красной, фиолетовой и синей мякотью и продукты его переработки являются привлекательной новинкой и интересной альтернативой производству картофелепродуктов и крахмала из традиционного картофеля с мякотью белой или кремовой окраски. Они богаты полезными для здоровья антиоксидантами – это полифенолы (хлорогеновая кислота и ее изомеры, кофейная кислота и флавоноиды), антоцианы, аскорбиновая кислота. Полифенольные соединения, особенно флавоноиды, являются эффективными антиоксидантами благодаря их способности поглощать свободные радикалы жирных кислот [15]. Установлено, что эти вещества значительно замедляют атеросклеротические процессы, ингибируют накопление холестерина в сыворотке крови, снижают риск ишемической болезни сердца

[15]. Уровень антиоксидантов в картофеле с красной или фиолетовой мякотью в два-три раза выше, чем в картофеле с белой или желтой [16]. Растущая популярность сортов с цветной мякотью также связана с их нетипичным внешним видом и возможностью приготовления красочных салатов или привлекательных картофельных закусок.

В клубнях картофеля выявлены следующие антоцианы: дельфинидин, петунидин, мальвидин, цианидин и пеларгонидин. Дельфинидин и цианидин обнаружены в двух формах – в моно- и дигликозилированной. Наиболее распространенным антоцианом оказался петунидин-3-глюкозид. Установлено, что антоциановый состав клубней изменяется в зависимости от сорта и может включать от одного до пяти антоцианов [16, 17].

Кроме полезных для здоровья компонентов, картофель содержит гликоалкалоиды, которые являются сильнодействующими ядами [18]. Летальная доза этих компонентов составляет 3-5 мг/кг массы тела, а их воздействие на организм схоже с воздействием стрихнина или мышьяка [19]. Токсичность связана с синергетическим взаимодействием между двумя основными гликоалкалоидами картофеля: α -соланином и α -чаконином [20]. Установлено, что при переработке на картофель фри, приготовленного из окрашенных сортов картофеля, значительно снизилось содержание гликоалкалоидов (α -соланина и α -чаконина) в образцах, полученных на разных стадиях процесса, по сравнению с сырьем. Процесс очистки картофеля с окрашенной мякотью снизил содержание гликоалкалоидов в среднем, примерно, на 50 %, процесс резки – на 53 %, а бланширование – на 58 % по сравнению с исходным сырьем. Наибольшее снижение содержания гликоалкалоидов было вызвано процессом жарки. Средние значения составили около 97,5 % в готовом к употреблению картофеле фри [19]. В результате термической обработки, например, запекания, сушки или жарки, появляется возможность удалить некоторое количество гликоалкалоидов, в зависимости от процесса обработки [19]. Значительное уменьшение массовой доли гликоалкалоидов в процессе термической обработки картофеля с цветной мякотью позволяет исключить этот показатель при анализе пригодности к промышленной переработке.

Основными показателями определения пригодности сортов картофеля с цветной мякотью к переработке на картофелепродукты являются массовые доли сухих веществ, крахмала, белка и антоцианов [21].

Цель исследования – анализ качественных показателей образцов картофеля отечественной селекции с белой и пигментированной мякотью для определения целесообразности их переработки на картофелепродукты и дальнейшего использования в качестве исходного материала для селекции.

Научная новизна. Получены новые данные о качественных характеристиках новых сортов и сортообразцов картофеля, свидетельствующие о пригодности к переработке на картофелепродукты и возможности их использования в качестве исходного материала для селекции.

Материал и методы. Объекты исследования:

- картофель с белой мякотью – 21 сорт из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха»: Фрителла, Триумф, Восторг, Накра, Вымпел, Артур, Ария, Садон, Краса Мещеры, Изюминка, Гранд, Мираж, Синеглазка, Василек, Комета, Навигатор, Камелот, Каприз, Метеор, Романтик, Рубин;

- картофель с пигментированной мякотью – 4 экспериментальных образца селекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха» (ВНИИКХ-1, ВНИИКХ-2, ВНИИКХ-3, ВНИИКХ-4) и 4 образца картофеля, предоставленные ООО «Дока – Генные технологии» (Дока 10-50, Дока 11-30, Дока-20, Индиго).

В исследованиях определяли:

1. Массовую долю сухих веществ в картофеле и крахмале – экспресс-методом высушивания с использованием прибора Чинова – Кварц 21 М-33.

2. Крахмалистость картофеля – методом Эверса с использованием поляриметра Polartronic-N.

3. Массовую долю белка в картофельном соке – методом Лоури с использованием фотоэлектроколориметра КФК-2.

4. Массовую долю редуцирующих веществ в картофеле – поляриметрическим методом с использованием Polartronic-N.

5. Массовую долю сухих веществ в картофельном соке – рефрактометрическим методом с помощью УРЛ модель-1.

6. Массовую долю антоцианов – методом рН-дифференциальной спектрофотометрии с помощью УФ-3200.

Из клубней исследуемого картофеля отжимали картофельный сок на соковыжималке Gastrorag. Исследования проводили в 5-кратной повторности. Достоверность различий оценивали по t-критерию Стьюдента, различия считали достоверными при пороге надежностей $b_1 = 0,95$ с уровнем статистической зависимости при $p \leq 0,05$. Рассчитывали средние значения (M) и ошибки средних значений ($\pm m$).

Выбор сортов картофеля, удовлетворяющих требованиям пригодности к переработке на картофелепродукты, проводили с использованием программы Statistica 12.

Результаты и их обсуждение. Качественные характеристики картофеля, требуемые для производства картофелепродуктов, массовая доля СВ, белка, крахмала, редуцирующих сахаров в зависимости от сорта показана в таблице 1. Одним из основных показателей пригодности картофеля к переработке является массовая доля СВ, т.к. именно он оказывает непосредственное влияние на выход картофелепродуктов.

При выборе сорта картофеля для переработки на картофелепродукты его характеристики должны соответствовать следующим требованиям [5]: массовая доля СВ – 20-25 % ($CV > 20\%$); редуцирующих сахаров – 0,2-0,5 % ($rs \leq 0,5\%$); гликоалкалоидов – не более 200 мг/кг ($mdg < 200$ мг/кг); крахмала не менее 16 % ($mdk > 16\%$).

Выбор сортов картофеля, удовлетворяющих этим условиям, проводили с использованием программы Statistica 12. В таблице 2 значение 1 в графе sort говорит о том, что данные сорта удовлетворяют обозначенным выше условиям.

В клубнях картофеля сортов Синеглазка, Артур, Василек, Краса Мещеры, Романтик и Навигатор превышена массовая доля редуцирующих сахаров. Массовая доля крахмала в клубнях менее 16 % обнаружена у сортов Комета, Навигатор, Каприз, Метеор, Романтик, Восторг, Вымпел, Гранд. Массовая доля СВ менее 20 % установлена у сортов Каприз, Метеор, Романтик, Гранд, Садон. Массовая доля гликоалкалоидов, более чем в 2 раза превышающая допустимую, обнаружена в клубнях картофеля сорта Накра, более 200 мг/кг – сорта Комета.

Таблица 1 – Показатели клубней отечественных сортов картофеля, характеризующие пригодность для производства картофелепродуктов / Table 1 – Indicators of tubers of native potato varieties characterizing their suitability for the production of potato products

Сорт картофеля / Potato variety	Цвет мякоти / Pulp color	Сухие вещества, %/ Dry matter, %	Массовая доля в клубне, Mass fraction in tuber, % of raw potato weight		Редуцирующие сахара в картофеле, % массы клубня картофеля / Mass fraction of reducing sugars in a tuber, % of raw potato weight	Массовая доля гликоалкалоидов, мг/кг картофеля / Mass fraction of glycoalkaloids, mg/kg potatoes
			крахмала / starch	белка / protein		
Синеглазка / Sineglazka	Бледно-кремовый / Pale-cream	24,1±0,2	18,7±0,9	0,70±0,04	0,71±0,09	22±6
Василек / Vasilek	Кремовый с фиолетовыми вкраплениями / Cream with purple blotches	32,3±0,1	24,7±0,9	1,22±0,02	1,43±0,08	137±14
Комета / Kometa	Зеленовато-желтый / Greenish-yellow	21,9±0,3	15,5±0,7	0,98±0,02	0,05±0,02	251±18
Навигатор / Navigator	Кремовый / Cream	19,1±0,1	14,5±0,9	0,77±0,05	0,66±0,09	45±2
Камелот / Kamelot	Кремово-желтый с зелеными краями / Cream-yellow with green edging	22,6±0,3	16,5±0,6	0,82±0,02	0,05±0,01	50±9
Каприз / Kapriz	Желтовато-кремовый / Yellowy-cream	19,5±0,4	14,9±0,9	0,59±0,04	0,07±0,01	108±7
Метеор / Meteor	Бледно-кремовый / Pale-cream	16,8±0,2	12,5±0,7	0,46±0,07	0,02±0,01	54±4
Романтик / Romantik	Золотистый / Golden	19,3±0,4	13,2±0,8	0,82±0,04	0,71±0,12	78±11
Рубин / Rubin	Бледно-кремовый / Pale-cream	23,8±0,3	17,1±0,6	0,66±0,09	0,51±0,08	23±10
Фрителла / Fritella	Белый / White	22,5±0,1	17,7±0,9	0,88±0,07	0,26±0,03	122±8
Триумф / Triumph	Светло-кремовый / Pale-cream	22,1±0,1	19,5±0,8	1,04±0,03	0,24±0,11	45±13
Восторг / Vostorg	Желтовато-кремовый / Yellowy-cream	22,0±0,3	15,7±0,8	1,17±0,06	0,16±0,07	65±10
Накра / Nakra		27,8±0,1	21,7±0,9	0,90±0,01	0,31±0,09	422±26
Вымпел / Vympel		20,8±0,3	14,8±0,9	0,65±0,06	0,12±0,02	88±17
Артур / Artur		31,2±0,4	23,2±0,6	1,01±0,04	0,73±0,10	130±21
Ария / Ariya	Кремово-желтый / Cream-yellow	23,1±0,2	19,8±0,8	0,94±0,07	0,52±0,05	84±9
Садон / Sadon		15,9±0,3	19,7±0,6	0,77±0,01	0,07±0,01	39±12
Краса Мещеры / Krasa Meshhery		23,9±0,2	17,6±0,8	0,82±0,06	0,56±0,03	99±19
Июминка / Izuminka	Бледно-кремовый / Pale-cream	23,9±0,3	17,5±0,3	0,52±0,04	0,28±0,05	106±6
Гранд / Grand	Желтовато-кремовый / Yellowy-cream	19,7±0,1	13,6±0,9	0,41±0,07	0,02±0,01	65±12
Мираж / Mirazh	Светло-бежевый / Light-beige	25,4±0,4	17,3±0,4	0,79±0,03	0,02±0,01	32±7

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Таблица 2 – Результаты статистической обработки характеристик клубней картофеля для выбора сортов для производства картофелепродуктов / Table 2 – Statistical processing results of potato tuber characteristics for the selection of varieties for the production of potato products

<i>Сорт картофеля / Potato variety</i>	<i>Характеристики клубней картофеля / Characteristics of potato tubers</i>					
	<i>CV</i>	<i>mdk</i>	<i>mdb</i>	<i>rs</i>	<i>mdg</i>	<i>sort</i>
Камелот / Kamelot	22,6	16,5	0,82	0,05	50	1
Рубин / Rubin	23,8	17,1	0,66	0,51	23	1
Фрителла / Fritella	22,5	17,7	0,88	0,26	122	1
Триумф / Triumph	22,1	19,5	1,04	0,24	45	1
Ария / Ariya	23,1	19,8	0,94	0,52	84	1
Изюминка / Izyuminka	23,9	17,5	0,52	0,28	106	1
Мираж / Mirazh	25,4	17,3	0,79	0,02	32	1
Синеглазка / Sineglazka	24,1	18,7	0,70	0,71	22	0
Василек / Vasilek	32,3	24,7	1,22	1,43	137	0
Артур / Artur	31,2	23,2	1,01	0,73	130	0
Краса Мещеры / Krasa Meshhery`	23,9	17,6	0,82	0,56	99	0
Комета / Kometa	21,9	15,5	0,98	0,05	251	0
Навигатор / Navigator	19,1	14,5	0,77	0,66	45	0
Каприз / Kapriz	19,5	14,9	0,59	0,07	108	0
Метеор / Meteor	16,8	12,5	0,46	0,02	54	0
Романтик /Romantik	19,3	13,2	0,82	0,71	78	0
Восторг / Vostorg	22,0	15,7	1,17	0,16	65	0
Накра / Nakra	27,8	21,7	0,90	0,31	422	0
Вымпел / Vy`mpel	20,8	14,9	0,65	0,12	88	0
Садон / Sadon	15,9	19,7	0,77	0,07	39	0
Гранд / Grand	19,7	13,6	0,41	0,02	65	0

Примечания: CV – сухие вещества (%); mdk – массовая доля крахмала (%); mdb – массовая доля белка (%); rs – массовая доля редуцирующих сахаров (%); mdg – массовая доля гликоалкалоидов (мг/кг) /

Notes: CV – dry matter (%); mdk – mass fraction of starch (%); mdb – mass fraction of protein (%); rs – mass fraction of reducing sugars (%); mdg – mass fraction of glycoalkaloids (mg/kg)

Проведенный корреляционный анализ с использованием программы Statistica 12 показал, что между изменением массовых долей СВ и гликоалкалоидов существует корреляционная зависимость (рис. 1). Получена прямолинейная положительная корреляция ($r = 0,47$). С увеличением массовой доли СВ в различных сортах картофеля увеличивается массовая доля гликоалкалоидов. Перспективным направлением селекции должна являться разработка новых сортов картофеля с сохранением гликоалкалоидов в листьях для защиты от патогенов и вредителей, и их минимальной массовой доли в клубнях, не зависящей от содержания СВ в картофеле [20].

На рисунке 2 приведена корреляционная зависимость между массовыми долями гликоалкалоидов (mdg) и редуцирующих сахаров в картофеле (rs). Получена прямолинейная положительная корреляция ($r = 0,37$). С увеличением массовой доли редуцирующих веществ в различных сортах картофеля увеличивается массовая доля гликоалкалоидов. Возрастание массовой доли этих соединений является нежелательным для переработки картофеля на картофелепродукты [4, 5, 19]. Поэтому при выборе сортов для переработки и в качестве исходного материала для селекции необходимо контролировать концентрации этих веществ.

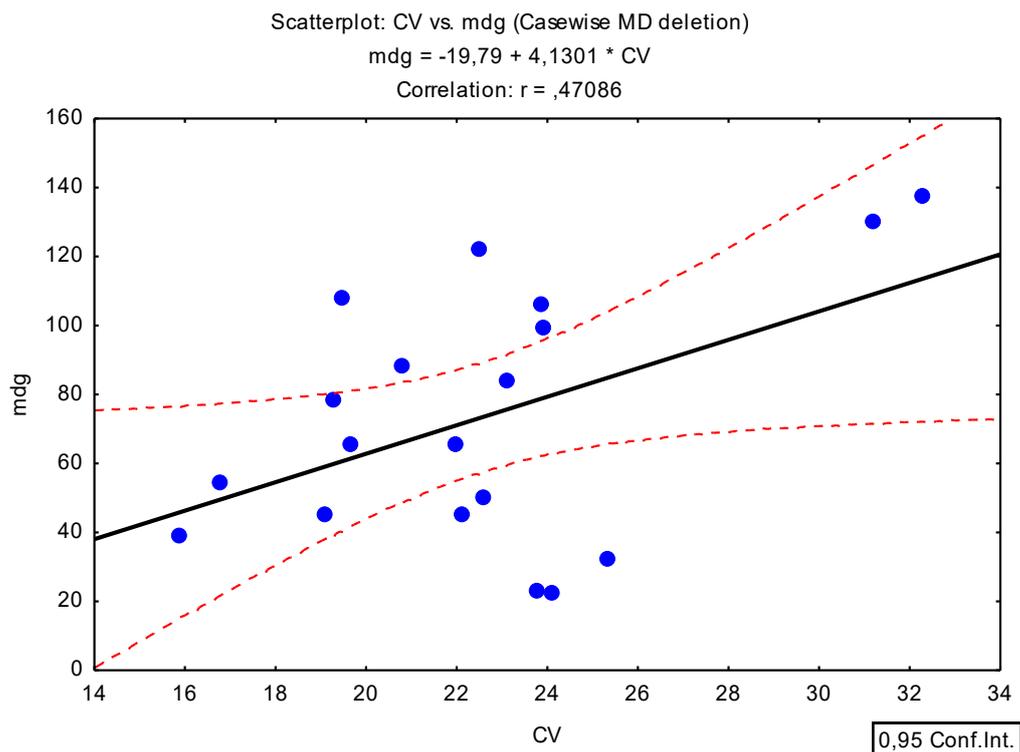


Рис. 1. График корреляционной зависимости между массовыми долями сухого вещества (CV) и гликоалкалоидов (mdg) в сортах картофеля (n = 21) /

Fig. 1. Diagram of the correlation dependence between the mass fraction of dry matter (CV) and glycoalkaloids (mdg) in potato varieties (n = 21)

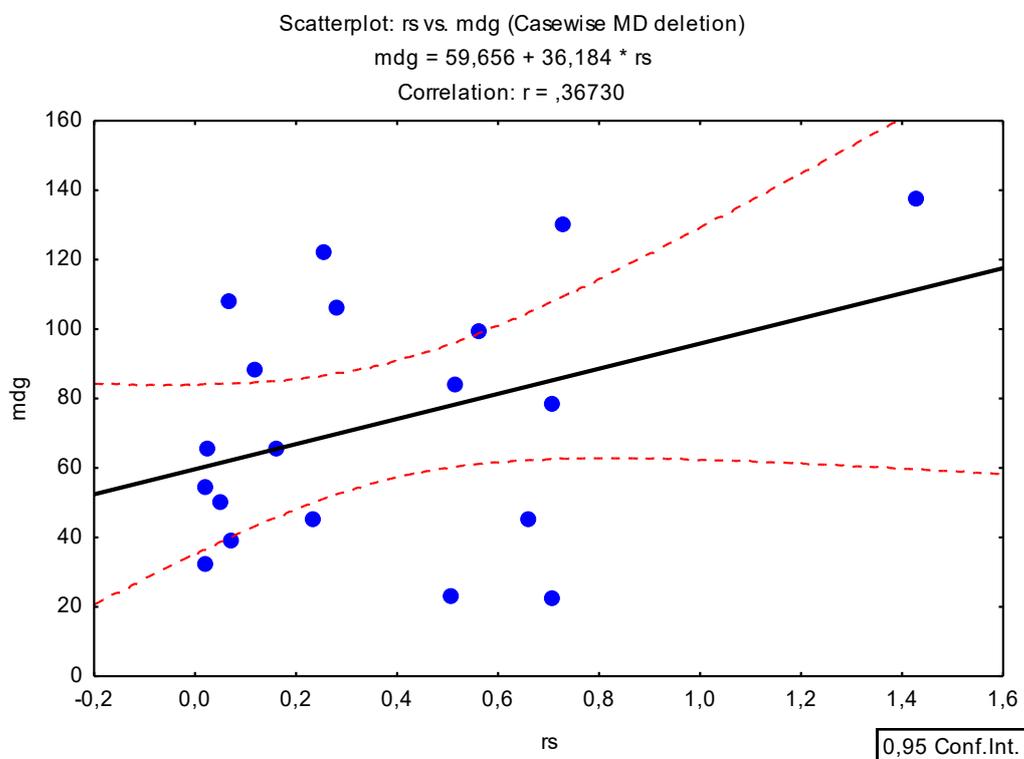


Рис. 2. График корреляционной зависимости между массовыми долями редуцирующих веществ (rs) и гликоалкалоидов (mdg) в сортах картофеля (n = 21) /

Fig. 2. Diagram of the correlation dependence between the mass fraction of reducing sugars (rs) and glycoalkaloids (mdg) in potato varieties (n = 21)

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Из исследуемых сортов картофеля для переработки на картофелепродукты могут быть рекомендованы сорта: Камелот, Фрителла, Рубин, Триумф, Ария, Изюминка и Мираж. Необходимо отметить, что из рекомендованных сортов высокая массовая доля белка, а, следовательно, и пищевая ценность характерна для сортов: Фрителла, Триумф и Ария. В качестве столовых сортов могут быть рекомендованы все исследуемые сорта картофеля, за исключением Накра и Комета.

Сорта картофеля с пигментированной мякотью, предназначенные для переработки,

отбираются не только по массовой доле СВ, редуцирующих сахаров и крахмала, но и по доле белка и антоцианов в клубнях [20]. Определение гликоалкалоидов для оценки качества картофеля с пигментированной мякотью не проводили, т. к. основная масса этих ингредиентов отчуждается вместе с картофельной кожурой, а оставшееся количество значительно уменьшается при термической обработке [19]. Для статистической обработки полученных данных программу Statistica 12 не применяли из-за небольшого количества исследуемого материала. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Качественные показатели сортообразцов картофеля с пигментированной мякотью для определения пригодности переработки на картофелепродукты / Table 3 – Qualitative indicators of potato variety samples with pigmented pulp for determination of the suitability for processing them into potato products

Наименование образца / Name of the sample	Цвет мякоти / Pulp color	Массовая доля, % к массе клубней / Mass fraction, % by weight of tubers				
		сухих веществ / of dry matter	белка / of protein	крахмала / of starch	редуцирующих сахаров / of reducing sugars	антоцианов / of anthocyanins
ВНИИКХ-1 / VNIKX-1	Темно-фиолетовый / Dark-violet	23,1±0,1	2,4±0,1	17,3±0,4	0,26±0,07	0,52±0,03
ВНИИКХ-2 / VNIKX-2	Розовато-сиреневый с бледными вкраплениями / Pinky-lilac with pale blotches	22,2±0,1	1,7±0,2	17,3±0,6	3,28±0,03	0,35±0,03
ВНИИКХ-3 / VNIKX-3	Ярко-фиолетовый / Bright-purple	22,7±0,1	1,4±0,1	17,3 ±0,3	0,63±0,01	0,38±0,03
ВНИИКХ-4 / VNIKX-4	Ярко-фиолетовый с бледными вкраплениями / Bright-purple with pale blotches	19,2±0,1	1,7±0,1	18,5±0,5	0,67±0,04	0,52±0,03
Дока 10-50 / Doka 10-50	Розово-малиновый / Pink-crimson	16,2±0,1	0,9±0,1	10,1±0,7	0,53±0,03	0,25±0,03
Дока 11-30 / Doka 11-30	Темно-фиолетовый / Dark-violet	17,4±0,1	1,5±0,2	10,8 ±0,5	0,48±0,05	0,32± 0,03
Дока 20 / Doka 20	Розово-малиновый / Pink-crimson	18,9±0,1	0,8±0,1	14,1±0,2	0,48±0,03	0,23±0,03
Индиго / Indigo	Кремный с фиолетовыми вкраплениями и кожурой / Cream with violet blotches and peel	17,8±0,1	0,8±0,1	10,5±0,4	0,48±0,06	0,72±0,03

По показателю «массовая доля сухих веществ» для производства картофелепродуктов требованиям соответствуют все исследуемые образцы картофеля ВНИИКХ и сортообразец Дока 20. В этих образцах картофеля с цветной мякотью массовая доля СВ – не менее

19 %. В связи с требованиями по содержанию СВ в клубнях картофеля (не менее 20 %) при дальнейшей работе селекционеров над этими образцами или разработке сортовых технологий возделывания возможно увеличение этого показателя до необходимой величины.

Лучшие показатели массовой доли белка в клубнях картофеля выявлены у образцов ВНИИКХ – не менее 1,4 %, и образца Дока 11-30 – 1,5 % к массе клубней. Наибольшая массовая доля белка определена в образце картофеля ВНИИКХ-1 с фиолетовой мякотью – 2,4 %.

Массовая доля крахмала в клубнях картофеля, предназначенных для производства картофелепродуктов, должна составлять не менее 16 %. Этим требованиям соответствуют все образцы картофеля ВНИИКХ с массовой долей крахмала 17,3-18,5 %.

Низкая массовая доля редуцирующих сахаров в клубнях картофеля позволяет не допустить потемнения конечного продукта и появления горького привкуса, что негативно влияет на восприятие потребителями [14]. Поэтому массовая доля редуцирующих веществ не должна превышать 0,5 % к массе картофеля [5]. Этим требованиям удовлетворяют образцы картофеля ВНИИКХ-1, Дока 11-30, Дока-20, Индиго.

Степень деградации антоцианов зависит от вида термической обработки. В процессе жарки картофеля массовая доля антоцианов уменьшается на 50-80 %, при варке – на 39,3-70,2 % [20]. Поэтому при оценке массовой доли антоцианов в картофельных клубнях выбраны образцы с концентрацией антоцианов более 0,5 %, к ним относятся ВНИИКХ-1, ВНИИКХ-4 и Индиго.

Выводы.

1. В результате оценки целесообразности использования картофеля с белой мякотью из 21 сорта выявлены 7 сортов российской се-

лекции (Камелот, Фрителла, Рубин, Триумф, Ария, Изюминка и Мираж), которые можно рекомендовать для производства картофелепродуктов.

2. Показано, что программа Statistica 12 может применяться для оценки качества картофеля по показателям его пригодности для переработки на картофелепродукты.

3. Определено, что массовая доля гликоалкалоидов в картофельном клубне является важной характеристикой сорта для его использования в производстве картофелепродуктов и в качестве столового картофеля.

4. Установлены корреляционные зависимости: между СВ картофеля и массовой долей гликоалкалоидов и между массовой долей редуцирующих сахаров и массовой долей гликоалкалоидов.

5. На основании анализа результатов оценки экспериментальных образцов картофеля с пигментированной мякотью с целью выбора материала для селекции на пригодность к производству картофелепродуктов можно рекомендовать сортообразец ВНИИКХ-1, химические показатели которого соответствуют требованиям массовых долей СВ, крахмала, белка, редуцирующих веществ и антоцианов.

6. Образцы картофеля ВНИИКХ-4 и Индиго могут быть рекомендованы в качестве исходного материала для селекции столовых сортов с высокой массовой долей антоцианов. Для селекции столовых сортов наибольший интерес представляет картофель сорта Индиго с низкой массовой долей крахмала.

Список литературы

1. Теплова В. В., Исакова Е. П., Кляйн О. И., Дергачева Д. И., Гесслер Н. Н., Дерябина Ю. И. Природные полифенолы: биологическая активность, фармакологический потенциал, пути метаболической инженерии (обзор). Прикладная биохимия и микробиология. 2018;54(3):215-235. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0555109918030017>
2. Mystkowska I., Zarzecka K., Gugala M., Sikorska A. The Polyphenol Content in Three Edible Potato Cultivars Depending on the Biostimulants Used. Agriculture. 2020;10(7):269. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10070269>
3. Kowalczewski P. L., Olejnik A., Białas W., Rybicka I., Zielińska-Dawidziak M., Siger A., Kubiak P., Lewandowicz G. The Nutritional Value and Biological Activity of Concentrated Protein Fraction of Potato Juice. Nutrients. 2019;11(7):1523. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11071523>
4. Кордабовский В. Ю. Биохимический состав клубней картофеля магаданской селекции. Международный научно-исследовательский журнал. 2017;(5-2(59)):208-209. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2017.59.111>
5. Симаков Е. А., Митюшкин Алей. В., Митюшкин Алдр. В., Журавлев А. А. Современные требования к сортам картофеля различного целевого использования. Достижения науки и техники АПК. 2016;30(11):45-48. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28140587>
6. Zaheer K., Akhtar M. H. Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2016;56(5):711-721. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>
7. Pedreschi F. Chapter 11 – Fried and Dehydrated Potato Products. In: Advances in Potato Chemistry and Technology. Ed.: J. Singh, L. Kaur. 2nd. Edition Academic Press. 2016. pp. 319-321. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374349-7.00011-8>

8. Данилин С. И., Данилина А. С., Шукин Р. А., Каргин В. И., Корниенко А. В. Влияние сортовых особенностей и условий хранения на показатели качества клубней картофеля чипсового направления. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020;(4):116-121. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44533935>
9. Bhattarai B. Effect of Potassium on Quality and Yield of Potato tubers – A Review. International Journal of Agriculture & Environmental Science. 2016;3(6):7-11. DOI: <https://doi.org/10.14445/23942568/IJAES-V3I6P103>
10. Борисова А. В. Оценка качества картофеля при различных видах тепловой обработки на предприятиях общественного питания. Вестник КрасГАУ. 2017;(6):90-97. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29407870>
11. Shaker M. A. Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips. International Food Research Journal. 2015;22(4):1557-1563. URL: [http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20\(04\)%202015/\(35\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(04)%202015/(35).pdf)
12. Моляк А. А., Марухленко А. В., Еренкова Л. А., Борисова Н. П., Белоус Н. М., Ториков В. Е. Качество картофеля и картофелепродуктов в зависимости от минерального питания. Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2019;5(75):10-15. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41161788>
13. Гайзатулин А. С., Митюшкин Алей. В., Журавлев А. А., Митюшкин Алдр. В., Салюков С. С., Овечкин С. В., Симаков Е. А. Подбор и оценка исходного материала в селекции картофеля на пригодность к переработке. Картофель и овощи. 2019;(7):36-40. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39248741>
14. Пшеченков К. А., Мальцев С. В. Оценка сортов картофеля селекции ВНИИКХ на пригодность к переработке. Защита картофеля. 2011;(1):38-40. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25160096>
15. Зверев Я. Ф., Брюханов В. М. Флавоноиды как перспективные антиоксиданты. Бюллетень медицинской науки. 2017;(1(5)):20-27. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30450442>
16. Гинс Е. М., Москалев Е. А., Поливанова О. Б., Митюшкин А. В., Симаков Е. А. Оценка содержания веществ с антиоксидантной активностью в образцах картофеля коллекции исходных родительских форм Федерального исследовательского центра картофеля имени А. Г. Лорха. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агронимия и животноводство. 2020;15(3):242-252. DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-3-242-252>
17. Ким И. В., Волков Д. И., Захаренко В. М., Захаренко А. М., Голохваст К. С., Клыков А. Г. Состав и содержание антоцианов в диетических сортах картофеля (*Solanum tuberosum* L.), перспективных для выращивания и селекции в условиях Дальнего Востока России. Сельскохозяйственная биология. 2020;55(5):995-1003. DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.5.995rus>
18. Uluwaduge D. Glycoalkaloids, bitter tasting toxicants in potatoes: A review. International Journal of Food Science and Nutrition. 2018;3(4):188-193. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327287132>
19. Omayio D. G, Abong G. O, Okoth M. W. Review of Occurrence of Glycoalkaloids in Potato and Potato Products. Current Research in Nutrition and Food Science Journal. 2016;4(3):95-202. DOI: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.3.05>
20. Иванова К. А., Герасимова С. В., Хлесткина Е. К. Регуляция биосинтеза стероидных гликоалкалоидов картофеля. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(1):25-34. DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.328>
21. Silveira A. C., Falagan N., Aguayo E., Vilaro F., Escalona V. H. Compositional changes on colored and light-yellow-fleshed potatoes subjected to two cooking processes. CyTA–Journal of Food. 2017;15(2):241-248. DOI: <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1243155>

References

1. Teplova V. V., Isakova E. P., Klyayn O. I., Dergacheva D. I., Gessler N. N., Deryabina Yu. I. *Prirodnye polifenoly: biologicheskaya aktivnost', farmakologicheskij potentsial, puti metabolicheskoy inzhenerii (obzor)*. [Natural polyphenols: biological activity, pharmacological potential, means of metabolic engineering (review)]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya = Applied Biochemistry and Microbiology*. 2018;54(3):215-235. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.7868/S0555109918030017>
2. Mystkowska I., Zarzecka K., Gugala M., Sikorska A. The Polyphenol Content in Three Edible Potato Cultivars Depending on the Biostimulants Used. *Agriculture*. 2020;10(7):269. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture10070269>
3. Kowalczewski P. L., Olejnik A., Białas W., Rybicka I., Zielińska-Dawidziak M., Siger A., Kubiak P., Lewandowicz G. The Nutritional Value and Biological Activity of Concentrated Protein Fraction of Potato Juice. *Nutrients*. 2019;11(7):1523. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu11071523>
4. Kordabovskiy V. Yu. *Biokhimicheskiy sostav klubney kartofelya magadanskoy seleksii*. [Biochemical composition of potato tubers of magadan selection]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal = International Research Journal*. 2017;(5-2(59)):208-209. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.23670/TRJ.2017.59.111>
5. Simakov E. A., Mityushkin Aley. V., Mityushkin Aldr. V., Zhuravlev A. A. *Sovremennye trebovaniya k sortam kartofelya razlichnogo tselevogo ispol'zovaniya*. [Modern requirements to potato varieties of different target use]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2016;30(11):45-48. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28140587>

6. Zaheer K., Akhtar M. H. Potato Production, Usage, and Nutrition—A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2016;56(5):711-721. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724479>

7. Pedreschi F. Chapter 11 – Fried and Dehydrated Potato Products. In: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. Ed.: J. Singh, L. Kaur. 2nd. Edition Academic Press. 2016. pp. 319-321. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374349-7.00011-8>

8. Danilin S. I., Danilina A. C., Shchukin R. A., Kargin V. I., Kornienko A. V. *Vliyaniye sortovykh osobennostey i usloviy khraneniya na pokazateli kachestva klubney kartofelya chipsovogo napravleniya*. [Influence of varietal characteristics and storage conditions on the quality indicators of potato tubers of the chip direction]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya = Technologies of Food and Processing Industries of Agro-industrial Complex– Healthy Food*. 2020;(4):116-121. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44533935>

9. Bhattarai B. Effect of Potassium on Quality and Yield of Potato tubers – A Review. *International Journal of Agriculture & Environmental Science*. 2016;3(6):7-11. DOI: <https://doi.org/10.14445/23942568/IJAES-V3I6P103>

10. Borisova A. V. *Otsenka kachestva kartofelya pri razlichnykh vidakh teplovo obrabotki na predpriyatiyakh obshchestvennogo pitaniya*. [The assessment of potatoes quality at different types of thermal treatment in catering establishments]. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*. 2017;(6):90-97. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29407870>

11. Shaker M. A. Comparison between traditional deep-fat frying and air-frying for production of healthy fried potato strips. *International Food Research Journal*. 2015;22(4):1557-1563. URL: [http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20\(04\)%202015/\(35\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(04)%202015/(35).pdf)

12. Molyavko A. A., Marukhlenko A. V., Erenkova L. A., Borisova N. P., Belous N. M., Torikov V. E. *Kachestvo kartofelya i kartofele-produktov v zavisimosti ot mineral'nogo pitaniya*. [The dependence of quality of potato and its products on mineral nutrition]. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = VESTNIK of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2019;5(75):10-15. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41161788>

13. Gayzatulin A. S., Mityushkin Aley. V., Zhuravlev A. A., Mityushkin Aldr. V., Salyukov S. S., Ovechkin S. V., Simakov E. A. *Podbor i otsenka iskhodnogo materiala v selektsii kartofelya na prigodnost' k pererabotke*. [Selection and evaluation of the initial material in potato breeding for processing]. *Kartofel' i ovoshchi = Potato and Vegetables*. 2019;(7):36-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39248741>

14. Pshechenkov K. A., Mal'tsev S. V. *Otsenka sortov kartofelya selektsii VNIKKh na prigodnost' k promperegabotke*. [Evaluation of potato varieties of VNIKKH selection for suitability for industrial processing]. *Zashchita kartofelya*. 2011;(1):38-40. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25160096>

15. Zverev Ya. F., Bryukhanov V. M. *Flavonoidy kak perspektivnye antioksidanty*. [Flavonoids as advanced natural antioxidants]. *Byulleten' meditsinskoy nauki = Bulletin of Medical Science*. 2017;(1(5)):20-27. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30450442>

16. Gins E. M., Moskalev E. A., Polivanova O. B., Mityushkin A. V., Simakov E. A. *Otsenka sodержaniya veshchestv s antioksidantnoy aktivnost'yu v obraztsakh kartofelya kollektzii iskhodnykh roditel'skikh form Federal'nogo issledovatel'skogo tsentra kartofelya imeni A. G. Lorkha*. [Antioxidant contents in potato cultivars from the collection of Russian Potato Research Center]. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2020;15(3):242-252. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2020-15-3-242-252>

17. Kim I. V., Volkov D. I., Zakharenko V. M., Zakharenko A. M., Golokhvast K. S., Klykov A. G. *Sostav i sodержanie antotsianov v dieticheskikh sortakh kartofelya (Solanum tuberosum L.), perspektivnykh dlya vyrashchivaniya i selektsii v usloviyakh Dal'nego Vostoka Rossii*. [Composition and quantification of antocians in healthy-diet potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties for growing and selection in the Russian Far East]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya = Agricultural Biology*. 2020;55(5):995-1003. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.15389/agrobiol.2020.5.995rus>

18. Uluwaduge D. Glycoalkaloids, bitter tasting toxicants in potatoes: A review. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2018;3(4):188-193. URL: <https://www.researchgate.net/publication/327287132>

19. Omayio D. G., Abong G. O., Okoth M. W. Review of Occurrence of Glycoalkaloids in Potato and Potato Products. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*. 2016;4(3):95-202. DOI: <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.4.3.05>

20. Ivanova K. A., Gerasimova S. V., Khlestkina E. K. *Regulyatsiya biosinteza steroidnykh glikoalkaloidov kartofelya*. [The biosynthesis regulation of potato steroidal glycoalkaloids]. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018;22(1):25-34. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.18699/VJ18.328>

21. Silveira A. C., Falagan N., Aguayo E., Vilaro F., Escalona V. H. Compositional changes on colored and light-yellow-fleshed potatoes subjected to two cooking processes. *CyTA—Journal of Food*. 2017;15(2):241-248. DOI: <https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1243155>

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ: ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES: STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Сведения об авторах

✉ **Гольдштейн Владимир Георгиевич**, кандидат техн. наук, зав. отделом, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», г. о. Люберцы, д. п. Красково, Московская обл., 140051, Российская Федерация, e-mail: yniik@arrisp.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2042-0681>, e-mail: 6919486@mail.ru

Дегтярев Владимир Алексеевич, зав. лабораторией технологии переработки картофеля, старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», г. о. Люберцы, д. п. Красково, Московская обл., 140051, Российская Федерация, e-mail: yniik@arrisp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0233-4090>

Коваленок Владимир Александрович, доктор техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», г. о. Люберцы, д. п. Красково, Московская обл., 140051, Российская Федерация, e-mail: yniik@arrisp.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1742-7695>

Семенова Анастасия Владимировна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», г. о. Люберцы, д. п. Красково, Московская обл., 140051, Российская Федерация, e-mail: yniik@arrisp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0905-0111>

Морозова Анастасия Алексеевна, младший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиал ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», г. о. Люберцы, д. п. Красково, Московская обл., 140051, Российская Федерация, e-mail: yniik@arrisp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1937-3539>

Information about the authors

✉ **Vladimir G. Goldstein**, PhD in Engineering, leading researcher, Head of the Department, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch, Lyubertsy, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: yniik@arrisp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2042-0681>, e-mail: 6919486@mail.ru

Vladimir A. Degtyarev, Head of the Laboratory of Potato Processing Technology, senior researcher, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch, Lyubertsy, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: yniik@arrisp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0233-4090>

Vladimir A. Kovalenok, DSc in Engineering, professor, leading researcher, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch, Lyubertsy, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: yniik@arrisp.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1742-7695>

Anastasia V. Semenova, junior researcher, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch, Lyubertsy, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: yniik@arrisp.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0905-0111>

Anastasia A. Morozova, junior researcher, All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Federal Potato Research Center named after A. G. Lorch, Lyubertsy, Kraskovo, Moscow region, 140051, Russian Federation, e-mail: yniik@arrisp.ru,
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1937-3539>

✉ – Для контактов / Corresponding author

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.110-116>

УДК 620.95:661.9



Sustainable development of environment and energy aspects of methane fermentation on family farms in Poland

© 2022. Jan Barwicki¹, Andrzej Marczuk²✉, Dariusz Góral², Małgorzata Góral-Kowalczyk², Sybilla Nazarewicz²

¹Institute of Technology and Life Sciences, Branch in Warsaw, Poland,

²University of Life Sciences in Lublin, Poland

The goal of these study was to present results of investigation concerning possibilities of utilization of harmful wastes in countryside area to produce ecological energy. Biogas production can be important from the point of view of environment protection especially in case of overproduction of animal wastes. Production and utilization of energy from agriculture residues gives a great chance for diversification and grows of income for family farms. Besides energetic and environment gains, we can obtain very valuable fertilizer, which is easy absorbed by plants in field crop production. The experimental study was conducted to investigate the effect of mixing process on the parameters of methane fermentation process. Temperature inside fermentation chamber, pH of fermented material, redox potential and carbon to nitrogen ratio (C:N) were investigated. Utilize wastes from pig and poultry houses were used for the study. Digestion in a chamber was provided at constant temperature of 37 °C. After adding fresh substrate to the digester, the temperature of the raw material decreased by 1,0-1.5 °C depending on the location in the tank. Also, it was observed that biogas production decreased. The mixing process had a positive effect on the homogeneity of the material throughout the digester volume. The best results for biogas production were obtained when the pH value was 7.0. Research results obtained from tested biogas installation show, that from two bio reactors at total capacity of 410 m³ we can get electrical energy at cost of 34,52 € MWh⁻¹ and thermal energy at cost of 62,54 € MWh⁻¹. While the cost of producing electricity in a professional power plant based on lignite was 76.23 € MWh⁻¹. The energy produced was used for the operational activities of the farm.

Key words: biogas, renewable energy, manure, environment protection, economy

Acknowledgement: the work was done without financial support in the framework of the initiative topics.

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: Barwicki J., Marczuk A., Góral D., Góral-Kowalczyk M., Nazarewicz S. Sustainable development of environment and energy aspects of methane fermentation on family farms in Poland. *Agrar'naya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2022;23(1):110-116. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.110-116>

Received: 26.08.2021

Accepted for publication: 21.12.2021

Published online: 25.02.2022

Устойчивое развитие экологических и энергетических аспектов ферментации метана на семейных фермах в Польше

© 2022. Я. Барвицкий¹, А. Марчук²✉, Д. Гураль², М. Гураль-Ковальчик², С. Назаревич²

¹Институт технологии и наук о жизни, филиал в Варшаве, Польша

²Университет естественных наук в Люблине, Польша

Цель работы – изучить возможность утилизации вредных отходов в сельской местности для получения экологической энергии. Производство биогаза актуально с точки зрения охраны окружающей среды, особенно в случае перепроизводства отходов животноводства. Использование энергии, полученной из сельскохозяйственных отходов, приводит к диверсификации и росту доходов семейных ферм. Помимо энергетических и экологических выгод при утилизации отходов можно получить очень ценное удобрение, которое легко усваивается растениями. Экспериментальные исследования проводили с целью изучения влияния процесса перемешивания отходов свиарников и птичников на параметры ферментации метана: температуру внутри ферментационной камеры, pH ферментированного материала, окислительно-восстановительный потенциал и соотношение углерода к азоту (C:N). Для ферментации отходов в камере обеспечивали постоянную температуру 37 °C. После добавления свежего субстрата в реактор температура сырья снижалась на 1,0-1,5 °C в зависимости от расположения в резервуаре, и производство биогаза сокращалось. Процесс перемешивания положительно влиял на однородность распределения материала по всему объему реактора, при этом увеличивалось производство биогаза. Наилучшие результаты получены при значении pH 7,0. Результаты исследований, полученные при испытании биогазовой установки,

состоящей из двух биореакторов общим объемом 410 м³, показали, что можно получить электрическую энергию стоимостью 34,52 € МВт·ч⁻¹ и тепловую энергию стоимостью 62,54 € МВт·ч⁻¹. При этом стоимость производства электроэнергии на профессиональной электростанции на основе бурого угля составляет 76,23 € МВт·ч⁻¹. Произведенная энергия использовалась для деятельности фермы.

Ключевые слова: биогаз, возобновляемая энергетика, навоз, охрана окружающей среды, экономика

Благодарности: работа выполнена без финансового обеспечения в рамках инициативной тематики.

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

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Барвицкий Я., Марчук А., Гураль Д., Гураль-Ковальчик М., Назаревич С. Устойчивое развитие экологических и энергетических аспектов ферментации метана на семейных фермах в Польше. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2022;23(1):110-116. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.110-116>

Поступила: 26.08.2021 Принята к публикации: 21.12.2021 Опубликовано онлайн: 25.02.2022

Global change in the environment, caused by the overexploitation of natural resources and the burning of fossil fuels, has a number of negative effects on human health and the functioning of ecosystems. Waste production is increasing rapidly as a result of industrialization, global urbanization and economic development [1].

With growing requirement of meat and milk consumption, animal production become one of the most harmful sector for environment protection phenomena. Emission to the atmosphere methane, carbon dioxide, carbon oxide, ammonia and hydrogen sulphide is very high and especially it happens during summer period, what has negative influence on environment and in case of higher concentrations, it gives poisonous reaction on neighborhood [2, 3].

The idea of sustainable development can be presented as an evolution of the idea of progress, from technocratic conceived economic growth (production, consumption, technical progress), through sustainable development (development planned and implemented taking into account the possibilities and environmental effects), to contemporary multidisciplinary and humanitarian concept (Universal Declaration of Human Rights), where the subject is the human person, and especially his right to a healthy and productive life in harmony with nature, the well-being of the global community of people of intergenerational justice, self-realization. Sustainable development can be seen as an alternative to globalization¹ [4, 5, 6].

The concept of sustainable development was first used during the Stockholm Conference in 1972, where the goals and tasks of global environmental protection were discussed [7]. In Po-

land, the principle of sustainable development was given the rank of a fundamental right resulting from the provisions of the Constitution of the Republic of Poland of 1997 (the Constitution of the Republic of Poland of April 2, 1997)². Sustainable development is most broadly defined in environmental protection acts. The most important of them is the Environmental Protection Law of April 27, 2001³, which comprehensively regulates the principles of environmental protection and the conditions for using its resources. Promoting renewable forms of energy is one of the objectives of the EU's energy policy. Increased use of energy from renewable sources is an important part of the package of measures needed to reduce greenhouse gas emissions and meet the provisions of the Paris Climate Agreement and the EU's 2020-2030 climate and energy policy framework. As part of the European Green Deal, in September 2020, the Commission proposed to increase the GHG reduction target, including emissions and removals, to at least 55 % by 2030 compared to 1990 levels.

One of the most important goals is to provide at least 32 percent. share of renewable energy in total energy consumption⁴.

Liquid manure have in it content huge amount of microorganisms, which in certain condition could be illness factors for human beans and animals. Big doses of liquid manure which is not fully fermented and cleaned has negative influence on biological soil properties, what can lead to considerable and final degradation of natural environment. Fertilization by using of high doses of non-fermented liquid manure, can lead to stoppage of biological life and loss of soil ability

¹Polish Ministry of Agriculture (MRiRW) data 2019. URL: <https://www.gov.pl/web/agriculture>

²Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r. Dz. U. Nr 78, poz. 483 ze zm.; dalej: konstytucja RP. URL: <https://docplayer.pl/24729240-Konstytucja-rp-z-2-kwietnia-1997-r.html>

³Environmental Protection Law, 2001. [PL: Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska. Dz.U. 2001 Nr 62 poz. 627.]

⁴Eurostat 2019. URL: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en,

to self-cleaning [8, 9, 10]. In such conditions it provides to the grows of carbon dioxide (CO₂) concentration in soil air, where it is present oxygen free distribution with emitting of hydrogen sulphide (H₂S), methane (CH₄), ethylene, nitrite and other poisonous compounds for existed plants. Huge amount of animal manure is well enough signal for looking for rational methods of processing and it utilization with special attention to liquid manure. Production of liquid manure is considerable higher then crops requirement for fertilizer, therefore it is important to provide its effective processing. One of methods of liquid manure processing is providing methane fermentation. Methane fermentation is complex biochemical process, which is provided in oxygen free conditions. Multi molecules organic substances are distributed on simple stabilize chemical compounds – but mainly on methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂) [11, 12].

At the end of 2018, Directive (EU) 2018/2001⁵ of the European Parliament and of the Council of December 11, 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources, commonly known as RED II (Renewable Energy Directive II), entered into force. The directive sets targets for the consumption of renewable energy sources in 2021-2030. It also introduces many changes in the area of certification of sustainable biofuel production, which will apply from 2021.

Biogas can be produced from a variety of feedstock and used for different purposes: electricity, heat and transport [13]. Thus, the sustainability schemes for biomass and the GHG calculation of biogas pathways would need to take these into consideration. For instance, anaerobic digestion of manure greatly reduces the amount of methane that would otherwise be released in the atmosphere and enable therefore significant GHG savings. Biogas production also closes the nutrient cycle when the produced digestate, an excellent bio-fertiliser, replaces and thereby prevents the CO₂ emissions from the production and use of mineral fertilizer [14]. As for biofuels, the co-digestion of energy crops and manure has proved to be the most energy-efficient: one hectare of land used for biomethane production allows a longer running distance than with any other biofuel [15].

Yearly amount of natural manure provided from cattle and pig farms according to Romaniuk

et al. [16] is equal about 58 million tons of solid manure and about 73 million m³ of liquid manure. According to the Register of agricultural biogas producers provided by the General Director of the National Center for Agricultural Support⁶ (Status as of: June 15, 2021) taking into account all wastes from animal production, it is possible to obtain 494 023 199 m³ of biogas per year. According to the same source of statistics actually there are 104 biogas installations in Poland and total yearly electrical output of these stations is equal 121.396 MW. The size of power production from one biogas installation varies from 0.080 MW to 2.400 MW⁷.

The aim of the study was to investigate the possibility of continuous feeding of the biogas plant with slurry and waste from pig sites and poultry farms, and to examine the profitability of this type of installation.

Material and methods. During experimental tests of biogas station all most important parameters, which have influence on fermentation process were taking into consideration and they are as follows: temperature inside fermentation chamber, pH of fermented material, redox potential and carbon to nitrogen ratio (C:N). Influence of mixing process on general state of observed parameters of methane fermentation process were provided. When adding fresh substrate to fermentation chamber, temperature of the material decreased by 1,0-1.5 °C depending on the location in a tank and biogas production slightly decreased also. All parameters were measured using ITP laboratory validated instrumentation and there were taken 3 repetitions of all measurements. As a final result of all measurements always the average values were taken into consideration.

After 15 minutes of mixing process biogas production obtained its previous value. After one hour of mixing all material in a chamber also temperature reached a state as it was before adding a substrate. Mixing process has also positive influence on uniformity of all material in the whole volume of a fermentation chamber.

On figure 1 it is presented biogas installation in Poland, which utilize wastes from pig and poultry houses. Besides that, corn silage substrates were utilized in mesophilic digestion process.

⁵Eurostat 2018. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/?uri=CELEX%3A32018L2001>

⁶Rejestr wytwórców biogazu rolniczego. URL: <https://www.kowr.gov.pl/odnawialne-zrodla-energii/biogaz-rolniczy/wytworcy-biogazu-rolniczego/rejestr-wytworcow-biogazu-rolniczego>

⁷KOWR-Polish Agency of EU Payment 2019. URL: <https://www.kowr.gov.pl/odnawialne-zrodla-energii/biogaz-rolniczy/wytworcy-biogazu-rolniczego/rejestr-wytworcow-biogazu-rolniczego>

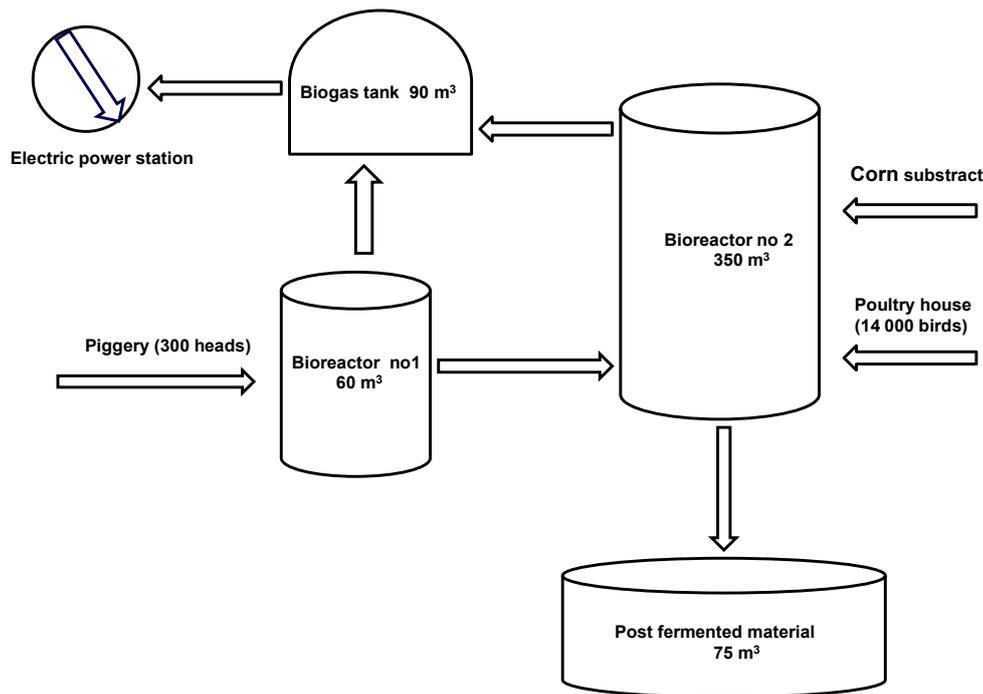


Fig. 1. Scheme of biogas installation used in described study (Source: Own study based on research Romaniuk et al.) [17] /

Рис. 1. Схема биогазовой установки, использованная в описанном исследовании (Источник: Собственное исследование, основанное на исследовании Романюка и др.) [17]

Liquid manure in piggery house heaving 300 heads of animals, was collected under slotted floor and then transported to digester three times a day at total capacity of 1 m³ each time. Digestion in a chamber was provided at constant temperature of 37 °C. Also three times a day mechanical mixing of the whole capacity of the digester was provided. The same amount of liquid manure it was added to bioreactor no 1 automatically was pumped to bioreactor no 2. Bioreactor no 2 was also fed by solid manure from poultry house with capacity of 14 000 birds.

Periodically bioreactor no 2 was loaded by corn silage or green fodder at quantity of 300 kg. As an effect of that operation, it was observed growth by about 15% of biogas production. Post fermented material from bioreactor no 2 was transported to the tank of capacity 75 m³. Generated by condensation water vapour was collected in deodorizers. Produced biogas was collected in elastic container at capacity of 90 m³. Biogas was utilized to supply co-generation unit which converted it into electrical energy. During tests hydrogen sulphide content in biogas were measured. Results of that were as follows: range from 600 to 700 ppm. These values are high, but still below safe limit of working conditions for aggregate engine Podkówka [18]. Produced energy were utilized for on farm operational activity.

Results and discussion. Methane fermentation is provided in oxygen free conditions Biogas installations can be a real alternative to traditional energy production especially for countryside population, which still have limited other local energy sources. Energetic characteristic of tested biogas installation is presented in table 1.

For bacteria which cause methane fermentation, the process requires keeping neutral pH content, because when pH value is below 6.0 and over 8.0 fermentation process is stopped at all. The best results for biogas production obtained in case when pH value was equal 7.0 [19]. pH value which characterizes fermentation chamber content, is a function of very complex parameter called alkalinity, and is described by concentration of volatile fatty acids, as well as presence of bicarbonate HCO₃. If concentration of volatile fatty acids is growing too fast, buffer potential of bicarbonate anions becomes not enough to keep pH level at value of 7,0. However in normal circumstances bicarbonate concentration between 2,5-6.0 g guarantee sufficient buffer potential. Bacteria which are present during methane fermentation process requires very low redox potential at value 250 mV or lower [20].

Chemical composition and energetic value of biogas is presented in table 2.

Table 1 – Energetic characteristic of biogas installation / Таблица 1 – Энергетическая характеристика биогазовой установки

<i>Parameters / Параметры</i>	<i>Unit / Ед. изм.</i>	<i>Period / Период</i>			
		<i>11.05.2012-31.05.2012</i>		<i>5.09.2012-25.09.2012</i>	
		<i>bioreactor 1 / биореактор 1</i>	<i>bioreactor 2 / биореактор 2</i>	<i>bioreactor 1 / биореактор 1</i>	<i>bioreactor 2 / биореактор 2</i>
Biogas production during 21 days / Производство биогаза в течение 21 дня	m ³	2 616	3 012	2 720	3 421
Average daily biogas production / Среднесуточное производство биогаза	m ³	123	147	132	166
Biogas caloric value / Калорийность (теплотворность) биогаза	MJ·m ⁻³	20.72	20.71	22.19	22.24
Energy generated in tested biogas station / Энергия, вырабатываемая на испытанной биогазовой станции	MJ	54468.71	62742	60 633.38	75 764.59
Amount of energy utilized to maintain constant temperature in the fermentation chamber / Количество энергии, затрачиваемой на поддержание постоянной температуры в камере брожения	MJ	15251.82	19451.35	16972.14	23092.12

Table 2 – Chemical composition and energetic value of biogas / Таблица 2 – Химический состав и энергетическая ценность биогаза

<i>Period of biogas production / Период производства биогаза</i>	<i>Chemical composition, % / Химический состав, %</i>					<i>Heat of combustion, MJ·m⁻³ / Теплота сгорания, МДж·м⁻³</i>	<i>Caloric value, MJ·m⁻³ / Калорийность, МДж·м⁻³</i>
	<i>CH₄</i>	<i>CO₂</i>	<i>N₂</i>	<i>O₂</i>	<i>other / другой</i>		
11.05-31.05.2012	62.18	34.36	2.61	0.74	0.11	25.13	22.64
05.09-25.09.2012	58.09	38.52	2.42	0.83	0.14	23.19	21.16

It is interesting how big difference is between manure characteristic before and after methane fermentation process. The results of research work are presented in table 3.

Table 3 – Liquid manure characteristic before and after methane fermentation / Таблица 3 – Характеристика жидкого навоза до и после метановой ферментации

<i>Parameters / Параметры</i>	<i>Unit / Ед. изм.</i>	<i>Average data for liquid manure / Средние данные по жидкому навозу</i>		<i>Reduction, % / Сокращение, %</i>
		<i>raw / необработанный</i>	<i>digested / переваренный (сброженный)</i>	
CHZT	g O ₂ ·l ⁻¹	25.2	6.2	74.1
BZT ₅	g O ₂ ·l ⁻¹	16.1	1.3	92.4
Dry residue / Сухой остаток	g O ₂ ·l ⁻¹	17.8	7.4	41.8
Oxygen consumption / Потребление кислорода	g O ₂ ·l ⁻¹	3.8	2.5	31.2
Suspension / Суспензия	g O ₂ ·l ⁻¹	17.9	7.5	41.7

The results of experiment concerning relationships between temperature in fermentation chamber and biogas production capacity are presented on figure 2.

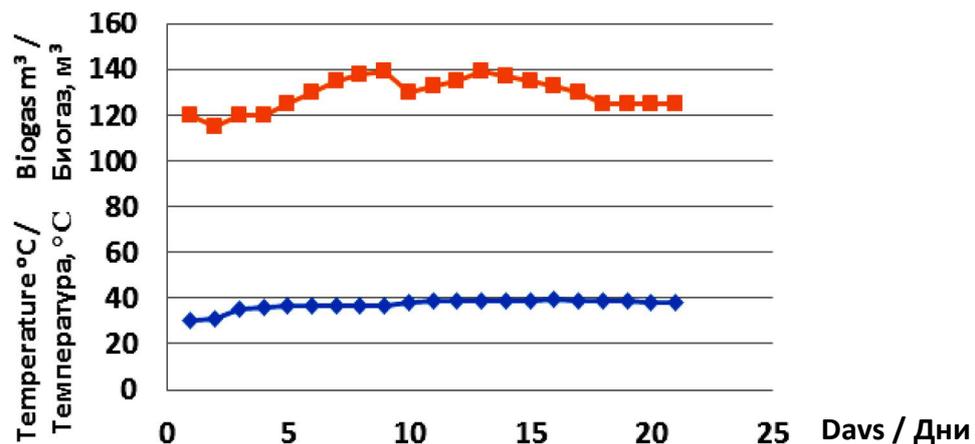


Fig 2. Biogas production depending on temperature of fermentation material at capacity of 350 m⁻³, in a period of 11-31 may 2012 Source: Romaniuk et al [21] and own study /

Рис. 2. Производство биогаза в зависимости от температуры ферментируемого материала при мощности 350 м³, в период с 11 по 31 мая 2012 г. Источник: Романюк и др. [21] и собственное исследование

Bacteria production In methane fermentation process requires sufficient amount of nutrient medium, to grows and reproduction. In spite of that C:N ratio should not exceed ratio 100:3, what was confirmed while providing this experiment. We can see from a graph that in spite of quite stable temperature in fermentation chamber, biogas production capacity is changing from day to day Calculated research results which we have got from tested biogas station show, that from two bio reactors at total capacity of 410 m³ we can get electrical energy at cost of 34.52 € MWh⁻¹ and thermal energy at cost of 62.54 €·MWh⁻¹. While the cost of producing electricity in a professional power plant based on lignite was 76.23 €MWh⁻¹.

Conclusions. Biogas production can be a way for diversification and grows of income for family farms, especially in case of overproduction of animal wastes.

Usage of agricultural biogas is dependent on many factors specific to location of each installation (distance from the grid, general and local demand for a particular source of energy).

Biogas plants are the objects of stable energy generation, which when properly used with the technological regime, have a constant electrical performance and can be built to meet the demand for electricity.

In Poland, it is possible to build both agricultural biogas plants, 0.1 MW as well as much larger installations. The final investment decision should result from a comprehensive account of the opportunities and needs.

Presented results from tested biogas installation show, that from two bio reactors at total capacity of 410 m³ we can get electrical energy at cost of 34.52 € MWh⁻¹ and thermal energy at cost of 62.54 €·MWh⁻¹.

References

1. Czatzkowska M., Harnisz M., Korzeniewska E., Koniuszewska I. Inhibitors of the methane fermentation process with particular emphasis on the microbiological aspect: A review. *Energy Science and Engineering*. 2020;8(5):1880-1897. DOI: <https://doi.org/10.1002/ese3.609>
2. Koryś K. A., Latawiec A. E., Grotkiewicz K., Kuboń M. The review of biomass potential for agricultural biogas production in Poland. *Sustainability*. 2019;11(22):6515. DOI: <https://doi.org/10.3390/su11226515>
3. Matos J. S., Barberino A. T. M. S., de Araujo L. P., Lôbo I. P., de Almeida Neto J. A. Potentials and Limitations of the Bioconversion of Animal Manure Using Fly Larvae. *Waste and Biomass Valorization*. 2021;12:3497-3520. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-020-01141-y>
4. Kostecka J., Koc-Jurczyk J., Brudzisz K. Waste management in Poland and European Union. *Waste management*. 2014;16(1):1-10. URL: https://www.researchgate.net/publication/311233169_Waste_management_in_Poland_and_European_Union
5. Silvestre B. S., Țircă D. M. Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. *Journal of Cleaner Production*. 2019;208:325-332. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.09.244>
6. Kumar G., Lay C. H., Kim S. H., Ponnusamy V. K. Recent developments on alternative fuels, energy and environment for sustainability. *Bioresource Technology*. 2020;317:124010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.124010>
7. Kruk H., Waldziński D. Rozwój zrównoważony i konkurencyjność regionów-rozważania teoretyczne. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*. 2010;(110) Problemy rozwoju regionalnego):87-96.
8. Pandey P., Chiu C., Miao M., Wang Y., Settles M., Del Rio N. S., Castillo A., Souza A., Pereira R., Jeannotte R. 16S rRNA analysis of diversity of manure microbial community in dairy farm environment. *PloS one*. 2018;13(1):e0190126. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190126>

9. Kazimierowicz J. Depletion efficiency of selected expired food products in the process of methane fermentation. *Journal of Ecological Engineering*. 2019;20(1):132-137. DOI: <https://doi.org/10.12911/22998993/93865>
10. Zubair M., Wang S., Zhang P., Ye J., Liang J., Nabi M., Zhou Z., Tao X., Chen N., Sun R., Xiao Ju., Cai Y. Biological nutrient removal and recovery from solid and liquid livestock manure: Recent advance and perspective. *Bioresource technology*. 2020;301:122823. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122823>
11. Owen J. J., Silver W. L. Greenhouse gas emissions from dairy manure management in a Mediterranean environment. *Ecological applications*. 2017;27(2):545-559. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.1465>
12. Broucek J. Nitrous oxide production from cattle and swine manure. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 2016;5(1):13-19. DOI: <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v5n1p13-19>
13. Yevstafieva Y., Levytska V., Terenov D. Biogas Production as a Component of Green Energy Generation. In: Mudryk K., Werle S. (eds) *Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation*. Springer Proceedings in Energy. Springer, Cham. 2018. pp. 755-764. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72371-6_74
14. Apdini T., Al Zahra W., Oosting S. J., de Boer I. J., de Vries M., Engel B., van Middelaar C. E. Understanding variability in greenhouse gas emission estimates of smallholder dairy farms in Indonesia. *The International Journal of Life Cycle Assessment*. 2021;26:1160-1176. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11367-021-01923-z>
15. Scarlet N., Dallemand J. F., Fahl F. Biogas: Developments and perspectives in Europe. *Renewable energy*. 2018;129(Part A):457-472. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.006>
16. Romaniuk W., Głaszczka A., Domasiewicz T., Biskupska K., Barwicki J. Method of evaluation of biogas stations. *Problems of animals production in the view of farm structure, environment protection and EU standards: monograph*. Falenty: ITP, 2011. pp. 108–114.
17. Romaniuk W., Biskupska K. Tests results of biogas stations below 100 kW. *Problems of intensification of animal production taking into account environment protection, EU standards and biogas production: monograph*. Red. Romaniuk W., Falenty: ITP, 2012. pp. 132-143.
18. Podkówka W. *Biogas from agriculture as renewable source of energy. Theory and practice*. Warsaw: PWRiL, 2012. pp. 263.
19. Jankowska E., Chwiałkowska J., Stodolny M., Oleskiewicz-Popiel P. Volatile fatty acids production during mixed culture fermentation – The impact of substrate complexity and pH. *Chemical Engineering Journal*. 2017;326:901-910. DOI: <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2017.06.021>
20. Myczko A., Myczko R., Kołodziejczyk T., Golimowska R., Lenarczyk J., Janas Z., Kliber A., Karłowski J., Dolska M. Construction and exploitation of agriculture biogas stations. *Handbook for investors*. Wydawnictwo ITP Falenty, 2011. 142 p.
21. Romaniuk W., Głaszczka A., Biskupska K. Analysis of the biogas installation solutions for the family farms and farming enterprises: monograph. *Engineering in Agriculture*. Falenty: ITP, 2012. No 9. pp.94

Information about the authors

Jan Barwicki, PhD in Engineering, professor, Institute of Technology and Life Sciences in Falenty, Branch in Warsaw, Rakowiecka 32, Warszawa, Poland, 02-532

✉ **Andrzej Marczyk**, DSc in Engineering, full professor, vice-rector, head of the Department, Department of Agricultural, Forestry and Transport Machines, Faculty of Production Engineering, University of Life Sciences in Lublin, Głęboka 28, Lublin, Poland, 20-950, e-mail: andrzej.marczyk@up.lublin.pl

Dariusz Góral, PhD in Engineering, associate professor, Department of Biological Bases of Food and Feed Technologies, Faculty of Production Engineering, University of Life Sciences in Lublin, Głęboka 28, Lublin, Poland, 20-950

Małgorzata Góral-Kowalczyk, PhD in Engineering, Department of Agricultural, Forestry and Transport Machines, Faculty of Production Engineering, University of Life Sciences in Lublin, Głęboka 28, Lublin, Poland, 20-950

Sybilla Nazarewicz, MSc, Department of Agricultural, Forestry and Transport Machines, Faculty of Production Engineering, University of Life Sciences in Lublin, Głęboka 28, Lublin, Poland, 20-950

Сведения об авторах

Ян Барвицкий, кандидат техн. наук, профессор, Институт технологии и наук о жизни в Фалентах, филиал в Варшаве, Раковецка 32, Варшава, Польша, 02-532

✉ **Анджей Марчук**, доктор техн. наук, профессор, проректор, заведующий кафедрой сельскохозяйственных, лесных и транспортных машин, факультет техники производства, Университет естественных наук в Люблине, Гłęboka 28, Люблин, Польша, 20-950, e-mail: andrzej.marczyk@up.lublin.pl

Дариуш Гураль, доктор техн. наук, кафедра биологических основ пищевых и кормовых технологий, факультет техники производства, Университет естественных наук в Люблине, Гłęboka 28, Люблин, Польша, 20-950

Малгожата Гураль-Ковальчик, кандидат техн. наук, кафедра сельскохозяйственных, лесных и транспортных машин, факультет техники производства, Университет естественных наук в Люблине, Гłęboka 28, Люблин, Польша, 20-950

Сибилла Назаревич, магистр наук, кафедра сельскохозяйственных, лесных и транспортных машин, факультет техники производства, Университет естественных наук в Люблине, Гłęboka 28, Люблин, Польша, 20-950

✉ – Для контактов / Corresponding author

Имитационное моделирование роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах КРС

© 2022. Е. А. Никитин 

ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

Настоящее исследование проведено в 2020-2021 гг. В ходе выполнения работы проанализирована российская и зарубежная литература, посвященная технологическим особенностям кормления крупного рогатого скота, исследован опыт производства технических средств для кормления КРС молочного и мясного животноводства компаниями АО «Слободской МСЗ», Wasserbauer, Delaval, Afimilk, GEA Farm, Lely и др. Исследование направлено на имитационное моделирование роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах с использованием инструментов Simulink в среде Matlab, чтобы облегчить модернизацию устройства или оптимизировать стоимость элементов системы и снизить производственные затраты. На этапе проектирования работа произведена кинематический анализ движения с построением математических зависимостей и отображением расчетной схемы. Для описания динамических характеристик устройства использовали уравнение Аппеля, представленное в матричной форме, теоретически была задана траектория перемещения робота и отслежено отклонение его центра масс от реперных точек. Максимальный уровень отклонения составил 0,03 м. На основе имитационной модели был разработан экспериментальный образец с управляемым дозатором кормовых добавок, который может значительно облегчить процесс кормления и оптимизировать дозирование концентрированных добавок. В настоящее время экспериментальный образец готовится к испытанию на молочной ферме.

Ключевые слова: цифровое животноводство, системы автоматизированного кормления, оборудование для кормления КРС, роботизация животноводства

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № 0581-2021-0009).

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

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Никитин Е. А. Имитационное моделирование роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах КРС. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(1):117-125. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.117-125>

Поступила: 29.04.2021

Принята к публикации: 17.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Simulation of a robotic device for maintenance of the feed table at cattle breeding complexes

© 2022. Evgeniy A. Nikitin 

Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

This study was conducted in 2020-2021. During the research, the Russian and foreign literature devoted to the technological features of cattle feeding was analyzed, the experience of the production of technical facilities for feeding dairy and meat cattle by the companies of JSC "SMZ-Slobodskoy", Wasserbauer, Delaval, Afimilk, GEA Farm, Lely, etc. was studied. This research is aimed at simulation modeling of a robotic device for feed table maintenance at livestock complexes, using Simulink tools in the Matlab environment, in order to facilitate the modernization of the device or optimize the cost of system elements and reduce production costs. At the stage of designing the robot, a kinematic analysis of motion was performed with the construction of mathematical dependencies and displaying of the calculation scheme. To describe the dynamic characteristics of the device, the Appel equation was used, presented in matrix form, the trajectory of the robot's movement was theoretically set, and the deviation of its center of mass from the reference points was tracked. The maximum deviation level was 0.03 m. Based on the simulation model, an experimental sample with a controlled feed additive dispenser was developed, which can significantly facilitate the feeding process and optimize the dosing of concentrated additives. Currently, the experimental sample is being prepared for testing on a dairy farm.

Keywords: digital animal husbandry, automated feeding systems, cattle feeding equipment, robotization of animal husbandry

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 Scientific Agroengineering Center VIM (theme No. 0581-2021-0009).

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

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

For citations: Nikitin E. A. Simulation of a robotic device for maintenance of the feed table at cattle breeding complexes. *Agrarnaya nauka Euro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(1):117-125. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.117-125>

Received: 29.04.2021

Accepted for publication: 17.01.2022

Published online: 25.02.2022

Рацион крупного рогатого скота (КРС) принято подразделять на объемистые компоненты (силос, сенаж, свежескошенная трава или сено) и концентрированные (зерновой размол, жмыхи и шроты масличных культур), также в виде смешанного комбикорма и минеральных добавок, содержащих рекомендуемую массовую долю от 0,5 до 2,0 % (Ca, K, Na, Mg, P, S и пр.), которые могут подаваться в виде сбалансированного премикса или входить в состав комбикорма.

В настоящее время рентабельность производства молока во многом определяется продуктивностью и продуктивным долголетием животного, что в 50 % случаев достигается за счет составления сбалансированного рациона и качественного приготовления кормовых смесей [1, 2, 3, 4].

Аналитической компанией ЭР-ТЕЛЕКОМ, которая проводит исследования различных секторов экономики предприятий по всему миру, в том числе в сфере АПК, было выявлено, что в структуре рациона КРС массовая доля комбикормов в среднем составляет около 18 %, в свою очередь в стоимостном выражении их доля достигает 63 %¹.

На сегодняшний день на всех современных животноводческих комплексах по содержанию КРС используются различные автоматизированные системы составления рационов: Коралл-АГРО, Белкофф, АМТС, РАЦИОН, HYBRIMIN Futter и другие, что позволяет составить рацион, максимально удовлетворяющий потребности животного для достижения определенного уровня продуктивности по молоку или мясу [5, 6, 7, 8, 9].

В ранее проведенных исследованиях [10, 11] на основе протоколов автоматической системы весового дозирования «Daily TMR Manager», устанавливаемой на миксер-кормораздатчик, было выявлено, что оператором

совершается большая погрешность дозирования, приводящая к несоответствию составленного и приготовленного рационов, а также зачастую к удорожанию кормовой смеси.

Цель исследования – разработка имитационной модели роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах с оценкой взаимодействия систем позиционирования и электропривода.

Научная новизна:

– расширенные функциональные возможности роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческом комплексе;

– математическая модель и алгоритм управления роботизированным устройством для обслуживания кормового стола на животноводческом комплексе.

Материал и методы. Для определения актуальности исследования изучался зарубежный и отечественный опыт проектирования технологических решений и технических средств для кормления КРС молочного и мясного животноводства: АО «Слободской МСЗ»², Wasserbauer³, Delaval⁴, GEA Farm⁵, Lely⁶ и другие.

Исследования проводили на базе ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» в период с 2020 по 2021 год.

Разработка экспериментального образца роботизированного устройства для обслуживания кормового стола включала теоретический этап работ (подготовительный). С помощью инструментов искусственной среды Matlab/Simulink разработана имитационная модель экспериментального образца, что позволило смоделировать взаимодействие кинематических пар электропривода с системой автоматического позиционирования и оценить эффективность этого взаимодействия.

¹Презентация ЭР-Телеком «Цифровые решения в АПК». [Электронный ресурс]. URL: <https://ertelecom.ru/> (дата обращения: 28.04.2021).

²Официальный сайт АО «Слободской МСЗ». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.smsz.ru> (дата обращения: 10.05.2020).

³Официальный сайт Wasserbauer. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.wasserbauer.at/en/all-products.html> (дата обращения: 10.05.2020).

⁴Официальный сайт DeLaval. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.delaval.com/ru/our-solutions/feeding/> (дата обращения: 10.05.2020).

⁵Официальный сайт ГЕА Фарм Технолоджиз Рус. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gea.com/ru/products/milking-farming-barn/dairyfeed-feeding-systems/index.jsp?i=dairy-farming> (дата обращения: 10.05.2020).

⁶Официальный сайт Lely [Электронный ресурс]. URL: <https://www.lely.com/ru/solutions/feeding/vector/> (дата обращения: 10.05.2020).

Анализ эффективности взаимодействия автоматической системы позиционирования и исполнительных устройств производили с учетом изученных методов математического моделирования, а также кинематических и динамических процессов движения мобильных роботов [12, 13, 14, 15, 16].

Практическая часть исследования предполагала изготовление оригинальных деталей

экспериментального образца и системы управления, в частности платы для управления драйвером шаговыми электродвигателями.

Результаты и их обсуждение. На рисунке 1 представлена траектория движения экспериментального образца, которая описывает характер перемещения роботизированного устройства по кормовому столу на животноводческом комплексе.

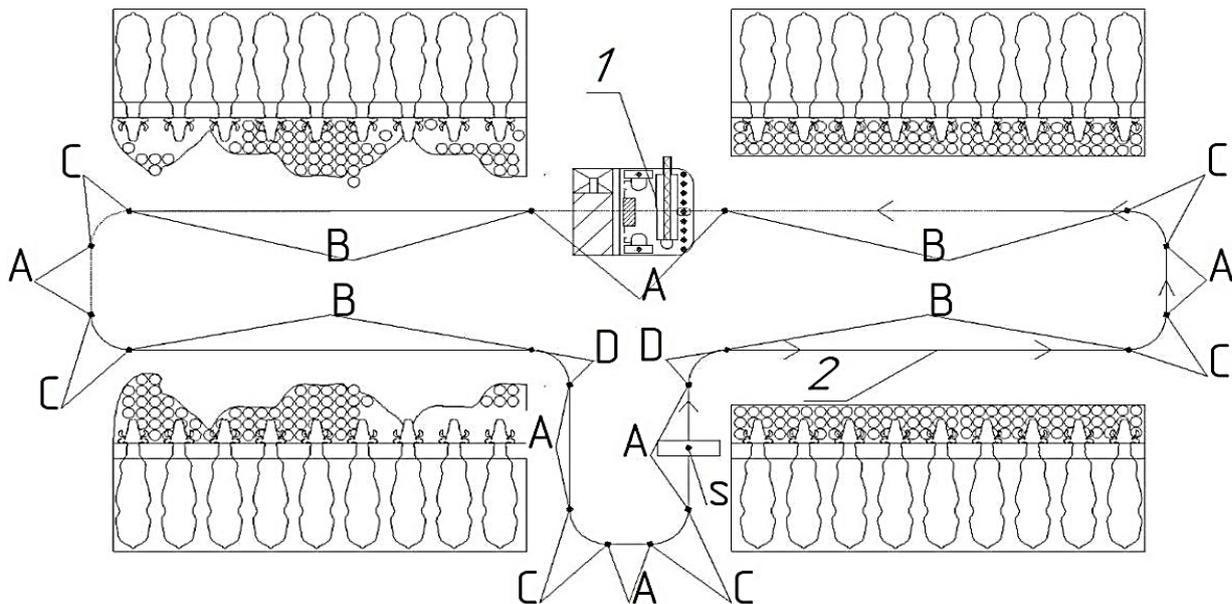


Рис. 1. Принципиальная схема перемещения роботизированного устройства для обслуживания кормового стола: 1 – робот-толкатель, 2 – траектория движения робота /

Fig. 1. Schematic diagram of movement of the robotic device for maintenance the feed table: 1 – pusher robot, 2 – robot movement trajectory

Движение роботизированного устройства начинается с точки S, изображенной на принципиальной схеме движения, этот участок является местом зарядки аккумуляторной батареи робота и местом наполнения бункера-дозатора кормовыми добавками. Участок А – робот движется по прямой, в этот момент привод шнека-толкателя и дозатора отключены, привод правого и левого колес вращается с постоянной скоростью.

Участок D – робот осуществляет поворот направо таким образом, что привод правого колеса зафиксирован, а привод левого колеса осуществляет вращение с постоянной скоростью до момента полного поворота на 90°. При выполнении поворотов привод дозатора и шнека толкателя отключены.

Участок В – робот движется по прямой вдоль кормового стола с незначительными отклонениями в зависимости от степени разброса корма животными. В процессе движения

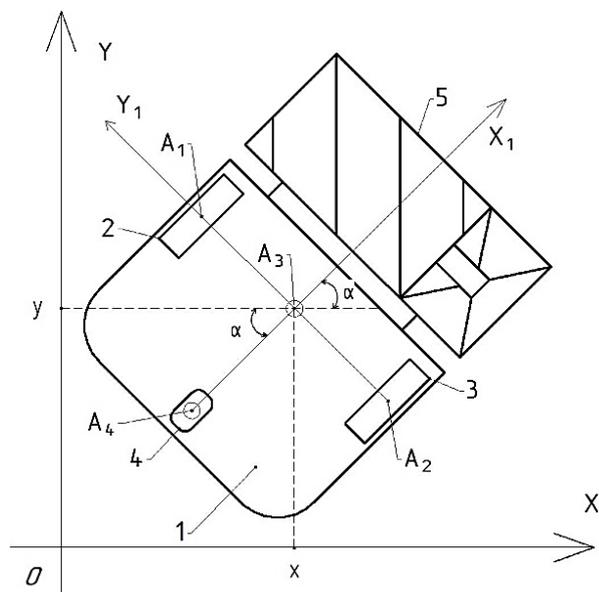
на участке В шнек-толкатель вращается с частотой от 80 до 120 об/мин., а также осуществляется процесс дозирования кормовых добавок из бункера дозатора. Привод ведущих колес вращается с одинаковой частотой вращения.

Участок С – робот осуществляет поворот налево таким образом, что привод левого колеса зафиксирован, а привод правого колеса осуществляет вращение с постоянной скоростью до момента полного поворота на 90°.

На этапе создания имитационной модели роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах был проведен анализ взаимодействия кинематических пар при движении разрабатываемого экспериментального образца.

Кинематическая схема (рис. 2) состоит из мобильной платформы 1 с двумя ведущими 2, 3 и одним опорным 4 колесами. Ведущие колеса располагаются на одной оси, и центр

каждого колеса обозначается буквой A_1 и A_2 соответственно, при этом $|A_1A_3| = |A_1A_2| = L$. Устройство перемещается по поверхности, которая находится в плоскости Oxy . Центр тяжести мобильного робота предположительно заключен в точке A_3 , через которую проходит система координат $A_3x_1y_1$. На корпусе робота



закреплен шнек 5, предназначенный для подталкивания разбросанного корма к ограждению кормового стола. Ось A_3x_1 жестко связана с роботом и является вертикалью подвижного основания. Угол поворота вертикали основания относительно оси Ox обозначается α , а угловая скорость платформы $\dot{\alpha}$ [17, 18].

Рис. 2. Кинематическая схема движения роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах / Fig. 2. Kinematic motion diagram of a robotic device for feed table maintenance at livestock complexes

Скорости перемещения точки вдоль координаты Ox и Oy равны $\dot{x} = dx/dt$ и $\dot{y} = dy/dt$. Справедливо равенство $\dot{x} \cdot \sin(\alpha) = \dot{y} \cdot \cos(\alpha)$. Скорость v точки A_3 равна

$$v = \dot{x} \cdot \cos(\alpha) + \dot{y} \cdot \sin(\alpha).$$

Углы поворота ведущих колес (с центрами в точках A_1 и A_2) относительно горизонтальных плоскостей равны β_1 и β_2 , тогда угловая скорость будет равна $\dot{\beta}_1$ и $\dot{\beta}_2$. Скорость перемещения точки A_3 равна

$$v = -L \cdot \dot{\alpha} + R \cdot \dot{\beta}_1 = L \cdot \dot{\alpha} + R \cdot \dot{\beta}_2,$$

где R – радиус ведущих колес.

Система уравнений движения роботизированной установки примет вид:

$$\begin{cases} \dot{x} \cdot \sin(\alpha) = \dot{y} \cdot \cos(\alpha), \\ \dot{x} \cdot \cos(\alpha) + \dot{y} \cdot \sin(\alpha) = -L \cdot \dot{\alpha} + R \cdot \dot{\beta}_1, \\ \dot{x} \cdot \sin(\alpha) = \dot{y} \cdot \cos(\alpha) = L \cdot \dot{\alpha} + R \cdot \dot{\beta}_2. \end{cases} \quad (1)$$

Для описания динамических характеристик устройства использовалось уравнение Аппеля, представленное в матричной форме [13, 14]

$$\left(\frac{\partial S}{\partial \pi} \right)^T = \Pi, \quad (2)$$

где $\Pi = (\Pi_v, \Pi_{\dot{\alpha}})$ – вектор псевдообобщенных сил.

Далее были выведены компоненты вектора псевдообобщенных сил, которые определяются выражениями:

$$\begin{aligned} \Pi_v &= \frac{1}{R} \cdot (M_{дв1} + M_{дв2}); \\ \Pi_{\dot{\alpha}} &= \frac{1}{R} \cdot (M_{дв1} - M_{дв2}), \end{aligned} \quad (3)$$

где $M_{дв1}$, $M_{дв2}$ – моменты, развиваемые шаговыми электроприводами колес.

На основе проведенных предварительных расчетов в Matlab/Simulink была разработана имитационная модель (рис. 3) роботизированного устройства, включающая мобильную платформу с двумя приводными независимыми колесами, расположенными на одной оси с опорным колесом.

Данная имитационная модель содержит источники сигнала $\dot{\beta}_1$, $\dot{\beta}_2$, которые проходят через преобразователь (драйвер шагового электродвигателя) для каждого приводного колеса отдельно, которые имеют выходы А+, А-, В+, В-, передающие импульсы на шаговые электродвигатели приводных колес для изменения конкретных параметров (угловая скорость вала, угол поворота вала). Выходные каналы \dot{x} и \dot{y} характеризуют изменение траектории перемещения имитационной модели в пространстве относительно сигналов $\dot{\beta}_1$, $\dot{\beta}_2$.

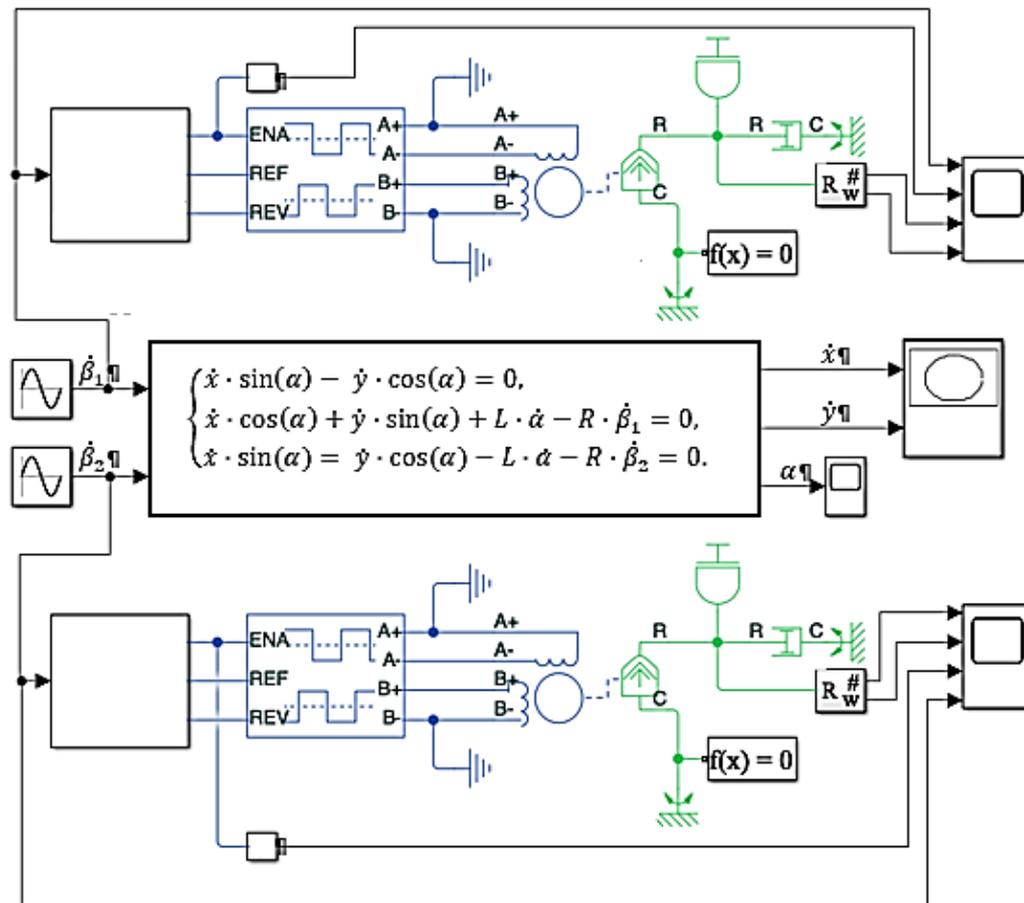


Рис. 3. Имитационная модель мобильной платформы с приводными колесами / Fig. 3. Simulation model of a mobile platform with driven wheels

На рисунке 4 представлен процесс обработки траектории движения имитационной модели роботизированного устройства. Во время инициализации процесса движения роботизированное устройство в начале произвело разворот, так как было ориентировано в противоположенную сторону, что подтверждает способность аппаратно-программного комплекса осуществлять автономное определение позиции в пространстве.

Траектории перемещения приводных колес отображены линиями розового и зеленого цветов. Алгоритм управления имитационной моделью смоделирован таким образом, что система стремилась позиционироваться центром масс роботизированного устройства на черной линии, изображенной на рисунке 4, которая соответствует предполагаемой траектории перемещения роботизированного устройства по кормовому столу на животноводческом комплексе (линия 2, рис. 1).

На рисунке 5 представлены траектории перемещения координат x и y центра тяжести

имитационной модели экспериментального образца. Пунктирными линиями представлены заданные траектории, сплошными – результаты моделирования работы разработанного интеллектуального алгоритма. Максимальная ошибка рассогласования между заданным значением и реальной траекторией перемещения при моделировании процесса движения с автоматическим позиционированием составила $\sigma \approx 0,03$ м, что подтверждает достаточную точность автоматической системы позиционирования и позволит перемещаться разрабатываемому роботизированному устройству по кормовому столу животноводческого комплекса автономно, согласно необходимой траектории.

Дальнейшие работы были направлены на изготовление роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах на основе элементной базы, подобранной при имитационном моделировании экспериментального образца, согласно функциональной схеме, представленной на рисунке 6.

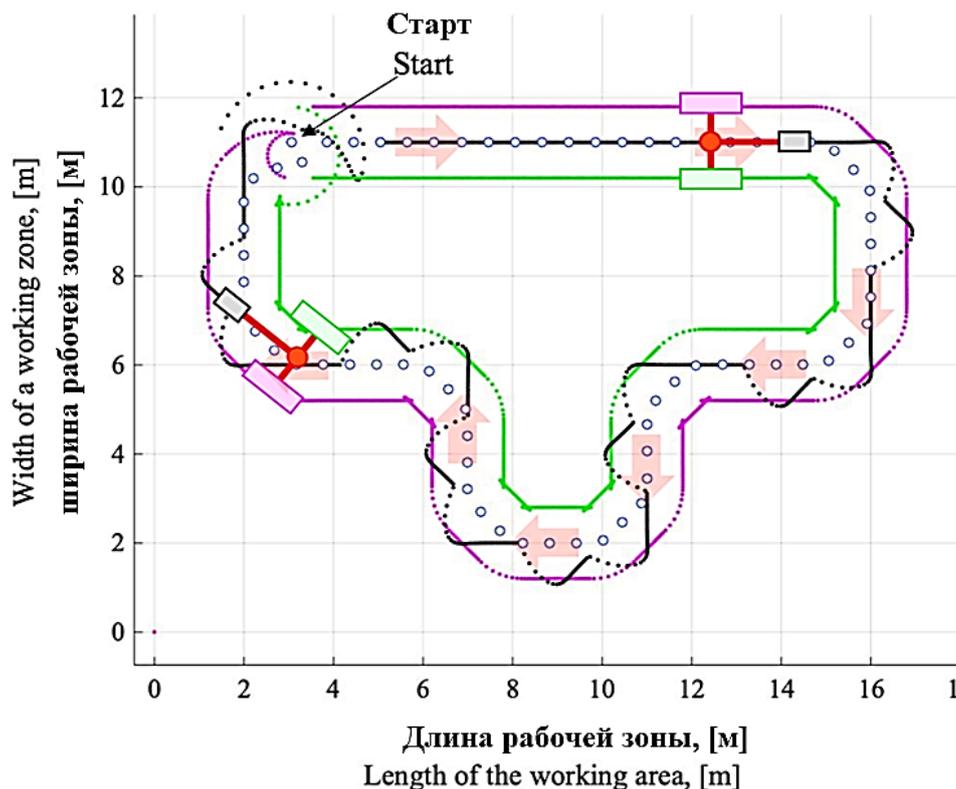


Рис. 4. Процесс автономного перемещения экспериментального образца при имитационном моделировании в среде Matlab / Simulink /

Fig. 4. The process of autonomous movement of an experimental sample during simulation in the environment Matlab / Simulink

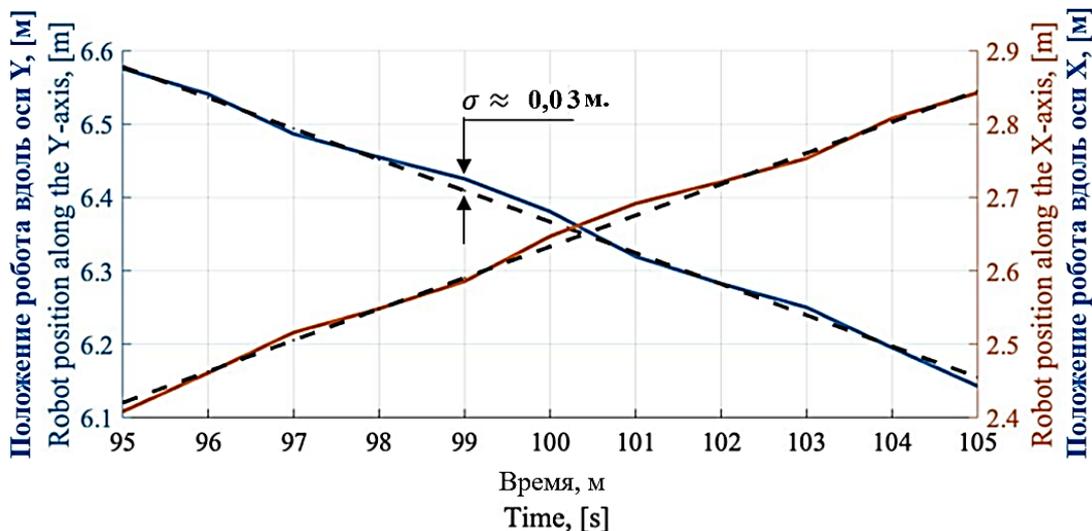


Рис. 5. Отклонение центра масс робота от заданной траектории перемещения /

Fig. 5. Deviation of the robot mass center from the specified trajectory of the robot movement

Согласно функциональной схеме исполнительным механизмом автоматической системы позиционирования может являться трехмерный лидар, который осуществляет картирование пространства и по алгоритмам машинного обучения позволяет выстраивать необходимую траекторию движения. Или наиболее дешевое решение посредством

индуктивных датчиков, которые сканируют контур металлической полосы на поверхности движения роботизированного устройства и подают сигналы на плату управления и драйверы электродвигателей приводных колес, которые устанавливают необходимый режим работы приводных колес для отработки заданной траектории.

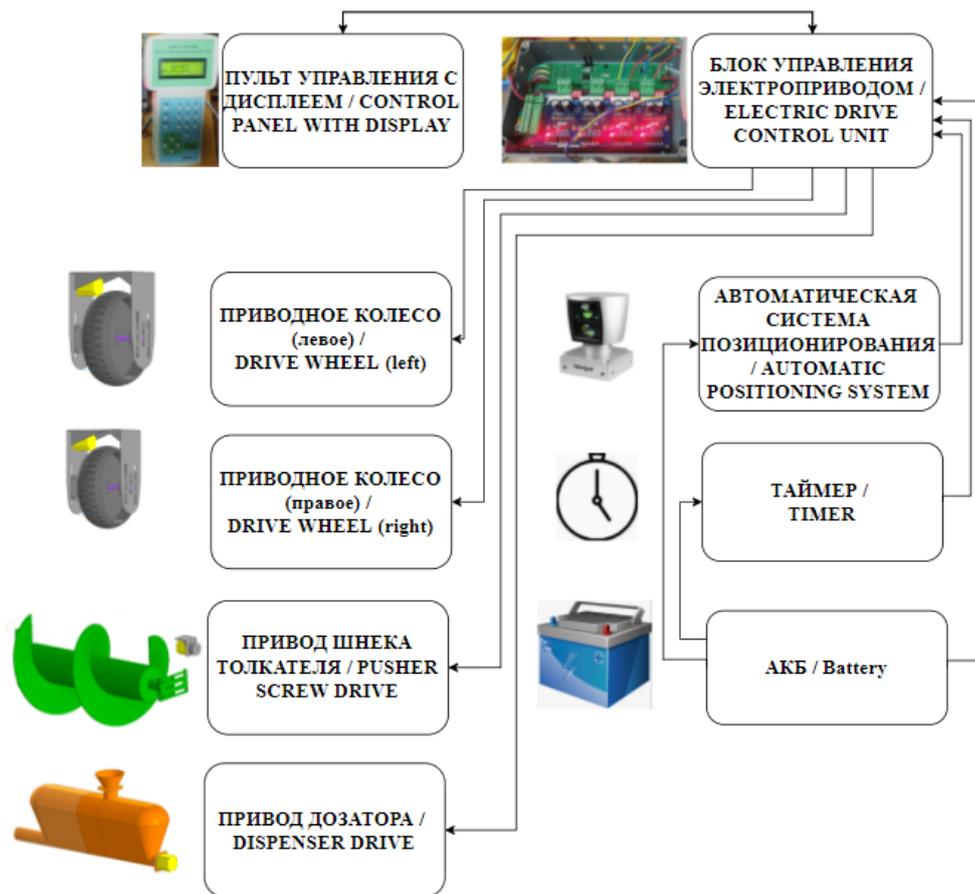


Рис. 6 – Функциональная схема роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах /
 Fig. 6 – Functional diagram of a robotic device for maintenance of the feed table at livestock complexes

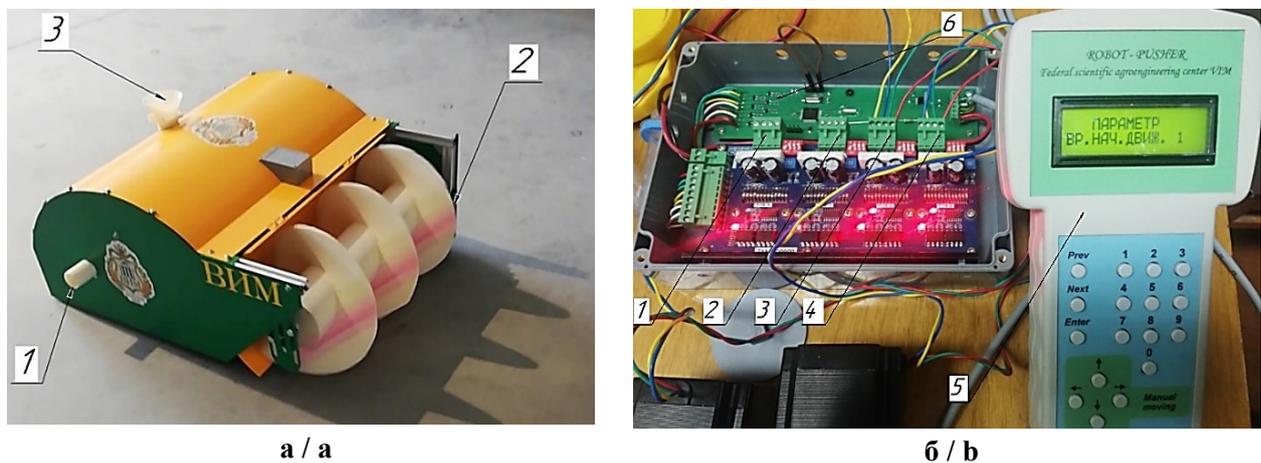


Рис. 7. Роботизированное устройство для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах (а): 1 – выходное отверстие дозатора концентрированных кормов; 2 – шнек, осуществляющий подталкивание кормов к ограждению кормового стола; 3 – засыпная горловина бункера-дозатора с шиберной заслонкой; элементная база системы управления устройством (б): 1, 2 – выходные каналы управления приводами ведущих колес; 3 – выходной канал управления приводом дозатора; 4 – выходной канал управления приводом шнека; 5 – пульт ввода данных с дисплеем; 6 – плата управления драйвером /

Fig. 7. Robotic device for maintenance of the feed table at livestock complexes (a): 1 – outlet of the concentrated feed dispenser; 2 – the auger that pushes the feed to the fence of the feed table; 3 – filling mouth of the dispenser hopper with slide gate; element base of the device control system (b): 1, 2 – output channels for controlling the drive of the driving wheels; 3 – output channel for controlling the dispenser drive; 4 – output channel for controlling the screw drive; 5 – data entry panel with display; 6 – driver management board

Ввиду ограниченности финансовых возможностей для управления роботизированным устройством предполагается в качестве системы позиционирования использование только индуктивных датчиков. Результаты изготовления роботизированного устройства представлены на рисунке 7.

В настоящее время ведутся работы по подготовке разработанного экспериментального образца к производственным испытаниям на животноводческом комплексе.

Выводы.

1. Разработанная имитационная модель (рис. 3) позволяет в среде Matlab/Simulink имитировать процесс движения робота и устанавливать различную нагрузку на электропривод (момент вращения, контролируемый

угол поворота вала для обеспечения точности позиционирования).

2. Моделирование процесса движения мобильной платформы по численно-заданной траектории показало, что максимальная погрешность позиционирования не превышала 0,03 м.

3. С учетом выявленных особенностей погрешностей позиционирования (отклонения центра масс от заданной траектории), при имитационном моделировании был разработан экспериментальный образец роботизированного устройства для обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах, оснащенный платой управления и шаговыми электродвигателями для обеспечения автономного перемещения.

Список литературы

1. Nabokov V. I., Novopashin L. A., Denyozhko L. V., Sadov A. A., Ziablitskaia N. V., Volkova S. A., Speshilova I. V. Applications of feed pusher robots on cattle farmings and its economic efficiency. International transaction journal of engineering management & applied sciences & technologies. 2020;11(14):11A14D. DOI: <https://doi.org/10.14456/itjemast.2020.270>
2. Bargo F., Muller L. D., Delahoy J. E., Cassidy T. W. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. Journal of dairy science. 2002;85(7):1777-1792. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74252-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5)
3. Никитин Е. А. Система роботизированного обслуживания кормового стола на животноводческих комплексах. Техника и оборудование для села. 2020;(6 (276)):26-30. DOI: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-6-26-30>
4. Bach A., Cabrera V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. Journal of dairy science. 2017;100(9):7720-7728. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11694>
5. Кузьмина И. Ю., Игнатович Л. С. Обогащение рационов молодняка крупного рогатого скота натуральной биологически активной кормовой добавкой. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(1):94-103. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.94-103>
6. Каракчиева Е. Ф., Лобанов А. Ю. Создание травосмесей для повышения продуктивности и питательной ценности в полевом кормопроизводстве в условиях Республики Коми. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017;(4):30-32. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2017.59.4.30-32>
7. Miller-Cushon E. K., DeVries T. J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. J. Dairy Sci. 2017;100(5):4172-4183. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11983>
8. Bloch V., Levit H., Halachmi I. Assessing the potential of photogrammetry to monitor feed intake of dairy cows. Journal of Dairy Research. 2019;86(1):34-39. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029918000882>
9. Halachmi I., Meir Y. B., Miron J., Maltz E. Feeding behavior improves prediction of dairy cow voluntary feed intake but cannot serve as the sole indicator. Animal. 2016;10(9):1501-1506. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731115001809>
10. Никитин Е. А., Семенов В. С. Анализ проблем эффективного приготовления кормовой смеси в современном животноводстве. Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2019;(2 (34)):158-163. Режим доступа: <http://imzhpro.ru/wp-content/uploads/n34.pdf>
11. Никитин Е.А. Техничко-технологический анализ систем приготовления кормовой смеси для КРС. Инновации в сельском хозяйстве. 2019;(2(31)):53-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38583647>
12. 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://oaji.net/articles/2019/1672-1567792772.pdf>
13. Rumba R., Nikitenko A. Development of free-flowing pile pushing algorithm for autonomous mobile feed-pushing robots in cattle farms. Engineering for Rural Development. 2018. pp. 958-963. DOI: <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N477>
14. Грибков А. М., Шилин Д. В. Математическое моделирование манипулятора типа трипод на базе бесштоковых пневматических приводов. Известия высших учебных заведений. Машиностроение. 2011;(9):3-10. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17051611>
15. Tsai S. H., Kao L. H., Lin H. Y., Lin T. C., Song Y. L., Chang L. M. A sensor fusion based nonholonomic wheeled mobile robot for tracking control. Sensors. 2020;20(24):7055. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20247055>
16. Wang F. J., Qin Y., Guo F., Ren B., Yeow J. T. W. Adaptive visually servoed tracking control for wheeled mobile robot with uncertain model parameters in complex environment. Complexity. 2020;2020:8836468. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8836468>
17. Xin L. J., Wang Q. L., She J. H., Li Y. Robust adaptive tracking control of wheeled mobile robot. Robotics and Autonomous Systems. 2016;78:36-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.01.002>

18. Shtessel Y., Taleb M., Plestan F. A novel adaptive-gain supertwisting sliding mode controller: Methodology and application. *Automatica*. 2012;48(5):759-769. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2012.02.024>

Reference

1. Nabokov V. I., Novopashin L. A., Denyozhko L. V., Sadov A. A., Ziablitskaia N. V., Volkova S. A., Speshilova I. V. Applications of feed pusher robots on cattle farmings and its economic efficiency. *International transaction journal of engineering management & applied sciences & technologies*. 2020;11(14):11A14D. DOI: <https://doi.org/10.14456/itjemast.2020.270>
2. Bargo F., Muller L. D., Delahoy J. E., Cassidy T. W. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of dairy science*. 2002;85(7):1777-1792. DOI: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74252-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74252-5)
3. Nikitin E. A. *Sistema robotizirovannogo obsluzhivaniya kormovogo stola na zhivotnovodcheskikh kompleksakh*. [Food table robotic maintenance system at animal production units]. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela = Machinery and Equipment for Rural Area*. 2020;(6 (276)):26-30. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.33267/2072-9642-2020-6-26-30>
4. Bach A., Cabrera V. Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *Journal of dairy science*. 2017;100(9):7720-7728. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11694>
5. Kuzmina I. Yu., Ignatovich L. S. *Obogashchenie ratsionov molodnyaka krupnogo rogatogo skota natural'noy biologicheski aktivnoy kormovoy dobavkoy*. [Enriching the diets of young cattle with a natural biologically active feed additive]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2021;22(1):94-103. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.94-103>
6. Karakchieva E. F., Lobanov A. Yu. *Sozdanie travosmesey dlya povysheniya produktivnosti i pitatel'noy tseennosti v polevom kormoproizvodstve v usloviyakh Respubliki Komi*. [Creation of grass mixtures for increasing productivity and nutritional value in the field fodder production in conditions of Republic of Komi]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*. 2017;(4):30-32. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2017.59.4.30-32>
7. Miller-Cushon E. K., DeVries T. J. Feed sorting in dairy cattle: Causes, consequences, and management. *J. Dairy Sci.* 2017;100(5):4172-4183. DOI: <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11983>
8. Bloch V., Levit H., Halachmi I. Assessing the potential of photogrammetry to monitor feed intake of dairy cows. *Journal of Dairy Research*. 2019;86(1):34-39. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0022029918000882>
9. Halachmi I., Meir Y. B., Miron J., Maltz E. Feeding behavior improves prediction of dairy cow voluntary feed intake but cannot serve as the sole indicator. *Animal*. 2016;10(9):1501-1506. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1751731115001809>
10. Nikitin E. A., Semenyuk V. S. *Analiz problem effektivnogo prigotovleniya kormovoy smesi v sovremennom zhivotnovodstve*. [Analysis of feed mixture effective preparation's problems in the modern farming]. *Vestnik Vserossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2019;(2 (34)):158-163. (In Russ.). URL: <http://imzhpro.ru/wp-content/uploads/n34.pdf>
11. Nikitin E. A. *Tekhniko-tekhnologicheskii analiz sistem prigotovleniya kormovoy smesi dlya KRS*. [Technological analysis of systems of preparation of feed mixtures for cattle]. *Innovatsii v sel'skom khozyaystve*. 2019;(2(31)):53-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=38583647>
12. 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://oaji.net/articles/2019/1672-1567792772.pdf>
13. Rumba R., Nikitenko A. Development of free-flowing pile pushing algorithm for autonomous mobile feed-pushing robots in cattle farms. *Engineering for Rural Development*. 2018. pp. 958-963. DOI: <https://doi.org/10.22616/ERDev2018.17.N477>
14. Gribkov A. M., Shilin D. V. *Matematicheskoe modelirovanie manipulyatora tipa tripod na baze besshtokovykh pnevmaticheskikh privodov*. [Mathematical modelling of tripod type manipulator based on rodless pneumatic actuators]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie = BMSTU Journal of Mechanical Engineering*. 2011;(9):3-10. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17051611>
15. Tsai S. H., Kao L. H., Lin H. Y., Lin T. C., Song Y. L., Chang L. M. A sensor fusion based nonholonomic wheeled mobile robot for tracking control. *Sensors*. 2020;20(24):7055. DOI: <https://doi.org/10.3390/s20247055>
16. Wang F. J., Qin Y., Guo F., Ren B., Yeow J. T. W. Adaptive visually servoed tracking control for wheeled mobile robot with uncertain model parameters in complex environment. *Complexity*. 2020;2020:8836468. DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/8836468>
17. Xin L. J., Wang Q. L., She J. H., Li Y. Robust adaptive tracking control of wheeled mobile robot. *Robotics and Autonomous Systems*. 2016;78:36-48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.robot.2016.01.002>
18. Shtessel Y., Taleb M., Plestan F. A novel adaptive-gain supertwisting sliding mode controller: Methodology and application. *Automatica*. 2012;48(5):759-769. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2012.02.024>

Сведения об авторе

✉ **Никитин Евгений Александрович**, аспирант, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 1-й Институтский проезд, д. 5, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0918-2990>, E-mail: evgeniy.nicks@yandex.ru

Information about the author

✉ **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

✉ – Для контактов / Corresponding author

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.126-137>

УДК 338.433 + 338.43.02 + 338.439.5

Влияние экспортных пошлин на российский рынок пшеницы

© 2022. С. К. Сеитов ✉

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова», г. Москва, Российская Федерация

Цель исследования – оценить влияние введения экспортных пошлин на изменение ситуации на российском рынке пшеницы. В статье исследован механизм регулирования экспорта пшеницы в России в современных условиях, а также выяснены его недостатки, предложены способы их устранения. Методология исследования основывается на теории отраслевых рынков, в том числе на анализе эффектов от введения экспортных ограничений. Исследования включают период 2017–2021 годы. Показано, что под влиянием экспортной пошлины потери отечественных производителей пшеницы превысят 1 млрд долл. США в годовом исчислении с 02 июня 2021 года. Выигрыш потребителей достигнет 10 млн долл. США, а доходы госбюджета от сбора таможенной пошлины – 1,4 млрд долл. США. Чистый результат России от введения экспортной пошлины будет отрицательным и составит – 400 млн долл. США. Экспорт пшеницы в России не следует жестко ограничивать для предотвращения роста внутренних цен. Несмотря на введенные экспортные пошлины, цены производителей на пшеницу демонстрируют сильный рост: если в августе 2021 г. цена составляла 174,3 долл. за 1 т, то в ноябре – 205,8 долл. за 1 т. Предлагается упразднить экспортные ограничения и сфокусировать меры политики на совершенствовании транспортной системы, рыночной, информационной инфраструктуры, распространении цифровых технологий в сфере производства, хранения, транспортировки зерна. Экономические характеристики эффективности тарифных мер могут иметь большую ценность для государственных органов, сельскохозяйственных товаропроизводителей, научных работников. Они дают возможность совершенствовать стратегию государственного регулирования экспорта в соответствии с задачами развития и потребностями общества и экономики.

Ключевые слова: зерно, экспортные ограничения, цены**Благодарности:** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-310-90075.

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

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.**Для цитирования:** Сеитов С. К. Влияние экспортных пошлин на российский рынок пшеницы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока.* 2022;23(1):126-137. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.126-137>

Поступила: 12.10.2021

Принята к публикации: 27.01.2022

Опубликована онлайн: 25.02.2022

Impact of export duties on the Russian wheat market

© 2022. Sanat K. Seitov ✉

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation

The aim of the research is to assess the impact of the introduction of export duties on changes in the Russian wheat market situation. The work examines the mechanism of wheat export regulation in Russia in current conditions, and also identifies its shortcomings and proposes the ways to eliminate them. The methodology of the research is based on the theory of industry markets, including the analysis of the effects of export restrictions. The study includes the period of 2017–2021. The paper shows that losses of domestic wheat producers due to export duty will exceed \$ 1 billion on an annual basis since June 02, 2021. The consumer gains will reach US\$ 10 million, and state budget revenues will reach US\$ 10 million. The government revenues from the customs duty would be US\$ 1.4 billion. The net result of Russia from the introduction of the export duty will be negative, amounting to – \$ 400 million. Wheat export in Russia should not be severely restricted to prevent domestic price increases. Despite the imposed export duties, producer prices for wheat raise significantly: in August 2021 the price was \$174.3 per 1 ton, in November 2021 it was \$205.8. The author proposes to abolish export restrictions and focus policy measures on improving the transport system, market, information infrastructure and the spread of digital technologies in grain production, storage and transportation. The economic characteristics of the effectiveness of tariff measures can be of great value to government authorities, agricultural producers and researchers. They make it possible to improve the strategy of state export regulation in accordance with the tasks of development and the needs of society and the economy.

Keywords: grain, export restrictions, prices**Acknowledgments:** the reported study was funded by RFBR, project number 20-310-90075.

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

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

For citation: Seitov S. K. Impact of export duties on the Russian wheat market. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East.* 2022;23(1):126-137. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.1.126-137>

Received: 12.10.2021

Accepted for publication: 27.01.2022

Published online: 25.02.2022

В Федеральном проекте «Экспорт продукции АПК»¹ указана цель доведения российского агроэкспорта до 37 млрд долл. к концу 2024 года. В документе приведены целевые индикаторы по развитию экспорта на 2018-2024 годы. В то же время пандемия COVID-19 и последовавшие за ней экспортные ограничения могут привести к невыполнению целевых показателей проекта [1]. В России с июня 2021 года установлена экспортная пошлина на пшеницу, рассчитываемая как 70 % от разницы между базовой ценой и ценовой планкой 200 долл./т². В качестве базовой цены принята цена экспортных контрактов. Руководители сельскохозяйственной отрасли заявляют, что пошлина будет постоянно действующей³. Регулирование торговли нуждается в детальном обзоре публикаций ученых. Актуальность темы высока ввиду того, что Россия выступает одним из крупнейших экспортеров зерна, включая пшеницу [2].

Н. И. Шагайда и др. [3] разработали методику выделения приоритетных отраслей сельского хозяйства, на первоочередное развитие которых должна ориентироваться государственная поддержка. Методика построена на сравнительной оценке конкурентоспособности продукции и подотраслей аграрного сектора. Коллектив авторов придерживается позиции, что вместо стремления к продовольственной независимости следует активизировать участие России в международной торговле. Торговля будет покрывать потребности населения в недостающей сельскохозяйственной продукции, в случае если ее производство в России неэффективно или высокочрезмерно. Нынешний подход, базирующийся на обеспечении продовольственной независимости в России, не удовлетворяет современным принципам эффективного аграр-

ного сектора. С точки зрения Н. И. Шагайды и др. [3], конкурентные преимущества страны в международной торговле позволяют сокращать цены на продовольственные товары, снижать расходы государства на поддержку неконкурентоспособных отраслей сельского хозяйства. Подробная аргументация по вышеперечисленным вопросам приведена также в работе В. Я. Узуна [4]. Авторы этих работ [3, 4] приходят к выводу, что приоритетными отраслями экспортоориентированного роста в России являются зерновые (пшеница, кукуруза, ячмень), масличные (подсолнечник, соя, рапс), сахар, картофель, овощи открытого грунта, бахчевые.

Можно отметить, что исчерпывающей и универсально применимой методики оценки эффективности регулирования агропродовольственного экспорта в мировой науке и практике пока нет. Взгляды экономистов об эффективности и целесообразности экспортных ограничений расходятся. Одни ученые [5] заявляют о необходимости сдерживания экспорта зерна, в то время как другие [6, 7, 8, 9] утверждают обратное – что экспортные ограничения нарушают работу рынка зерна, ухудшают продовольственную безопасность, особенно в отношении стран-импортеров.

Н. М. Светлов [10] уточняет методологию моделирования региональных рынков зерна. Его подход к созданию модели отличается от нашего.

Цель исследований – оценить влияние введения экспортных пошлин на изменение ситуации на внутреннем рынке пшеницы.

Новизна исследований заключается в оценке эффективности экспортных пошлин на пшеницу, в разработке мер политики для обеспечения баланса интересов производителей, экспортеров и потребителей пшеницы в России.

¹Паспорт федерального проекта «Экспорт продукции АПК», Министерство сельского хозяйства Российской Федерации утвержден 14 декабря 2018 г. [Электронный ресурс].

URL: <https://mcx.gov.ru/upload/iblock/23c/23c8c4aaa9ff1399b56ad23542853b78.pdf> (дата обращения: 27.06.2021).

²Постановление Правительства Российской Федерации от 06.02.2021 № 117 «О ставках вывозных таможенных пошлин на зерновые культуры, вывозимые из Российской Федерации за пределы государств – участников соглашений о Таможенном союзе». [Электронный ресурс].

URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102090007> (дата обращения: 15.09.2021).

³Шокурова Е. Минсельхоз не намерен отменять плавающую пошлину на экспорт зерна. Агроинвестор. 12 августа 2021 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.agroinvestor.ru/markets/news/36352-minselkhoz-ne-nameren-otmenyat-plavayushchuyu-poshlinu-na-eksport-zerna/> (дата обращения: 29.11.2021)

Материал и методы. Исследования охватывают период 2017-2021 годы. В работе используются основы теории отраслевых рынков (равновесие спроса и предложения, механизм установления цен на рынке). Благодаря количественной оценке эффектов от экспортных пошлин на российский рынок пшеницы, появляется основание говорить о значимых, целесообразных или, напротив, оказывающих негативное влияние мер политики. Указанные эффекты вычисляются на основе моделирования спроса и предложения на российском рынке пшеницы. За основу взята модель влияния пошлин на экономику малой страны, показанная в работе А. П. Киреева⁴. Особое внимание уделяется расчету потерь российских производителей пшеницы, которые не достаются никому из субъектов рынка пшеницы. Расчет ведется с позиций частичного равновесия. Экспортные ограничения рассматриваются в качестве причины снижения эффективности на рынке пшеницы, приводящей к потерям производителей. В результате необходимо оценивать смещение баланса интересов от производителей в пользу потребителей пшеницы. В статье сделан прогноз развития рынка пшеницы в России, если экспортная пошлина на пшеницу будет сохранена и останется прежней. Сделаем оговорку, что используемая здесь модель не претендует на исчерпывающую точность. Модель в первую очередь нацелена на приближенную оценку эффектов от взимания вывозных пошлин для игроков рынка пшеницы.

В работе выделяются основные субъекты рынка: производители, экспортеры, потребители пшеницы, а также государство. Одна группа остается в выигрыше от введения экспортных пошлин, в том числе: а) потребители фуражной пшеницы (животноводы); б) переработчики пшеницы (муко-

молы, производители макаронных изделий, круп); в) покупатели продуктов переработки пшеницы (хлеб, хлебобулочные изделия, вермишель, манная крупа и т. д.). Однако их выигрыш кратковременный, поскольку наступающее через несколько лет снижение предложения (из-за падения инвестиционной привлекательности производства пшеницы) вытекает в рост цен на пшеницу. Среди получающих выгоды – государство, взимающее экспортную пошлину на пшеницу в пользу госбюджета. Другая группа несет потери – это производители и экспортеры пшеницы. На базе этого анализа вырабатываются меры политики, призванные достичь максимально возможного баланса интересов между участниками рынка.

Данные о ценах на пшеницу, объемах производства взяты из APK-Inform⁵, Росстата⁶, International Grains Council⁷, International Trade Centre⁸. В International Trade Centre⁹ учитываются данные по товарной группе 1001 «Пшеница и меслин». Также в работе применяли анализ временных рядов, статистический и графический методы представления информации, предназначенные для анализа ценовой динамики на российском рынке продуктов переработки пшеницы.

Результаты и их обсуждение. На долю России приходится 17,7 % в мировом экспорте пшеницы и меслина по данным за 2020 г.¹⁰. Это высокий показатель для страны, по объему экспорта этих товаров она лидирует в мировом рейтинге. Этот факт будет учитываться при моделировании эффектов от введения экспортной пошлины на пшеницу. Уровень концентрации российского экспорта пшеницы и меслина составляет 0,11¹¹. Россия имеет широкую географию экспорта своей пшеницы, как видно из рисунка 1.

⁴Киреев А. П. Международная экономика. В 2-х ч. Ч. I. Международная микроэкономика: движение товаров и факторов производства. Учебное пособие для вузов. М., 1997. 416 с.

URL: https://www.rulit.me/data/programs/resources/pdf/International_Economics.pdf_RuLit_Net_172892.pdf

⁵APK-Inform. Weekly Information and Analytical Journal CIS. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.apk-inform.com> (дата обращения: 26.01.2022).

⁶Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 26.01.2022).

⁷International Grains Council. Supply & Demand. [Электронный ресурс].

URL: <https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx> (дата обращения: 12.12.2021).

⁸International Trade Centre. Trade Map. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.trademap.org> (дата обращения: 26.01.2022).

⁹Там же.

¹⁰Там же.

¹¹Там же.

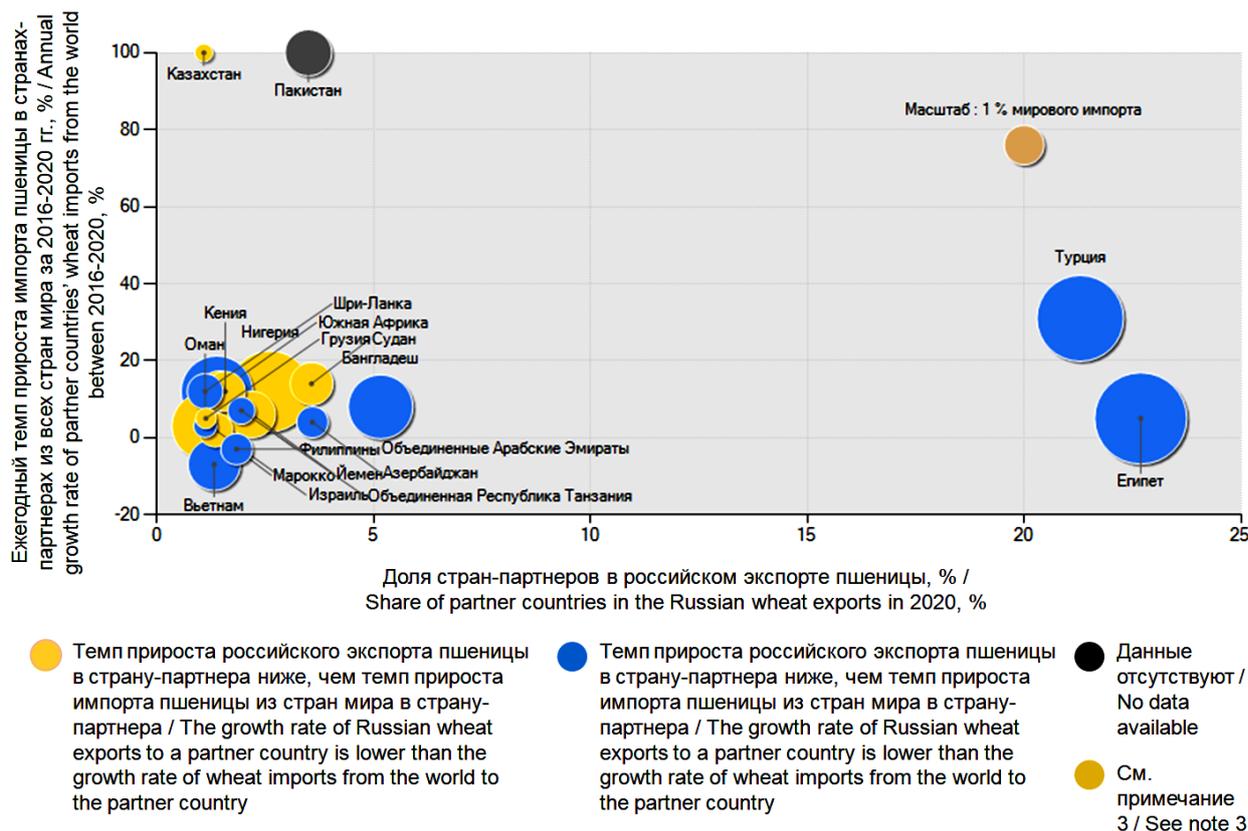


Рис. 1. География российского экспорта пшеницы в 2020 г., % /

Fig. 1. Geography of the Russian wheat export in 2020, %

Источник: составлено автором на основе материалов International Trade Centre¹² /
Compiled by the author on the basis of the International Trade Centre¹².

Примечания: 1. По горизонтальной оси показаны доли стран-партнеров в российском экспорте пшеницы, %. 2. По вертикальной оси показаны ежегодные темпы прироста импорта пшеницы в странах-партнерах из всех стран мира, %. 3. Размер кружка прямо пропорционален доле страны-партнера в российском экспорте пшеницы в 2020 г. 4. Под странами-партнерами понимаются страны, участвующие в торговле пшеницей с Россией /

Notes: 1. The horizontal axis shows the share of partner countries in the Russian wheat exports, %. 2. The vertical axis shows the annual growth rate of wheat imports by partner countries from all countries, %. 3. The size of the circle is directly proportional to the share of a partner country in the Russian wheat exports in 2020. 4. Partner countries are countries involved in the wheat trade with Russia.

Динамика экспорта пшеницы в России характеризуется падением во II квартале 2020 г., когда была установлена экспортная квота (рис. 2). Среднемесячные цены производителей на пшеницу в России демонстрируют тенденцию роста (рис. 3). Политика экспортных ограничений не оказывала существенного желаемого воздействия на цены производителей на пшеницу.

Эта же тенденция роста характерна как для долларовых, так и рублевых цен производителей на пшеницу (рис. 3 и 4). Хотя пики и спады цен в долларовом и рублевом выражениях во многом совпадают, но долларовые отличаются большей волатильностью. При срав-

нении рисунков 3 и 4 можно отметить, что долларовые цены более сильно опускались в ноябре 2017, августе 2019, марте 2020, сентябре 2020, марте 2021 и августе 2021 гг. (рис. 3). В то же время рублевые цены отличались более плавной динамикой. Они показывали минимумы в октябре – ноябре 2017, августе 2019, августе 2020, мае 2021 и августе 2021 гг. (рис. 4). Ценовая ситуация на внутреннем рынке пшеницы за 2017-2020 гг. характеризуется наличием сезонности. На весенний период приходился рост цен, вызванный уменьшением запасов зерна. Осенью наблюдалось снижение цен в связи с ростом предложения зерна.

¹²Там же.

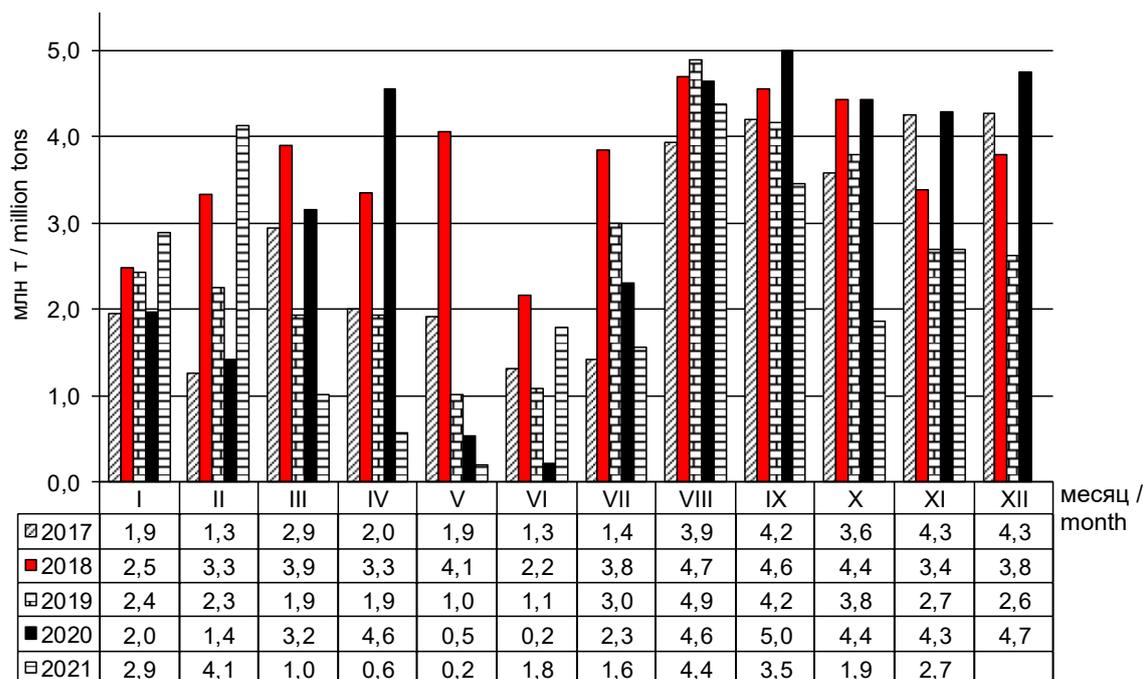


Рис. 2. Месячные объемы российского экспорта пшеницы и меслина в 2017-2021 гг., млн т /

Fig. 2. The monthly export of Russian wheat and meslin in 2017-2021, million tons

Источник: составлено автором на основе материалов International Trade Centre (данные за декабрь 2021 г. На момент подготовки статьи отсутствовали)¹³ / Compiled by the author on the basis of the International Trade Centre (data for December 2021 were not available at the time of writing the article)¹³.

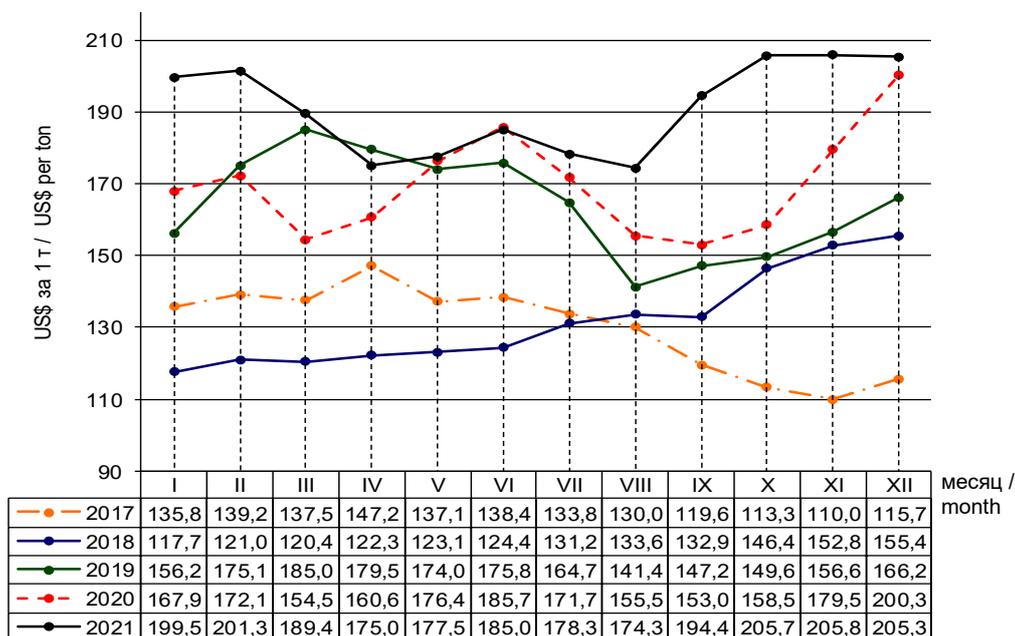


Рис. 3. Среднемесячные цены производителей на пшеницу, реализуемую сельскохозяйственными организациями в России, 2017-2021 гг., долл. за 1 т /

Fig. 3. Average monthly prices of producers for wheat sold by agricultural organisations in Russia, in 2017-2021, \$ per ton

Источник: составлено автором на основе материалов ЕМИСС¹⁴, Росстата¹⁵ /
Compiled by the author on the basis of UISIS¹⁴ and Rosstat¹⁵

¹³Там же.

¹⁴ЕМИСС. Единая межведомственная информационно-статистическая система. [Электронный ресурс].
URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 26.01.2022).

¹⁵URL: <https://rosstat.gov.ru>

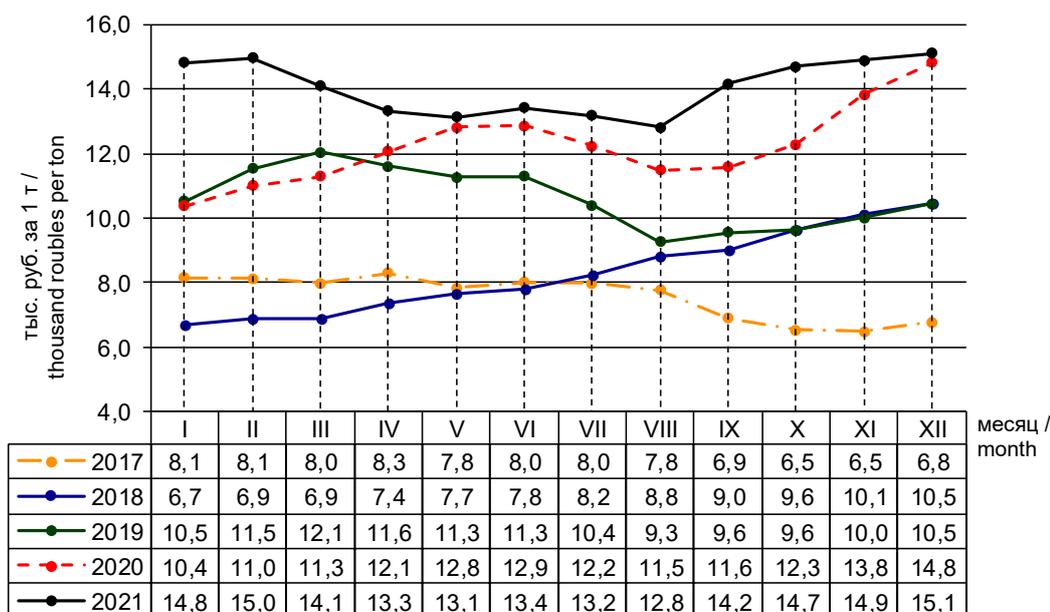


Рис. 4. Среднемесячные цены производителей на пшеницу, реализуемую сельскохозяйственными организациями в России, в 2017-2021 гг., в тыс. руб. за 1 т /

Fig. 4. Average monthly prices of producers for wheat sold by agricultural organisations in Russia, in 2017-2021, thousand roubles per ton

Источник: составлено автором на основе материалов ЕМИСС¹⁶, Росстата¹⁷ /
Compiled by the author on the basis of UISIS¹⁶ and Rosstat¹⁷

Однако ценовая конъюнктура в 2021 году не была типичной для последних лет. Так, цена на пшеницу выросла до 15,0 тыс. руб./т в феврале 2021 г. (201,3 долл. за 1 т), когда действовала экспортная тарифная квота (с 15 февраля до 30 июня 2021 г.). Несмотря на введенные экспортные пошлины, цены производителей на пшеницу, показав кратковременный спад весной и летом 2021 г., стали расти с конца лета. В августе 2021 г. цена составляла 12,8 тыс. руб./т (174,3 долл./т), в декабре – 15,1 тыс. руб./т (205,3 долл./т).

Среднемесячные экспортные цены на пшеницу в России отличаются растущей динамикой с начала 2021 года. В апреле 2021 года они достигли пика, превысив 265,2 долл. за 1 т. Во втором полугодии 2021 г. экспортные цены продолжили свой рост, достигнув в ноябре 2021 г. 337,5 долл. за 1 т (рис. 5).

Правительство РФ со 2 июня 2021 г. ввело экспортную пошлину на пшеницу размером T (70 % от разницы между базовой ценой, рассчитываемой на основе цен экспортных контрактов, и 200 долл.) (рис. 6). Для анализа рынка построена модель, основанная на линейных функциях спроса и предложения пшеницы, исходя из фундаментальных законов спроса

и предложения. Предположим гипотетическую ситуацию: на рынке пшеницы, в отсутствие экспортных пошлин, достигнуто долгосрочное равновесие в точке E при цене P^* и выпуске Q^* . Рассчитать цену и выпуск в состоянии равновесия не представляется возможным, здесь можно отметить, что цена на внутреннем рынке ниже мировой цены (246 долл./т) на пшеницу. При наличии на внутреннем рынке экспортеров и при влиянии мировой конъюнктуры цена на пшеницу поднимается от равновесной до $P_d = P_w$ (246 долл./т).

Далее устанавливается экспортная пошлина – особая разновидность налога на экспортируемую пшеницу. При внутренней цене, равной мировой, объем экспорта составил бы величину X_0 (34 млн т), но экспортная пошлина приводит к сокращению рентабельности поставок пшеницы на мировой рынок (экспортеры должны платить государству пошлину, их доходы сокращаются). Сначала рентабельность продаж пшеницы на внутреннем рынке прежняя, поэтому производители переориентируют поставки с внешнего рынка на внутренний. В связи с этим цена пшеницы на отечественном рынке начинает снижаться (рис. 6).

¹⁶URL: <https://www.fedstat.ru>

¹⁷URL: <https://rosstat.gov.ru>

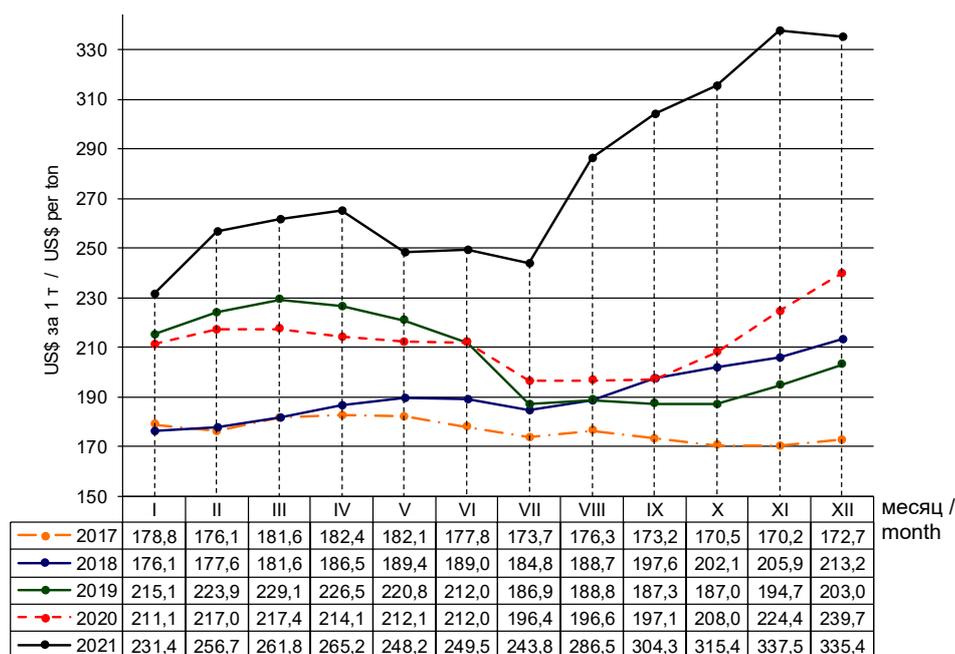


Рис. 5. Среднемесячные экспортные цены на пшеницу в России в 2017-2021 гг., в долл. за 1 т /
Fig. 5. Average monthly export prices for wheat in Russia in 2017-2021, \$ per ton
Источник: составлено автором на основе материалов ЕМИСС¹⁸, АПК-Информ¹⁹ /
Compiled by the author on the basis of UISIS¹⁸ and APK-Inform¹⁹

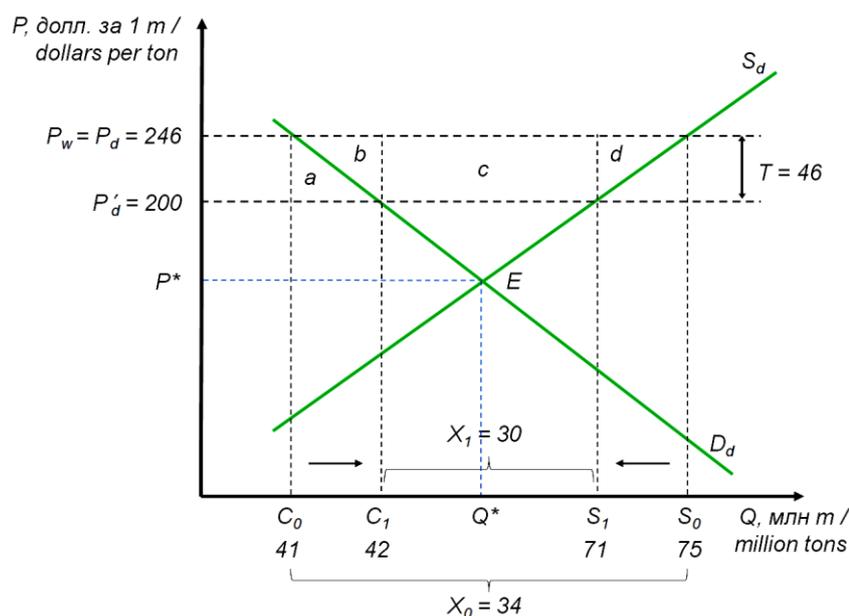


Рис. 6. Прогнозирование эффектов от введения экспортной пошлины на пшеницу на российском рынке в годовом исчислении с 02 июня 2021 г. (Источник: составлено автором на основе материалов^{20,21,22,23,24}) /
Fig. 6. Forecasting the effects of the export duty on wheat in the Russian market on an annual basis since June 02 2021 (Compiled by the author on the basis^{20,21,22,23,24})

¹⁸URL: <https://www.fedstat.ru>

¹⁹URL: <https://www.apk-inform.com>

²⁰Там же.

²¹U.S. Department of Agriculture. “Despite Grain Export Restrictions, Russia to Reclaim Top Wheat Export Position”. Grain: World Markets and Trade, United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, January 2021, Approved by the World Agricultural Outlook Board/US\$A, 14 p. URL: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-wheat.pdf>

²²International Grains Council. “Supply & Demand”. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.igc.int/en/markets/marketinfo-sd.aspx> (дата обращения: 12.06.2021).

²³URL: <https://www.trademap.org>

²⁴URL: <https://rosstat.gov.ru>

Переориентация поставок будет происходить до тех пор, пока не сравнится рентабельность продаж на обоих рынках (внешнем и внутреннем), пока цена пшеницы на внутреннем рынке не снизится, по сравнению с мировой ценой, в точности на величину экспортной пошлины. Цена должна снизиться до P'_d (200 долл./т). Экспорт уменьшится до X_l (30 млн т), производство сократится с S_0 (75 млн т) до S_l (71 млн т), отечественное потребление увеличится с C_0 (41 млн т) до C_l (42 млн т). Экспортные пошлины создают неопределенность на рынке пшеницы, снижают рентабельность экспорта, при том что возможности сбыта пшеницы внутри России ограничены (из-за нехватки современных элеваторов, зернохранилищ, слабого транспортного сообщения). Тем самым экспортные пошлины влекут за собой снижение инвестиционной привлекательности производства пшеницы, драйвером развития которого и выступает экспорт. И ее производство с каждым годом будет уменьшаться с возможным переходом на культуры, рынок которых не будет искажаться мерами государственного регулирования. Пока пошлина не является запретительной, поступления от ее взимания будут приносить крупный доход в бюджет государства (область c , равная произведению объема экспорта X_l на размер таможенной пошлины за 1 т пшеницы). Эта сумма, уходящая в бюджет России, составит 1,4 млрд долл. в годовом исчислении с 02 июня 2021 г.

Потери отечественных производителей составят область $(a + b + c + d)$, равную 1,0 млрд долл. Отечественные потребители пшеницы выиграют за счет роста объема покупок и снижения цены, их излишек увеличится на область $a - 10$ млн долл.

Чистый результат России от введения экспортной пошлины заключается в потере областей b и d . Иначе говоря, чистый результат России от введения экспортной пошлины формируется как потери отечественных производителей $(a + b + c + d = 1,0$ млрд долл.) за вычетом выигрыша потребителей $(a = 10$ млн долл.) и доходов госбюджета от сбора таможенной пошлины $(c = 1,4$ млрд долл.). Чистый результат России от введения экспортной пошлины будет отрицательным и составит -400 млн долл.

Анализируя цены на пшеницу, которая оказывает воздействие на цены на хлеб и

хлебопродукты, рассмотрим их динамику. Рост цен на них (рис. 7) иллюстрирует недостаточное воздействие политики экспортных ограничений. С точки зрения они неэффективны в заявляемом сдерживании цен. Больше потребляют хлеб относительно бедные слои населения. Политика экспортных ограничений не способствует росту реальных доходов бедных слоев населения.

Доля расходов домашних хозяйств на покупку хлебобулочных изделий и круп в структуре потребительских расходов в России со II квартала 2020 г. начинает снижаться (рис. 8). В сельской местности доля расходов на покупку хлебобулочных изделий и круп традиционно выше, чем в городской. Это связано с более низкими доходами сельчан по сравнению с горожанами.

Потребители пшеницы (мукомольные предприятия, макаронные фабрики, животноводы) страдают от роста цен на пшеницу.

В ответ на критику действующей стратегии развития агроэкспорта, заявленную Е. Н. Крылатых и Т. Н. Беловой [5], можно противопоставить позицию Е. V. Zhiryaeva и N. M. Svetlov [11]. С точки зрения Е. Н. Крылатых и Т. Н. Беловой [5], в России необходимо вместо экспорта необработанной сельскохозяйственной продукции наращивать экспорт готовой продукции с высокой добавленной стоимостью (или более дорогих товаров, таких как говядина, свинина и т.п.). W. M. Liefert и O. Liefert [12] отмечают, что Россия сменила приоритет в экспорте от мяса в пользу зерна. В то же время Е. V. Zhiryaeva и N. M. Svetlov [11] апеллируют к трудностям экспорта готовой продукции, поскольку страны-импортеры налагают высокие пошлины или высокие барьеры на ее ввоз. Такие меры вводятся с целью развития собственных перерабатывающих производств, работающих на базе ввозимой сырой сельскохозяйственной продукции. Здесь мы можем упомянуть тарифную эскалацию. Таким образом, России в настоящее время нелегко переключиться от экспорта зерна в пользу более дорогих агропродовольственных товаров. Пшеница остается востребованным товаром на мировом рынке, тогда как готовая продукция зачастую сталкивается с торговыми барьерами со стороны стран-импортеров.

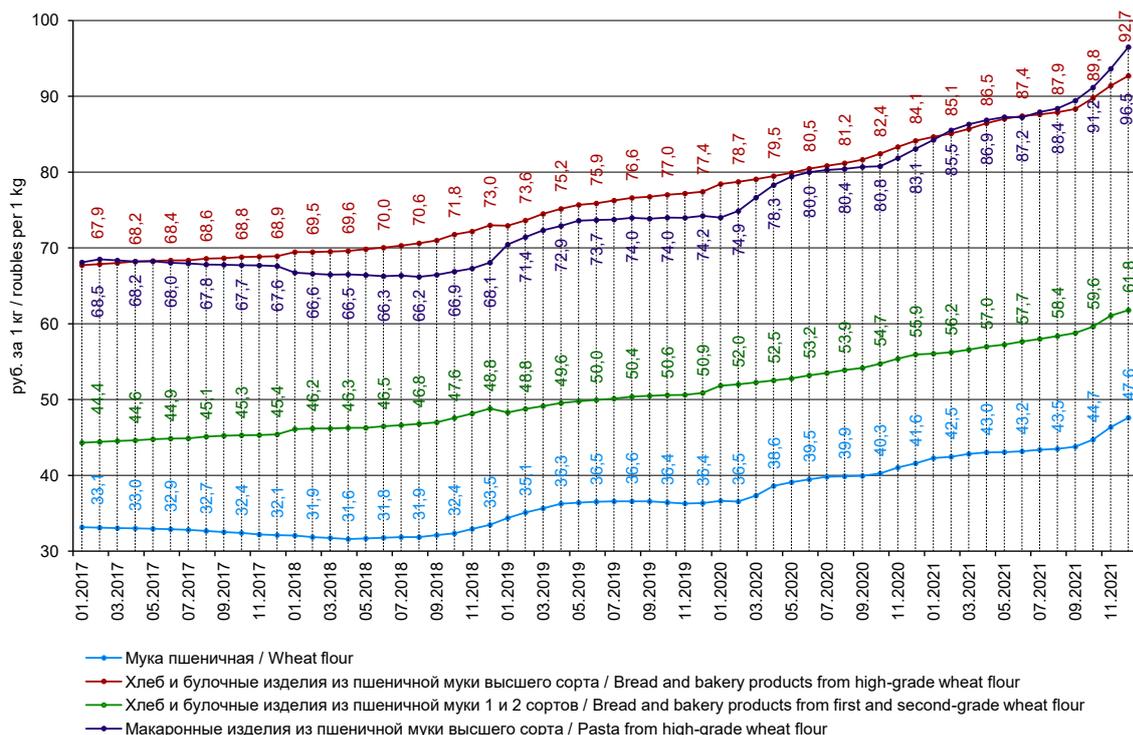


Рис. 7. Среднемесячные розничные цены на пшеничную муку, макаронные и хлебобулочные изделия из пшеничной муки 1, 2 и высшего сортов в России за январь 2017 – декабрь 2021 гг., руб. за 1 кг²⁵ /
Fig. 7. Average monthly retail prices for wheat flour, pasta products and bakery products made from the first-, second-grade and high-grade wheat flour in Russia, January 2017 – December 2021, roubles per 1 kg²⁵

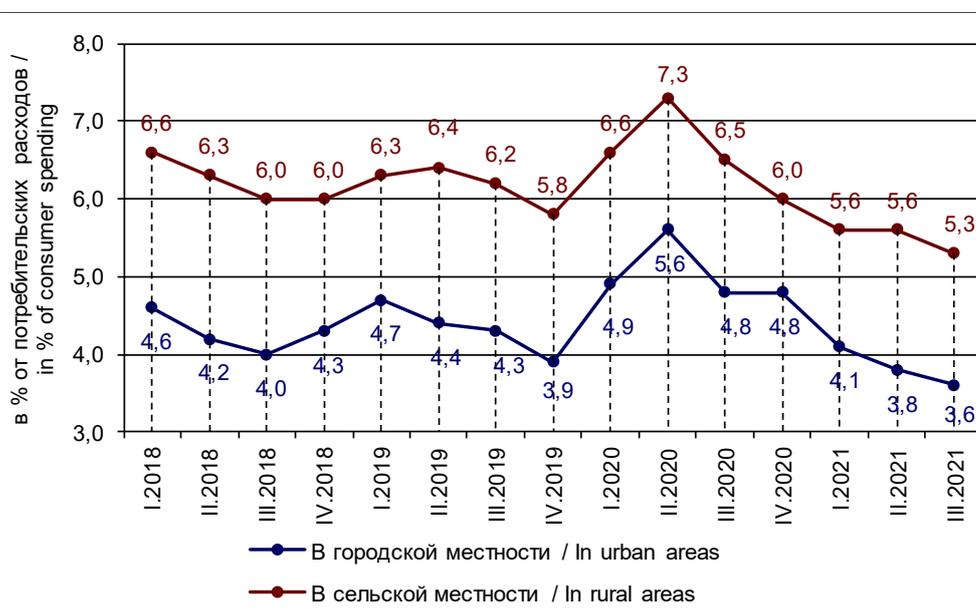


Рис. 8. Доля поквартальных расходов домашних хозяйств на покупку хлебобулочных изделий и круп в структуре потребительских расходов в России за I квартал 2018 – III квартал 2021 гг., % (Источник: составлено автором на основе материалов Росстата²⁶) /
Fig. 8. Share of quarterly household spending on the purchase of bakery products and cereals in consumer spending in Russia in Q1 2018 – Q3 2021, % (Compiled by the author on the basis of Rosstat²⁶).

Примечание: Критерием для разграничения домашних хозяйств послужило место их проживания – в городской или сельской местности / Note: The criterion for differentiating households is whether they live in urban or rural areas

²⁵URL: <https://www.fedstat.ru>

²⁶URL: <https://rosstat.gov.ru>

В работе [13] авторы указывают на преимущества экспортной пошлины как меры государственного регулирования – в сравнении с экспортной квотой. Между тем экспортные пошлины нередко осваиваются неэффективно, без должной отдачи, существенная их доля не доходит до самих сельскохозяйственных товаропроизводителей, чьи интересы пострадали из-за пошлин.

Наши результаты немного расходятся с полученными Р. А. Ромашкиным²⁷, S. Kiselev и R. Romashkin [14]. Согласно их расчетам, выручка от экспортных пошлин, полученная бюджетом, составит 1,7 млрд долл., по нашим расчетам – 1,4 млрд долл. Помимо этой суммы, S. Kiselev и R. Romashkin [14] отмечают, что производители, реализующие пшеницу на внутреннем рынке, недополучат 1,5 млрд долл.

М. Ksenofontov и др. [15] сомневаются в возможности отмены пошлин на экспорт пшеницы. Они аргументируют это отсутствием альтернативных действенных механизмов сдерживания внутренних цен на пшеницу, кроме как внешнеторговых мер.

Экспортные пошлины на пшеницу – мера, неэффективная в стабилизации рынка пшеницы. Мы предлагаем упразднить их и сфокусировать меры политики на совершенствовании транспортной системы, рыночной, информационной инфраструктуры, распространении цифровых технологий в сфере производства, хранения, транспортировки зерна. Модернизация транспортной системы, ввод новых вагонов-зерновозов облегчат перевозки зерна, причем не только для зарубежных поставок пшеницы, но и для межрегиональных. Из зерноизбыточных регионов России можно будет быстрее переправлять партии зерна в зернодефицитные.

Д. И. Файзрахманов и др. [16], Т. В. Шумилина и О. Ф. Пятова [17] доказывают необходимость внедрения цифровых инструментов применительно к зерновому сектору. Позиция В. И. Харитонова [18] насчет Центральной информационно-аналитической системы сельского хозяйства совпадает с нашей. В перспективе данная идея обеспечит возможность формирования цепочки потоков для экспорта зерна с целью оптимизации всех имеющихся транспортных возможностей при осуществлении заграничных поставок пшеницы. Вышеизложенные действия запланировано интегри-

ровать с российскими железными дорогами. Кроме того, предполагается дополнительно организовать систему для экспорта продукции агропромышленного комплекса «от поля до порта», что обеспечит возможность освободить предприятия от бумажного закрепления сделок путем перевода документооборота в электронную форму.

В России совершенствуется Центральная информационно-аналитическая система сельского хозяйства – банк информации, интегрированный с информационными системами российских министерств. Эта система дает возможность получения актуальных данных о работе сельскохозяйственных предприятий, элеваторов, зерновых терминалов. В плане ведения бизнеса такая мера позволит получать аналитические данные по рынку пшеницы, выходящие за пределы конкретного предприятия, и оценивать в целом ситуацию на рынке. Также позволит получать максимум информации, однако это вовсе не исключает запозданий при получении актуальной информации о конъюнктуре на рынке зерна. Необходимо дальнейшее техническое совершенствование этой системы, чтобы повысить ее оперативность.

Заключение. Экспортные пошлины не оказывают существенного воздействия на стабилизацию цен на пшеницу в России. Они неэффективны в сдерживании роста внутренних цен и ведут к ущемлению интересов одних агентов (экспортеров, производителей зерна) при одновременном перетекании выгод в пользу других (органов власти). Несмотря на введенные экспортные пошлины, цены производителей на пшеницу демонстрируют сильный рост: если в августе 2021 г. цена составляла 12,8 тыс. руб/т (174,3 долл. за 1 т), то в декабре – 15,1 тыс. руб/т (205,3 долл. за 1 т). Экспортные ограничения подрывают репутацию российских экспортеров на международном рынке зерна. Экспортные пошлины выгодны только госбюджету России. Остаются сомнения насчет того, насколько эффективно государство способно распоряжаться поступлениями от взимания пошлин. Немаловажными являются вложения государства в развитие инфраструктуры, мощностей хранения, дорог, терминалов. В современных условиях важно распространять цифровые технологии в транспортировке продукции, учете, поддержке принятия решений для сельхозпроизводителей.

²⁷Ромашкин Р. А. Механизм плавающей зерновой пошлины следует доработать. Евразийский центр по продовольственной безопасности, 19 февраля 2021 г., 2021. URL: <https://ecfs.msu.ru/index.php/ru/news/467-roman-romashkin-4>

Список литературы

1. Киселев С. В. Агропродовольственный экспорт России в условиях пандемического шока. Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. 2021;13(3):46-56. DOI: <https://doi.org/10.38050/2078-3809-2021-13-3-46-56>
2. Shchutskaya A. V., Ivanova E. E. Exports of Russian Cereals: Analysis of the Current State and Development Prospects. SHS Web of Conferences. Problems of Enterprise Development: Theory and Practice. 2019;62:08006. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196208006>
3. Шагайда Н. И., Узун В. Я., Гатаулина Е. А., Жорова М. Д., Шишкина Е. А. Разработка подходов к выбору приоритетов развития отраслей сельского хозяйства в Российской Федерации. М.: Институт прикладных экономических исследований РАНХиГС, 2016. 99 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32382964>
4. Узун В. Я. Приоритеты агропродовольственной политики: импортозамещение или экспорт? Экономист. 2015;(7):17-29.
5. Крылатых Э. Н., Белова Т. Н. Экспорт российского зерна в контексте формирования региональной экономической политики. Экономика региона. 2018;14(3):778-790. DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-3-7>
6. Koppenberg M., Bozzola M., Dalhaus T., Hirsch S. Mapping potential implications of temporary COVID-19 export bans for the food supply in importing countries using pre-crisis trade flows. Agribusiness. 2021;37(1):25-43. DOI: <https://doi.org/10.1002/agr.21684>
7. Kiselev S., Seitov S. Regulating the Russian Wheat Export Trade during the COVID-19 Pandemic. Food Security in Eurasia 2020. Case Studies, Moscow: Eurasian Center for Food Security, 2021. pp. 83-102. URL: https://ecfs.msu.ru/images/ECFS_case_studies_2020_ENG.pdf
8. Laborde D., Martin W., Swinnen J., Vos R. COVID-19 risks to global food security. Science. 2020;369(6503):500-502. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abc4765>
9. Páll Z. Three essays on the Russian wheat export. Studies on the Agricultural and Food Sector in Transition Economies. Halle (Saale): Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies (IAMO), 2015. Vol. 80. 160 p. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:3:2-50285>
10. Светлов Н. М. Модель системной динамики региональных рынков зерна. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2021;(3):88-105. DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-88-105>
11. Zhiryaeva E. V., Svetlov N. M. The effect of sanctions on Russian agricultural imports. St. Petersburg University Journal of Economic Studies. 2020;36(4):653-674. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.405>
12. Liefert W. M., Liefert O. Russian agricultural trade and world markets. Russian Journal of Economics. 2020;6(1):56-70. DOI: <https://doi.org/10.32609/j.ruje.6.50308>, URL: <https://rujec.org/article/50308>
13. Российская экономика в 2019 году. Тенденции и перспективы. Под науч. ред. Кудрина А. Л., Радыгина А. Д., Синельникова-Мурылева С. Г. М.: Изд-во Ин-та Гайдара, 2020. Вып.41. 632 с. Режим доступа: <https://www.iep.ru/files/text/trends/2019/2019.pdf>
14. Kiselev S., Romashkin R. Export restrictions under the pandemic shock: implications for the competitiveness of wheat production in Russia. Sources of Competitiveness under Pandemic and Environmental Shocks: Agrarian Perspectives XXX, Proceedings – of the 30th International Scientific Conference. Prague: Czech University of Life Sciences, 2021. pp. 129-139. URL: <https://ap.pef.czu.cz/en/r-12193-conference-proceedings>
15. Ksenofontov M., Polzikov D., Urus A. Food Security and Grain Market Regulation in Russia. Studies on Russian Economic Development. 2019;30:606-613. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700719060078>
16. Файзрахманов Д. И., Валиев А. Р., Зиганшин Б. Г., Субаева А. К., Залалдинов М. М. Современное состояние зернового производства в Российской Федерации. Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2021;16(2 (62)):138-142. DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-138-142>
17. Шуმიлина Т. В., Пятова О. Ф. Роль информации в сельском хозяйстве в условиях развития цифровой экономики. Развитие агропромышленного комплекса в условиях цифровой экономики: сб. научн. тр. Кинель: РИО СамГАУ, 2019. С. 6-9. URL: http://www.ssa.ru/structur/riz/Sbornik_Razvitie_APK_v_cifre_I_Nac_npk_2019.pdf
18. Харитонов В. И. Информационные аспекты развития системы продовольственного обеспечения. Россия: тенденции и перспективы развития: ежегодник, мат-лы XX Национальной научн. конф. с международ. участием. М.: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2021. Вып. 16. Ч. 1. С. 494-497. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-aspekty-razvitiya-sistemy-prodovolstvennogo-obespecheniya>

References

1. Kiselev S. V. *Agroprodovol'stvennyy eksport Rossii v usloviyakh pandemicheskogo shoka*. [Russian Agri-Food Export in the context of Pandemic Shock]. *Nauchnye issledovaniya ekonomicheskogo fakul'teta. Elektronnyy zhurnal = Scientific Research of Faculty of Economics. Electronic Journal*. 2021;13(3):46-56. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.38050/2078-3809-2021-13-3-46-56>
2. Shchutskaya A. V., Ivanova E. E. Exports of Russian Cereals: Analysis of the Current State and Development Prospects. SHS Web of Conferences. Problems of Enterprise Development: Theory and Practice. 2019;62:08006. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196208006>
3. Shagayda N. I., Uzun V. Ya., Gataulina E. A., Zhorova M. D., Shishkina E. A. *Razrabotka podkhodov k vyboru prioritetov razvitiya otrasley sel'skogo khozyaystva v Rossiyskoy Federatsii*. [Elaboration of approaches for depicting the priorities of Russian agriculture development]. Moscow: *Institut prikladnykh ekonomicheskikh issledovaniy RANKhiGS*, 2016. 99 p. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32382964>

4. Uzun V. Ya. *Prioritety agropodovol'stvennoy politiki: importozameshchenie ili eksport?* [Priorities of agro-food policy: import substitution or export?]. *Ekonomist*. 2015;(7):17-29. (In Russ.).
5. Krylatykh E. N., Belova T. N. *Eksport rossiyskogo zerna v kontekste formirovaniya regional'noy ekonomicheskoy politiki*. [Russian grain exports in the context of regional economic policy]. *Ekonomika regiona = Economy of Regions*. 2018;14(3):778-790. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.17059/2018-3-7>
6. Koppenberg M., Bozzola M., Dalhaus T., Hirsch S. Mapping potential implications of temporary COVID-19 export bans for the food supply in importing countries using pre-crisis trade flows. *Agribusiness*. 2021;37(1):25-43. DOI: <https://doi.org/10.1002/agr.21684>
7. Kiselev S., Seitov S. Regulating the Russian Wheat Export Trade during the COVID-19 Pandemic. Food Security in Eurasia 2020. Case Studies, Moscow: Eurasian Center for Food Security, 2021. pp. 83-102. URL: https://ecfs.msu.ru/images/ECFS_case_studies_2020_ENG.pdf
8. Laborde D., Martin W., Swinnen J., Vos R. COVID-19 risks to global food security. *Science*. 2020;369(6503):500-502. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.abc4765>
9. Páll Z. Three essays on the Russian wheat export. Studies on the Agricultural and Food Sector in Transition Economies. Halle (Saale): Leibniz Institute of Agricultural Development in Transition Economies (IAMO), 2015. Vol. 80. 160 p. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:gbv:3:2-50285>
10. Svetlov N. M. *Model' sistemy dinamiki regional'nykh rynkov zerna*. [System dynamics model of regional grain markets]. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2021;(3):88-105. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2021-3-88-105>
11. Zhiryayeva E. V., Svetlov N. M. The effect of sanctions on Russian agricultural imports. St. Petersburg University Journal of Economic Studies. 2020;36(4):653-674. DOI: <https://doi.org/10.21638/spbu05.2020.405>
12. Liefert W. M., Liefert O. Russian agricultural trade and world markets. *Russian Journal of Economics*. 2020;6(1):56-70. DOI: <https://doi.org/10.32609/j.ruje.6.50308>, URL: <https://rujec.org/article/50308>
13. *Rossiyskaya ekonomika v 2019 godu. Tendentsii i perspektivy*. [Russian economy in 2019. Trends and prospects]. *Pod nauch. red. Kudrina A. L., Radygina A. D., Sinel'nikova-Muryleva S. G.* Moscow: *Izd-vo In-ta Gaydara*, 2020. Iss.41. 632 p. URL: <https://www.iep.ru/files/text/trends/2019/2019.pdf>
14. Kiselev S., Romashkin R. Export restrictions under the pandemic shock: implications for the competitiveness of wheat production in Russia. Sources of Competitiveness under Pandemic and Environmental Shocks: Agrarian Perspectives XXX, Proceedings – of the 30th International Scientific Conference. Prague: Czech University of Life Sciences, 2021. pp. 129-139. URL: <https://ap.pef.czu.cz/en/r-12193-conference-proceedings>
15. Ksenofontov M., Polzikov D., Urus A. Food Security and Grain Market Regulation in Russia. Studies on Russian Economic Development. 2019;30:606-613. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700719060078>
16. Fayzrakhmanov D. I., Valiev A. R., Ziganshin B. G., Subaeva A. K., Zhaltdinov M. M. *Sovremennoe sostoyanie zernovogo proizvodstva v Rossiyskoy Federatsii*. [The current state of grain production in the Russian Federation]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Kazan State Agrarian University*. 2021;16(2 (62)):138-142. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.12737/2073-0462-2021-138-142>
17. Shumilina T. V., Pyatova O. F. *Rol' informatsii v sel'skom khozyaystve v usloviyakh razvitiya tsifrovoy ekonomiki*. [The role of information in agriculture in the development of digital economy]. *Razvitie agropromyshlennogo kompleksa v usloviyakh tsifrovoy ekonomiki: sb. nauchn. tr.* [Development of Agro-Industrial Complex in the Digital Economy: Collection of scientific works]. Kinel': *RIO SamGAU*, 2019. pp. 6-9. URL: http://www.ssa.ru/struktur/riz/Sbornik_Razvitie_APK_v_cifre_I_Nac_npk_2019.pdf
18. Kharitonov V. I. *Informatsionnye aspekty razvitiya sistemy prodovol'stvennogo obespecheniya*. [Information aspects of food supply system development]. *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya: ezhegodnik, mat-ly XX Natsional'noy nauchn. konf. s mezhduнарод. uchastiem*. [Russia: Trends and Prospects of Development, Yearbook: Proceedings of XX National Scientific Conference with International participation]. Moscow: *Institut nauchnoy informatsii po obshchestvennym naukam RAN*, 2021. Iss. 16. Part. 1. pp. 494-497. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-aspekty-razvitiya-sistemy-prodovol'stvennogo-obespecheniya>

Сведения об авторе

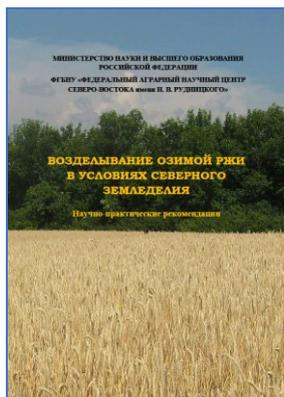
✉ **Санатов Санат Каиргалиевич**, аспирант 3 года обучения кафедры агроэкономики экономического факультета, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, стр. 46, 3-й новый учебный корпус, г. Москва, Российская Федерация, 119991, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6505-1712>, e-mail: sanatren@mail.ru

Information about the author

✉ **Sanat K. Seitov**, 3-year Postgraduate Student, Department of Agroecconomics, Faculty of Economics, Lomonosov Moscow State University, 1, building 46, 3rd New Academic Building, Leninskie Gory, Moscow, Russian Federation, 119991, **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-6505-1712>, e-mail: sanatren@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

Новые научные издания ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока

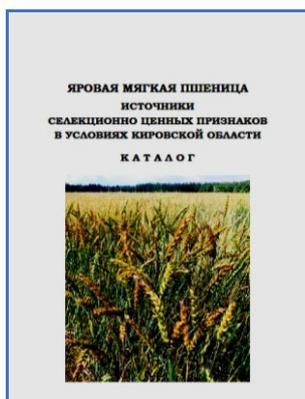


Возделывание озимой ржи в условиях северного земледелия. Научно-практические рекомендации. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 120 с., ил.

Авторы: Е. И. Уткина, вед. науч. сотр., зав. отделом озимой ржи, доктор с.-х. наук; Л. И. Кедрова, гл. науч. сотр. лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, доктор с.-х. наук; М. Г. Шамова, науч. сотр. лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи, кандидат с.-х. наук; Е. С. Парфенова, ст. науч. сотр., зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой ржи, кандидат с.-х. наук; Н. А. Набатова, мл. науч. сотр. лаборатории селекции и первичного семеноводства озимой ржи; Т. К. Шешегова, вед. науч. сотр., зав. лабораторией иммунитета и защиты растений, доктор биол. наук; Л. М. Щекленна, ст. науч. сотр. лаборатории иммунитета и защиты растений, кандидат с.-х. наук (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока); Е. А. Шляхтина, науч. сотр., зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства озимой ржи Фаленской селекционной станции – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

В рекомендациях отражена динамика площадей озимой ржи в регионах страны, значение культуры для сохранения природного агроэкологического баланса, возможности универсального использования. Изложены биологические особенности озимой ржи, требования к почвенно-климатическим и агротехнологическим условиям произрастания. Представлены сорта, возделываемые в условиях северного земледелия. Освещены основные моменты технологии производства. Раскрыты наиболее патогенные комплексы на посевах ржи и система защитных мероприятий. Показана экономическая эффективность возделывания адаптивных сортов озимой ржи при соблюдении оптимальных параметров технологии.

Рекомендации рассчитаны на специалистов и руководителей организаций АПК, научных работников, преподавателей и студентов высших и средних специальных учебных заведений, работников информационно-консультационной службы.

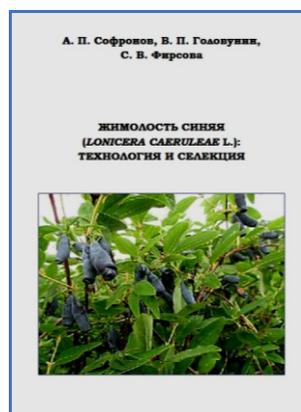


Яровая мягкая пшеница. Источники селекционно ценных признаков в условиях Кировской области. Каталог. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 36 с.

Авторы: Л. В. Волкова, кандидат биол. наук, О. С. Амунова, кандидат биол. наук, А. В. Харина, кандидат с.-х. наук (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока), Е. В. Зуев, кандидат с.-х. наук (ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова»).

В каталоге представлена характеристика 300 источников яровой мягкой пшеницы по основным селекционно значимым признакам: продолжительность вегетационного периода, урожайность, продуктивность колоса и растения, масса 1000 зерен, содержание белка в зерне, устойчивость к полеганию, устойчивость к листовым и головневым болезням. Выделенные образцы рекомендованы для использования в селекции для создания высокопродуктивных конкурентоспособных сортов яровой мягкой пшеницы.

Предназначен для научных сотрудников, аспирантов, преподавателей, студентов ВУЗов и колледжей биологических и аграрных специальностей.



Жимолость синяя (*Lonicera caerulea* L.): технология и селекция: монография. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 64 с. (Электронный ресурс).

Режим доступа: [http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2021/Жимолость синяя-2021.pdf](http://fanc-sv.ru/uploads/docs/2021/Жимолость_синяя-2021.pdf)

Авторы: А. П. Софронов, старший научный сотрудник, заведующий лабораторией плодово-ягодных культур, кандидат с.-х. наук; С. В. Фирсова, старший научный сотрудник лаборатории плодово-ягодных культур, кандидат с.-х. наук (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока); В. П. Головунин, старший научный сотрудник, заведующий группой садоводства Марийского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока.

Монография подготовлена на базе собственных исследований авторов и обобщения литературных данных. Описаны основные сорта, изученные в ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, проведен анализ прохождения основных фаз культуры в условиях региона, оценена стабильность плодоношения сортов, рассчитана экономическая эффективность их возделывания. Особый интерес представляют исследования в области агротехники жимолости, в частности изучение влияния ранневесеннего внесения удобрений, мульчирования опилками, использования микробиологических удобрений.

Предназначена для научных сотрудников, специалистов сельского хозяйства, фермеров, садоводов-любителей. Издание может быть использовано для подготовки студентов и аспирантов аграрных вузов России.

