



ISSN 0370-8799 (Print)
ISSN 2658-462X (Online)

Сибирский вестник СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE



*50 лет на службе
сельскохозяйственной науке*

№ 1
ТОМ 51



ЯНВАРЬ • ФЕВРАЛЬ 2021

Том 51 № 1 2021

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ



THE SCIENTIFIC JOURNAL

SIBERIAN HERALD OF AGRICULTURAL SCIENCE

FOUNDERS: SIBERIAN FEDERAL SCIENTIFIC CENTRE OF AGRO-BIOTECHNOLOGIES
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES
SIBERIAN BRANCH OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

ESTABLISHED IN 1971

6 ISSUES PER YEAR

Volume 51, No 1 (278)

DOI: 10.26898



2021

January – February

Editor-in-Chief is Alexander S. Donchenko Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Head Researcher of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Deputy Editor-in-Chief is Olga N. Zhiteleva, Deputy Head of the Scientific and Organizational Department of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

Editorial board:

Viktor V. Alt	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Olga S. Afanasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Saint-Petersburg, Russia
Anatoly N. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Natalia G. Vlasenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Nikolay P. Goncharov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Irina M. Gorobey	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Mikhail I. Gulyukin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Moscow, Russia
Valery N. Delyagin	Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Irina M. Donnik	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Biology, Moscow, Russia
Nikolay A. Donchenko	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Novosibirsk, Russia
Nikolay M. Ivanov	Cor. Mem. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Novosibirsk, Russia
Andrey Yu. Izmailov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Engineering, Moscow, Russia
Vladimir K. Kalichkin	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay I. Kashevarov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Sergey N. Mager	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Sergey P. Ozornin	Dr. Sci. in Engineering, Chita, Russia
Valery L. Petukhov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia
Revmira I. Polyudina	Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Marina I. Selionova	Dr. Sci. in Biology, Stavropol, Russia
Vladimir A. Soloshenko	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Novosibirsk, Russia
Nikolay A. Surin	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Krasnoyarsk, Russia
Ivan F. Khrantsov	Acad. of Russ. Acad. Sci., Dr. Sci. in Agriculture, Omsk, Russia
Ivan N. Sharkov	Dr. Sci. in Biology, Novosibirsk, Russia

Foreign Members of Editorial Board:

Vladimir V. Azarenko	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. of Belarus, Dr. Sci. in Engineering, Academician-Secretary of the Department of Agrarian Sciences NASB, Minsk, Belarus
B. Byambaa	Member of the Mongolian Acad. Sci., Dr. Sci. in Veterinary Medicine, President of the Mongolian Acad. of Agricultural Sci., Ulaanbaatar, Mongolia
Askar M. Nametov	Cor. Mem. of the Nat. Acad. Sci. Rep. of Kazakhstan, Dr. Sci. in Veterinary Medicine, Zhangir khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University, Rector, Astana, Kazakhstan
Vasil Nikolov	Prof., Dr., Chairman of the Agricultural Acad. Rep. of Bulgaria, Sofia, Bulgaria

Editors *E.V. Mosunova, G.N. Yagupova*, Corrector *V.E. Selianina*, Desktop Publisher *N.U. Borisko*. Translator *E.A. Pomanova*
Certificate PI FS77-64832 issued by the Federal Service for Supervision of Media, Communications and Information Technologies on February 2, 2016

Publisher: Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences

Address: PO Box 463, office 456, SFSCA RAS Building, Krasnoobsk, Novosibirsk District, Novosibirsk Region, 630501, Russia. Tel/fax: +7-383-348-37-62

e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

The journal is meant for scientists and researchers in agriculture.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" publishes original articles on fundamental and applied problems in the following areas: general agriculture and crop production, breeding and seed production of agricultural plants, plant protection, fodder production, farm animals nutrition and feed technology, veterinary microbiology, virology, epizootology, mycology with mycotoxicology and immunology, technologies and means of agricultural mechanization, including surveys, original research, brief reports, as well as chronicles, reviews, book reviews, materials on the history of agricultural science and the activities of research institutions and scientists.

The scientific journal "Siberian Herald of Agricultural Science" is included on the Higher Certification Commission (VAK) List of Russian Reviewed Scientific Periodicals issued in the Russian Federation, in which major scientific results of theses for Doctor and Candidate degrees must be published.

The journal is presented in the international database AGRIS, and is included in the catalogue Ulrich's Periodicals Directory, Brower, USA.

The "Siberian Herald of Agricultural Science" is registered in the Russian Science Citation Index (RSCI) on the basis of Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СИБИРСКИЙ ВЕСТНИК СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ

УЧРЕДИТЕЛИ: СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР АГРОБИОТЕХНОЛОГИЙ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

ОСНОВАН В 1971 г.

ВЫХОДИТ ШЕСТЬ РАЗ В ГОД

Том 51, № 1 (278)

DOI: 10.26898



2021

январь – февраль

Главный редактор – Донченко Александр Семенович, академик РАН, доктор ветеринарных наук, главный научный сотрудник Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Заместитель главного редактора – Жителиева Ольга Николаевна, заместитель начальника научно-организационного отдела Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук, Новосибирск, Россия

Редакционная коллегия:

В.В. Альт	академик РАН, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
О.С. Афанасенко	академик РАН, д-р биол. наук, Санкт-Петербург, Россия
А.Н. Власенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.Г. Власенко	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Н.П. Гончаров	академик РАН, д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Горобей	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Гулюкин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Москва, Россия
В.Н. Десягин	д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
И.М. Донник	академик РАН, д-р биол. наук, Москва, Россия
Н.А. Донченко	член-корреспондент, д-р ветеринар. наук, Новосибирск, Россия
Н.М. Иванов	член-корреспондент, д-р техн. наук, Новосибирск, Россия
А.Ю. Измайлов	академик РАН, д-р техн. наук, Москва, Россия
В.К. Каличкин	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.И. Кашеваров	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
С.Н. Магер	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
С.П. Озорнин	д-р техн. наук, Чита, Россия
В.Л. Петухов	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия
Р.И. Полудина	д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
М.И. Селионова	д-р биол. наук, Ставрополь, Россия
В.А. Солощенко	академик РАН, д-р с.-х. наук, Новосибирск, Россия
Н.А. Сурин	академик РАН, д-р с.-х. наук, Красноярск, Россия
И.Ф. Храмцов	академик РАН, д-р с.-х. наук, Омск, Россия
И.Н. Шарков	д-р биол. наук, Новосибирск, Россия

Иностранные члены редколлегии:

В.В. Азаренко	д-р техн. наук, член-корреспондент НАН Беларуси, академик-секретарь Отделения аграрных наук НАН Беларуси, Минск, Беларусь
Б. Бямбаа	д-р ветеринар. наук, академик Академии наук Монголии, президент Монгольской академии аграрных наук, Улан-Батор, Монголия
А.М. Наметов	д-р ветеринар. наук, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, ректор Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, Астана, Казахстан
В.С. Николов	д-р ветеринар. наук, председатель Сельскохозяйственной академии Республики Болгария, София, Болгария

Редакторы *Е.В. Мосунова, Г.Н. Ягунова*. Корректор *В.Е. Селянина*. Оператор электронной верстки *Н.Ю. Бориско*. Переводчик *Е.А. Романова*. Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ ФС77-64832 выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций 2 февраля 2016 г.

Издатель: Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук
Адрес редакции: 630501, Новосибирская обл., Новосибирский р-н, р.п. Краснообск, здание СФНЦА РАН, к. 456, а/я 463.
Тел./факс (383)348-37-62 e-mail: vestnik.nsk@ngs.ru; www.sibvest.elpub.ru

Вышел в свет 29.03.2021. Формат 60 × 84^{1/4}. Бумага тип. № 1. Печать офсетная. Печ. л. 17,25.

Уч-изд. л. 14,75. Тираж 300 экз. Цена свободная.

Отпечатано в Сибирском федеральном научном центре агrobiотехнологий Российской академии наук

© ФГБУН «Сибирский федеральный научный центр агrobiотехнологий Российской академии наук», 2021

© ФГБУ «Сибирское отделение Российской академии наук», 2021

Журнал для ученых и практиков сельскохозяйственного производства.

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям: общее земледелие и растениеводство, селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений, защита растений, кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов, ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология, технологии и средства механизации сельского хозяйства, в том числе обзоры, оригинальные исследования, краткие сообщения, а также хронику, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в утвержденный ВАК Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых должны публиковаться основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал представлен в международной библиографической базе данных Agris, включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory» (издательство «Bowker», США).

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» входит в Russian Science Citation Index (RSCI) на базе Web of Science.



www.sibvest.elpub.ru





СОДЕРЖАНИЕ

СОДЕРЖАНИЕ

К 50-летию журнала «Сибирский вестник
сельскохозяйственной науки»

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ И ХИМИЗАЦИЯ

**Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Вла-
сенко А.Н.** Эффективность систем ос-
новной обработки почвы при возделы-
вании ячменя

Власенко Н.Г., Бурлакова С.В. Влияние
предпосевной обработки семян яровой
пшеницы на линейные размеры и гео-
метрические характеристики зерна

Малюга А.А., Чуликова Н.С. Роль сорта
и предшественника в динамике числен-
ности *Rhizoctonia solani* в почве

CONTENTS

5 To the 50th anniversary of the journal
"Siberian Herald of Agricultural Science"

AGRICULTURE AND CHEMICALIZATION

11 **Perfilyev N.V., Vyushina O.A.,
Vlasenko A.N.** Efficiency of ba-
sic tillage systems in the cultivation
of barley

18 **Vlasenko N.G., Burlakova S.V.** Effect of
pre-sowing treatment of spring wheat
seeds on linear sizes and geometric grain
characteristics

25 **Malyuga A.A., Chulikova N.S.** The role of
variety and forecrop in the population dy-
namics of *Rhizoctonia solani* in soil

РАСТЕНИЕВОДСТВО И СЕЛЕКЦИЯ

PLANT GROWING AND BREEDING

- Агапова В.Д., Ваганова О.Ф., Кудинова О.А., Волкова Г.В.** Скрининг сортов образцов пшеницы российской селекции на устойчивость к бурой ржавчине **33** **Agarova V.D., Vaganova O.F., Kudinova O.A., Volkova G.V.** Screening of wheat varieties of the Russian breeding for resistance to brown rust

КОРМОПРОИЗВОДСТВО

FODDER PRODUCTION

- Кашеваров Н.И., Садохина Т.А., Бакшаев Д.Ю.** Конкурентная способность компонентов в смешанных агроценозах зернофуражных культур **42** **Kashevarov N.I., Sadokhina T.A., Bakshaev D.Yu.** Competitive ability of components in mixed agrocenosis of fodder grain crops
- Уразова Л.Д., Литвинчук О.В., Сайнакова А.Б.** Скрининг коллекционных образцов костреца безостого в таежной зоне Западной Сибири **51** **Urazova L.D., Litvinchuk O.V., Saynakova A.B.** Screening of awnless bromegrass collection samples in the taiga zone of Western Siberia
- Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.** Урожайность и кормовые качества тритикале в смешанных посевах с высокобелковыми культурами **60** **Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.** Yield and feed qualities of triticale mixed with high-protein crops

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

PLANT PROTECTION

- Коваленко Т.К., Пронюшкина А.С.** Защита картофеля от картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motsch. (Coleoptera, Coccinellidae) **67** **Kovalenko T.K., Pronyushkina A.S.** Potato protectoin against the potato ladybird *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motsch. (Coleoptera, Coccinellidae)

*ЖИВОТНОВОДСТВО
И ВЕТЕРИНАРИЯ*

*ANIMAL HUSBANDRY
AND VETERINARY SCIENCE*

- Неустроев М.П., Донченко А.С.** Способы повышения иммуногенности инактивированных вакцин против мыта лошадей **74** **Neustroev M.P., Donchenko A.S.** Ways to increase the immunogenicity of inactivated vaccines against strangles
- Солошенко В.А., Плешаков В.А., Инербаев Б.О., Дуров А.С., Храмцова И.А.** Оценка генеалогических линий крупного рогатого скота казахской белоголовой породы **82** **Soloshenko V.A., Pleshakov V.A., Inerbaev B.O., Durov A.S., Khramtsova I.A.** Estimation of genealogical lines of cattle of the Kazakh white-headed breed
- Зайко О.А., Назаренко А.В., Королева И.А., Романенко М.А., Магер С.Н.** Особенности аккумуляции меди в щетине свиней различных пород **90** **Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Koroleva I.A., Romanenko M.A., Mager S.N.** Peculiarities of copper accumulation in the bristles of pigs of different breeds

ПРОБЛЕМЫ. СУЖДЕНИЯ

PROBLEMS. SOLUTIONS

- Куценогий П.К., Каличкин В.К.** К созданию метрического пространства образа сельскохозяйственного объекта **99** **Kutsenogii P.K., Kalichkin V.K.** Creation of the spatial metric for the image of an agricultural object
- Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н.** Тенденции обеспеченности техникой АПК Омской области **110** **Chekusov M.S., Kem A.A., Mikhal'tsov E.M., Shmidt A.N.** Trends in machinery availability in Agro-Industrial Complex of Omsk region



20 марта 2021 года исполнилось 110 лет со дня рождения выдающегося ученого-агроария академика Ираклия Ивановича Синягина, основателя Сибирского отделения Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В.И. Ленина (СО ВАСХНИЛ).

Основными направлениями научных исследований И.И. Синягина были агрохимия и почвоведение. Ираклий Иванович создал современную концепцию площади питания растений, впервые в Сибири исследовал изменения свойств почв в зональном разрезе под влиянием удобрений при рациональном сочетании их с агротехническими приемами.

Однако самым знаковым фактом биографии, по оценке самого Ираклия Ивановича, для него стала работа по созданию и развитию Сибирского отделения ВАСХНИЛ.

Академик И.И. Синягин, его последователи и ученики решили главную задачу – создали за Уралом мощный научный центр по всем направлениям аграрной науки. Были созданы новые научные школы и направления в области земледелия, растениеводства, животноводства, ветеринарии, инженерного обеспечения агропроизводства, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Одним из обязательных условий превращения Сибирского отделения ВАСХНИЛ в действительно научный центр Ираклий Иванович считал издание при нем научного журнала. Такое решение было принято. Интересный факт из книги воспоминаний И.И. Синягина, что при первом обращении о разрешении на выпуск журнала в нем было отказано: «Следует сказать, что в шестидесятых и начале семидесятых годов в стране возникло множество научных журналов, причем часто очень узкого профиля... Поэтому при первом обращении за разрешением нам отказали. Пришлось повторить просьбу... разрешение было получено, и с 8 января 1971 года мы начали издавать двухмесячный научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки». Это был первый научный сельскохозяйственный журнал в нашем регионе. Удалось подобрать работоспособный аппарат редакции. Журнал постепенно завоевывал авторитет не только в Сибири и на Дальнем Востоке, но и в других регионах страны. Проник журнал и за рубеж».

На протяжении 50 лет для редакции и редакционной коллегии журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» основной текущей и перспективной задачей остается обеспечение высокого научного уровня, актуальности и практической значимости публикаций. Сохранены традиции журнала, заложенные основателем и первым главным редактором академиком Ираклием Ивановичем Синягиным.

С 1969 года Сибирское отделение ВАСХНИЛ начало проводить свою работу на территории от Урала до Дальнего Востока. Первый председатель президиума СО ВАСХНИЛ академик ВАСХНИЛ Ираклий Иванович Синягин, вспоминая те годы, писал: «Было совершенно ясно, что одним из обязательных условий превращения Отделения в действительный научный центр является издание при нем серьезного научного журнала». Такой журнал – «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» – был создан в 1971 году. Он стал первым научным академическим сельскохозяйственным изданием в Сибири и на Дальнем Востоке. Для ученых и работников аграрного сектора это событие стало знаковым.

На протяжении всей пятидесятилетней истории в разные периоды жизни журнал всегда был ведущим специализированным изданием, информирующим ученых и практиков сельскохозяйственного производства о новейших достижениях сельскохозяйственной науки.

В настоящее время сохранены традиции, основы которых заложены первым главным редактором журнала академиком ВАСХНИЛ Ираклием Ивановичем Синягиным. В течение 25 лет, с 1979 по 2004 год, главным редактором журнала был председатель СО ВАСХНИЛ (СО РАСХН) вице-президент РАСХН академик П.Л. Гончаров.

В 278 выпусках журнала, вышедших в свет с момента его создания, опубликовано более 6300 научных статей, посвященных фундаментальным и приоритетно-прикладным исследованиям в области экономики, земледелия, растениеводства и селекции, животноводства, ветеринарии, инженерного обеспечения, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Необходимо отметить, что в общем объеме журнальных статей всегда была традиционно высока доля работ специалистов академического уровня, докторов и кандидатов наук. «Сибирский вестник...» стал платформой для апробации научных идей молодых ученых, только начинающих свой путь в науке.

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых публикуются основные научные результаты диссертационных работ на соискание ученой степени кандидата и доктора наук. Журнал представлен в международных библиографических базах данных, а также в коллекции лучших российских научных журналов на платформе Web of Science.

«Сибирский вестник...» – журнал академический, но, как показывает жизнь, идеи, научные разработки ученых-аграриев, представленные на его страницах, находят свое успешное воплощение и на практике.

В связи со знаменательной датой хочу поблагодарить наших учредителей – Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук и Сибирское отделение Российской академии наук, авторов научных статей и читателей, членов редакционной коллегии и коллектив редакции за сотрудничество и добросовестную работу. Всем друзьям «Сибирского вестника...» желаю крепкого сибирского здоровья, стабильности, жизненной выдержки, процветания и семейного благополучия!

*Главный редактор журнала, член президиума СО РАН
академик РАН А.С. Донченко*



Уважаемая редакция, авторы и читатели научного журнала

«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»!

Поздравляю вас с юбилеем издания, с 50-летием!

Полвека назад благодаря академику Ираклию Ивановичу Синягину был создан первый академический сельскохозяйственный журнал Сибири и Дальнего Востока. Вот уже несколько десятилетий ваш журнал рассказывает о результатах исследований сибирской сельскохозяйственной науки, читатели одними из первых узнают о достижениях в области земледелия, растениеводства и селекции, животноводства и ветеринарии, кормопроизводства...

В том, что наша Новосибирская область стала сильным и успешным аграрным регионом, велика роль сибирских ученых. Без научных разработок современному сельскому хозяйству невозможно двигаться вперед, быть эффективным и конкурентоспособным. «Сибирский вестник...», сохраняя традиции, заложенные Ираклием Ивановичем Синягиным, помогает сибирским аграриям знакомиться с новейшими научными разработками, узнавать о самых перспективных проектах одними из первых.

Журнал заслужил искреннее уважение и признательность нескольких поколений читателей. Я уверен, что он будет и в дальнейшем успешно развиваться на благо сибирской науки. Желаю вам творческих успехов, интересных идей и смелых планов, как можно больше новых авторов и, самое главное, новых читателей!

Губернатор Новосибирской области Андрей Травников

Уважаемый Александр Семенович! Дорогие коллеги и друзья!

От лица Российской академии наук поздравляю коллектив журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» с 50-летием со дня выхода первого номера.

Значимость журнала в развитии науки Сибири и Дальнего Востока трудно переоценить: возможность публиковать свои научные исследования, знакомиться с исследованиями других ученых – очень важный этап развития, особенно это актуально для молодых ученых, только делающих первые шаги в аграрной науке.

Желаю коллективу редакции больше интересных авторов и статей, дальнейшего процветания и развития для популяризации такой сложной отрасли в нашей огромной стране, как сельское хозяйство, требующего очень большого труда и зависящего не только от профессионализма исследователей, но и грамотного использования природно-климатических факторов.

Дальнейших успехов в работе научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»!

Вице-президент РАН академик И.М. Донник

Уважаемый Александр Семенович!

Пятьдесят лет со дня выхода в свет первого выпуска научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» является важной вехой в пропаганде научных достижений ученых аграрной науки Сибири.

Журнал, созданный по инициативе первого председателя СО ВАСХНИЛ академика И.И. Синягина, стал первым академическим сельскохозяйственным изданием трудов ученых Сибири и Дальнего Востока, которые получили возможность публиковать результаты своих исследований, а другие – знакомиться с разработками коллег по «горячим следам».

До настоящего времени сохранены традиции журнала, основы которых заложены академиком И.И. Синягиным. Читатели журнала одними из первых знакомятся с достижениями ученых по всем направлениям фундаментальных и приоритетных прикладных исследований в области земледелия, растениеводства и селекции, животноводства и ветеринарии, кормопроизводства, технологий переработки сельхозпродукции, средств механизации сельского хозяйства.

Авторитетная редакционная коллегия журнала представлена ведущими учеными страны – академиками, членами-корреспондентами, докторами наук, а также учеными Беларуси, Казахстана, Монголии и других стран.

Авторы публикаций в журнале – ученые научно-исследовательских институтов, научные работники и преподавательский состав учебных заведений высшего образования, специалисты в области производства и переработки сельскохозяйственной продукции.

Приятно отметить, что в общем объеме журнальных статей традиционно высока доля работ специалистов, имеющих степень доктора и кандидата наук. При этом ежегодно растет число публикаций молодых ученых. Рубрика «Из диссертационных работ» стала в журнале своеобразной трибуной для начинающих научный путь ученых и обязательным этапом повышения их научной квалификации.

Ежегодно расширяется аудитория читателей; среди них всероссийские научно-исследовательские институты, аграрные университеты, предприятия АПК, научные библиотеки стран ближнего и дальнего зарубежья.

Желаем вам, уважаемые коллеги, высоко держать марку вашего журнала, а сибирским ученым аграрной науки – новых достижений во благо Отчизны!

*Член Президиума РАН академик РАН Г.А. Романенко,
академик-секретарь Отделения сельскохозяйственных наук РАН академик РАН Ю.Ф. Лачуга*

Уважаемые коллеги!

Руководство Сибирского отделения РАН сердечно поздравляет вас с юбилеем!

В январе 2021 года исполнилось 50 лет со дня выхода в свет первого выпуска научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки».

Журнал, созданный по инициативе первого председателя Сибирского отделения ВАСХНИЛ академика И.И. Синягина, является первым академическим сельскохозяйственным изданием Сибири и Дальнего Востока. «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» знакомит научное сообщество с достижениями ученых по всем направлениям исследований в области экономики сельского хозяйства, земледелия, растениеводства и селекции, животноводства и ветеринарии, кормопроизводства, переработки сельскохозяйственной продукции, механизации и электрификации сельского хозяйства.

Авторитетная редакционная коллегия журнала сформирована по принципу максимального представительства различных направлений сельскохозяйственной науки и представлена ведущими отечественными и зарубежными учеными.

Научный журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» включен в Перечень периодических научных и научно-технических изданий ВАК, представлен в международных библиографических базах данных Agris и Ulrich's Periodicals Directory, а также в коллекции российских научных журналов на платформе Web of Science.

Ежегодно расширяется аудитория ваших читателей: среди них всероссийские научно-исследовательские институты, аграрные университеты, предприятия АПК, научные библиотеки стран ближнего и дальнего зарубежья.

Примите искренние поздравления с юбилеем и пожелания дальнейшей плодотворной работы и новых достижений!

*Председатель Сибирского отделения РАН академик РАН В.Н. Пармон,
заместитель председателя Сибирского отделения РАН академик РАН Н.И. Кашеваров,
главный ученый секретарь Сибирского отделения РАН академик РАН Д.М. Маркович*



Уважаемый Александр Семенович!

Уважаемые члены редакционного совета и сотрудники редакции научного журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»!

Полувековой юбилей для журнала, даже специализированного научного профиля, дата знаковая. Издание-долгожитель, пользующееся авторитетом, уважением и доверием у читательской аудитории, а это авторитетные ученые-агроарии, молодые ученые, аспиранты по аграрным направлениям научных исследований, студенты вузов и, конечно, сельхозпроизводители не только России, но и большинства стран ближнего зарубежья, – это бесценный нематериальный актив СФНЦА РАН.

Нужно отметить, что основателем журнала, как и Сибирского отделения ВАСХНИЛ, стал выдающийся ученый-агрохимик и почвовед академик Ираклий Иванович Синягин. Его 110-летие со дня рождения мы отметили 20 марта 2021 года. Он заложил принципиальные основы работы журнала: селективный подход к выбору авторов научных публикаций, уровень компетенций членов редакционного совета и рецензентов, широкий и глубокий охват тем развития аграрной науки и публикация статей по самым актуальным направлениям исследований. Все это базируется на высоком профессионализме редакционного коллектива журнала.

За полувековую жизнь журнала его главными редакторами были академики И.И. Синягин, П.Л. Гончаров и А.С. Донченко, продолжающий руководить изданием и в настоящее время. Редакционная коллегия представлена самыми знаковыми учеными в различных направлениях аграрной науки России, а также Республики Беларусь, Республики Казахстан, Народной Республики Болгария и Монгольской Народной Республики.

Более 6300 научных статей, опубликованных в 278 номерах «Сибирского вестника сельскохозяйственной науки» за полвека, – это история развития и кладезь уникальных знаний и достижений в фундаментальных и прикладных исследованиях ученых-агроариев в области земледелия, растениеводства, животноводства, инженерного обеспечения, переработки и хранения сельскохозяйственной продукции.

Сегодня журнал представлен в международных библиографических базах данных Agris и Ulrich's Periodicals Directory, а также в коллекции лучших российских научных журналов на платформе Web of Sciance.

Очень рассчитываю, что профессиональная интуиция руководителей и сотрудников редакции в настоящее время позволит еще выше поднять рейтинг и авторитет издания. Мы будем всегда поддерживать вас в благородном деле популяризации научных достижений аграрной науки. Желаю журналу многие лета, а каждому, кто работал и продолжает трудиться в редакции, удовлетворения от работы, полной самореализации, здоровья и личного благополучия.

*С глубоким уважением от лица научного коллектива СФНЦА РАН
врио директора СФНЦА РАН, чл.-корр. РАО, профессор РАН,
доктор биологических наук К.С. Голохваст*

Дорогие друзья, коллеги поздравляем вас с 50-летием!!!

Инициатива создания научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», объединяющего ученых сельскохозяйственного профиля Сибири и Дальнего Востока, является бесспорно знаковым решением.

В настоящее время перед журналом стоит ответственная задача по популяризации сибирской аграрной науки в академическом сообществе и среди специалистов АПК. Передовые технологии, описанные во многих статьях, с успехом внедряются в производство и служат залогом успешной деятельности сельскохозяйственных предприятий как в Сибири, так и в целом по стране.

Необходимо отметить высокое качество публикуемых работ, что позволило включить журнал не только в список ВАК, но и в международные библиографические базы данных Agris и Ulrich's Periodicals Directory. Высокие цитируемость и наукометрические показатели, авторитетная редакционная коллегия подтверждают статус журнала – одного из ведущих в области сельскохозяйственных наук Сибири и Дальнего Востока.

Желаем всем причастным к научному изданию «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» расширения географии авторов и сохранения традиций, заложенных основателями журнала. Каждому работнику редакции желаем доброго здоровья, благополучия и счастья. Искренне надеемся на продолжение и укрепление нашего плодотворного сотрудничества.

С глубоким уважением
ректор Новосибирского государственного аграрного университета
доктор экономических наук, профессор, член-корреспондент РАН Е.В. Рудой

Уважаемый Александр Семенович!

Уважаемый коллектив журнала!

С момента создания журнала и по сегодняшний день ваш журнал пропагандирует новейшие достижения сельскохозяйственной науки в области земледелия, растениеводства, животноводства, кормопроизводства, ветеринарии, технологии и средств механизации сельского хозяйства.

За это время вы стали открытой площадкой, где академики, профессора, доктора наук и молодые ученые могли опубликовать результаты своих исследований.

От имени ученых Казахского национального аграрного исследовательского университета и от себя лично поздравляю вас со славным юбилеем! Желаю вам крепкого здоровья, успехов и оптимизма всегда и во всем!

Академик Серик Кененбаев



ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ

¹Перфильев Н.В., ¹Вьюшина О.А., ²Власенко А.Н.

¹Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал Тюменского научного центра Сибирского отделения Российской академии наук
Тюмень, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Установлена эффективность длительного применения различных систем основной обработки темно-серой лесной почвы в условиях Северного Зауралья. Определено их влияние на эффективность при возделывании ячменя по зерновому предшественнику (яровая пшеница) и зернобобовому (вика на зерно). Исследования проведены в стационарном опыте по изучению отвальной, безотвальной, комбинированной, дифференцированной, плоскорезной и поверхностной систем основной обработки почвы. Опыты проходили в течение третьей – шестой ротаций (1996–2018 гг.) двух зернопаровых севооборотов, развернутых во времени и в пространстве. Первый севооборот: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая вика – яровой ячмень, второй: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень. При возделывании ячменя по зернобобовому предшественнику (яровой вике) экономически целесообразным оказалось применение систем основной обработки с элементами минимизации. В нее входили безотвальная и комбинированная обработки с безотвальным рыхлением стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см; дифференцированная с плоскорезной на 12–14 см и дискование на 10–12 см. Данные приемы обеспечили близкие отвальной системе условия формирования продуктивности и практически одинаковую урожайность ячменя, получение чистого дохода и коэффициента энергетической эффективности. На фоне без удобрений урожайность составила 2,97–3,03 т/га, с применением $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 3,47–3,65 т/га. При размещении ячменя по повторной пшенице самой эффективной оказалась отвальная система обработки с чистым доходом 14,67 тыс. р./га на фоне без удобрений и 22,75 тыс. р./га на фоне их применения с энергетическим коэффициентом 2,65 и 2,75. Применение ресурсосберегающих приемов обработки по повторной пшенице приводило к снижению урожайности зерна ячменя на 0,09–0,40 т/га, снижению чистого дохода при возделывании ячменя в сравнении с зернобобовым предшественником на 31,0–44,1%.

Ключевые слова: система основной обработки, севооборот, предшественник, яровой ячмень, урожайность, эффективность производства

EFFICIENCY OF BASIC TILLAGE SYSTEMS IN THE CULTIVATION OF BARLEY

¹Perfilyev N.V., ¹Vyushina O.A., ²Vlasenko A.N.

¹Scientific Research Institute of Agriculture for Northern Trans-Ural Region – Branch of Tyumen Scientific Centre of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Tyumen, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The effectiveness of long-term use of various basic tillage systems of dark grey forest soil in the conditions of the Northern Trans-Urals was established. Their impact on the efficiency of barley cultivation depending on the grain (spring wheat) or legume forecrop (vetch for grain) was determined. The research was carried out in a stationary experiment covering moldboard, non-moldboard, combined, differentiated, stubble-mulch and surface systems of basic soil tillage. The experiments took place during the third–sixth rotations (1996–2018) of two grain-fallow crop rotations spread in time and space. The first crop rotation was: bare fallow – winter rye – spring wheat – spring vetch – spring barley, the second crop rotation: bare fallow – winter rye – spring wheat – spring wheat – spring barley. When cultivating barley following the legume forecrop (spring vetch), it was economically feasible to use basic tillage systems with the elements of minimization. It included non-moldboard and combined tillage with subsurface loosening by a plow with SibIME tines to a depth of 20–22 cm differentiated with stubble-mulch at 12–14 cm and disk harrowing at 10–12 cm. These methods provided conditions for the formation of productivity close to the moldboard system and practically the same yield of barley, net income and energy efficiency coefficient. Without fertilizers, the yield was 2.97–3.03 t/ha, with the use of $N_{40}P_{40}P_{40}$ it was 3.47–3.65 t/ha. When planting barley following wheat sown twice, the most effective was moldboard tillage system with a net income of 14.67 thousand rubles/ha without fertilizers and 22.75 thousand rubles/ha with fertilizers and energy coefficient of 2.65 and 2.75. The use of resource-saving tillage methods with repeated wheat led to a decrease in the yield of barley grain by 0.09–0.40 t/ha, and a decrease in the net income of barley cultivation compared to the legume forecrop by 31.0–44.1%.

Keywords: basic tillage system, crop rotation, forecrop, spring barley, yield, production efficiency

Для цитирования: Перфильев Н.В., Вьюшина О.А., Власенко А.Н. Эффективность систем основной обработки темно-серой лесной почвы при возделывании ячменя // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 11–17. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-1>

For citation: Perfilyev N.V., Vyushina O.A., Vlasenko A.N. Efficiency of basic tillage systems in the cultivation of barley. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1. pp. 11–17. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-1>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В Тюменской области посевные площади под ячменем занимают 22% от посевов зерновых и зернобобовых культур. Востребованность данной культуры обусловлена высокими кормовыми качествами зерна для животноводства и перерабатывающей отрасли, хорошей адаптационной способностью к природным факторам, повышенной отзывчивостью на внесение удобрений, что приводит к высокой продуктивности возделывания культуры [1–3].

В Северном Зауралье в производственных условиях при основной обработке почвы все шире используют энергетически менее затратные, чем вспашка, приемы безотвальной и плоскорезной обработки и дискование. Научные исследования по данной проблеме не дают однозначного ответа по

сравнительной эффективности различных по интенсивности технологий, а также об их влиянии на эффективность производства ячменя в сравнении с традиционной технологией на основе вспашки [4–10].

Цель исследования – определить эффективность длительного применения различных систем основной обработки темно-серой лесной почвы в условиях Северного Зауралья при возделывании ячменя по зерновому (яровая пшеница) и зернобобовому (вика на зерно) предшественнику.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены в стационарном опыте Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Тюменского научного центра СО РАН в 1996–2018 гг. Научный эксперимент проходил в период третьей – шестой

ротаций двух зернопаровых севооборотов, развернутых во времени и в пространстве. Первый севооборот: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – зернобобовые (вика на зерно) – яровой ячмень, второй: чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень. Почва темно-серая лесная тяжелосуглинистая. Глубина гумусового горизонта 25–27 см, содержание гумуса 4,2–5,0%, рН солевой вытяжки 6,0–6,4. Сумма поглощенных оснований в пахотном слое 18,6–25,6 мг-экв./100 г почвы.

Системы обработки почвы были следующими:

- отвальная: основная обработка под ячмень и другие культуры севооборотов плугом Лемкен на глубину 20–22 см;

- безотвальная: ежегодное рыхление со стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см;

- комбинированная: под ячмень и пшеницу по озимой ржи рыхление стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см, под озимую рожь, яровую вилу и повторную пшеницу – вспашка плугом Лемкен на 20–22 см;

- дифференцированная: под озимую рожь, в пару и под яровую пшеницу по озимой ржи рыхление плоскорезом Смарагд-6 на глубину 12–14 см, под вилу и повторную пшеницу – вспашка плугом Лемкен на 20–22 см, под яровой ячмень и после его уборки поверхностная обработка дискованием БДТ-2,5 на 10–12 см.

Предпосевная обработка по всем изучаемым системам основной обработки заключалась в ранневесеннем бороновании зубowymi боронами БЗСС-1,0 в четыре следа, предпосевной культивации культиватором Смарагд-6 на глубину заделки семян. Посев ячменя сорта Ача проводили сеялкой СЗП-3,6. Коэффициент высева 5 млн всхожих семян/га. Минеральные удобрения согласно методике вносили перед предпосевной культивацией нормой $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в. на 1 га севооборотной площади. Для уничтожения

сорняков применяли гербициды на всех изучаемых вариантах.

Площадь делянок (5,5–6,0 × 63 м) 346–378 м², учетная 100 м². По метеорологическим условиям вегетационного периода 6 лет были засушливыми, 17 лет – близкие к среднемноголетним. Технику закладки и проведение опыта осуществляли по методике Б.А. Доспехова¹ с использованием компьютерных программ О.Д. Сорокина², биоэнергетическую и экономическую эффективность рассчитывали по методическим рекомендациям^{3,4}.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В зернопаровом севообороте при размещении по зернобобовой культуре ресурсосберегающие системы обработки обеспечили практически равную отвальной системе урожайность ячменя. На фоне без применения удобрений она составила 2,97–3,03 т зерна/га, с применением удобрений – 3,47–3,65 т/га (см. табл. 1). Это объясняется тем, что по ресурсосберегающим фонам и по отвальной системе обработки складывались благоприятные агрофизические условия и условия питания растений, особенно азотом [11].

Замена в зернопаровом севообороте зернобобовой культуры на повторную пшеницу и использование ее в качестве предшественника для ячменя привело к устойчивому снижению урожайности ячменя по безотвальной, плоскорезной обработкам и по обработке дискованием. В сравнении с системой вспашки на фоне без применения минеральных удобрений она снизилась на 0,09–0,27 т/га (3,8–11,4%), с применением удобрений – на 0,07–0,40 т/га (2,0–11,1%). Это объясняется ухудшением азотного питания растений по безотвальным и мелким обработкам, в особенности по повторному зерновому предшественнику [12–15].

Показатели экономической и энергетической эффективности свидетельствуют,

¹Доспехов Б.А. Методика полевого опыта; изд. 4-е, перераб. и доп. М.: Колос, 1979. 416 с.

²Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Краснообск: РПО СО РАСХН, 2004. 162 с.

³Неклюдов А.Ф. Биоэнергетическая оценка севооборотов. Новосибирск, 1993. 36 с.

⁴Шеметов А.К. Экономическая оценка агротехнических мероприятий и севооборотов: метод. реком. Новосибирск. ИЦ СО ВАСХНИЛ. 1977. 16 с.

Табл. 1. Урожайность, прямые затраты и чистый доход при возделывании ячменя в зернопаровых севооборотах в зависимости от систем основной обработки почвы (1996–2018 гг.)**Table 1.** Yield, direct costs and net income of barley cultivation in grain-fallow crop rotations depending on basic tillage systems (1996-2018)

Система основной обработки	Фон удобрений	Урожайность, т/га		Прямые затраты, тыс. р./га	Чистый доход, тыс. р./га	
		по вико	по пшенице		по вико	по пшенице
Отвальная	Без удобрений	2,97	2,37	8,88	20,63	14,67
	С удобрениями	3,53	3,60	13,022	22,06	22,75
Безотвальная	Без удобрений	3,02	2,10	8,75	21,26	12,12
	С удобрениями	3,65	3,27	12,89	23,38	19,61
Комбинированная	Без удобрений	3,03	2,23	8,75	21,36	13,41
	С удобрениями	3,60	3,53	12,89	22,89	22,19
Дифференцированная	Без удобрений	2,94	2,14	8,74	20,44	12,49
	С удобрениями	3,47	3,31	12,98	21,48	19,91
Поверхностная	Без удобрений	3,06	2,10	8,77	21,64	12,10
	С удобрениями	3,59	3,20	12,98	22,70	18,82
Плоскорезная	Без удобрений	2,92	2,28	8,52	20,50	14,14
	С удобрениями	3,54	3,46	12,64	22,52	21,73
НСР ₀₅	Без удобрений	0,11	0,20			
	С удобрениями	0,14	0,26			

что они в определяющей степени зависели от величины урожайности, которая, в свою очередь, зависела от системы обработки почвы, предшественника и фона применения удобрений. Так, при снижении прямых затрат по ресурсосберегающим системам обработки на фоне без удобрений на 1,2–4,1%, с применением удобрений на 0,33–2,8% стоимость валовой продукции ячменя на фоне без и с применением удобрений по зернобобовому предшественнику, как и урожайность, были близки контрольному варианту технологии на основе вспашки. Наоборот, при снижении урожайности ячменя по повторной пшенице уменьшение стоимости валовой продукции по ресурсосберегающим системам обработки на фоне без удобрений составило 3,8–11,4%, с применением удобрений – 1,9–11,1% (см. табл. 1, 2).

По зернобобовому предшественнику при близких величинах урожайности чистый доход, энергетический коэффициент по изучаемым системам обработки были также близкими. На фоне без и с применением удобрений различия по чистому доходу (соот-

ветственно 20,5–21,6 и 21,5–23,4 тыс. р./га) между отвальной и ресурсосберегающими системами обработки не превышали соответственно фонов удобрений 0,6–3,7% и 2,6–6,0%. По данному предшественнику в зернопаровом севообороте под ячмень экономически оправданы наряду с отвальной системой применение безотвального рыхления стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см; при безотвальной и комбинированной системах использование культиватора Смарагд на глубину 12–14 см и обработка БДТ-2,5 на глубину 10–12 см при плоскорезной и поверхностной системах обработки. Энергетический коэффициент по этим системам обработки на фоне без удобрений составил 3,43–3,46, с удобрениями – 2,78–2,81, по отвальной системе соответственно фонов удобрений 3,23 и 2,69, т.е. превышал контрольный вариант отвальной системы на 0,09–0,14.

Возделывание ячменя по повторной пшенице, особенно на фоне без удобрений, в значительной степени снижало доходность его выращивания в сравнении с зернобобовым предшественником. Так, снижение

Табл. 2. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания ячменя в зернопаровых севооборотах при различных системах основной обработки почвы (1996–2018 гг.)

Table 2. Economic and energy efficiency of barley cultivation in grain-fallow crop rotations with different systems of basic soil tillage (1996–2018)

Система основной обработки	Фон удобрений	Энергетический коэффициент		Себестоимость 1 т зерна		Стоимость валовой продукции, тыс. р./га	
		по вике	по пшенице	по вике	по пшенице	по вике	по пшенице
Отвальная	Без удобрений	3,32	2,65	2,99	3,75	29,51	23,55
	С удобрениями	2,69	2,75	3,69	3,62	35,68	35,78
Безотвальная	Без удобрений	3,43	2,38	2,89	4,17	30,01	20,87
	С удобрениями	2,81	2,52	3,53	3,94	36,27	32,50
Комбинированная	Без удобрений	3,44	2,53	2,89	3,92	30,11	22,16
	С удобрениями	2,78	2,72	3,58	3,65	35,78	35,08
Дифференцированная	Без удобрений	3,33	2,42	2,98	4,10	29,22	21,27
	С удобрениями	2,67	2,55	3,74	3,92	34,46	32,89
Поверхностная	Без удобрений	3,46	2,38	2,87	4,18	30,41	20,87
	С удобрениями	2,76	2,46	3,62	4,06	35,68	31,80
Плоскорезная	Без удобрений	3,41	2,66	2,92	3,74	29,02	22,66
	С удобрениями	2,78	2,72	3,57	3,66	35,18	34,38

чистого дохода в этом случае по отвальной системе обработки составило 28,9%, по ресурсосберегающим системам – 31,0–44,1%. На фоне применения удобрений при отвальной системе обработки снижения чистого дохода в зависимости от предшественника не отмечено, по ресурсосберегающим системам обработки снижение 3,0–17,1%.

При размещении ячменя по повторной пшенице при отвальной системе основной обработки чистый доход на фоне без удобрений составил 14,67 тыс. р./га, с их применением – 22,75 тыс. р./га. При этом на фоне без удобрений данный показатель оказался наиболее близким к отвальной системе обработки при плоскорезной обработке и обработке стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см в комбинированной системе (ниже контроля на 3,6–8,6%).

На фоне с применением удобрений комбинированная и плоскорезная системы обработки уступали отвальной по чистому доходу лишь на 2,5–4,5%. По остальным изучаемым вариантам обработки почвы чистый доход был ниже, чем при отвальной системе: на фоне без удобрений на 2,18–2,57 тыс. р./га (14,8–17,5%), с применением удобрений на

2,84–3,93 тыс. р./га (12,5–17,3%). Наши данные по урожайности и экономической эффективности во многом согласуются с результатами исследований, полученными в Европейской части России [16, 17].

ВЫВОДЫ

1. На темно-серых лесных почвах северной лесостепи Северного Зауралья при возделывании ячменя в качестве заключительной культуры в зерновом севообороте по зернобобовому предшественнику (яровой вике) экономически наиболее целесообразно применение систем основной обработки с элементами минимизации: безотвальной и комбинированной с безотвальным рыхлением стойками СибИМЭ на глубину 20–22 см, дифференцированной с плоскорезной обработкой на 12–14 см и дискованием на 10–12 см. Данные системы обработки после зернобобовых под ячмень обеспечили формирование практически равной отвальной системе обработки урожайность ячменя: на фоне без удобрений – 2,97–3,03 т/га, с применением $N_{40}P_{40}K_{40}$ – 3,47–3,65 т/га, получение чистого дохода.

2. Применение ресурсосберегающих приемов обработки в зерновом севообороте чистый пар – озимая рожь – яровая пшеница – яровая пшеница – яровой ячмень по повторной пшенице приводило к снижению урожайности зерна ячменя на 0,09–0,40 т/га, снижению чистого дохода при возделывании ячменя в сравнении с зернобобовым предшественником на 31,0–44,1%.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Система адаптивно-ландшафтного земледелия в природно-климатических зонах Тюменской области: монография. Тюмень: Тюменский издательский дом. 2019. 472 с.
2. Соловichenko В.Д., Воронин А.Н., Никитин В.В., Навольнева Е.В. Продуктивность ячменя в зависимости от вида севооборота, способа обработки почвы и удобрений // Земледелие. 2017. № 7. С. 29–32.
3. Власенко А.Н., Шарков И.Н., Шоба В.Н., Колбин С.А. Эффективность удобрения азотом яровой пшеницы и ячменя в лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2015. № 1. С. 25–27.
4. Götze P., Rücknagel J., Holzweißig B., Steinz M., Christen O., Jacobs A., Märlander B., Koch H. J. Sugar beet rotation effects on soil organic matter and calculated humus balance in central Germany // European Journal of Agronomy. 2016. Vol. 76. P. 198–207.
5. Едигеевичев Ю.Ф. Оптимизация и экологизация зональной системы обработки почвы в Красноярском крае // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2017. № 7. С. 16–23.
6. Кирюшин В.И. Актуальные проблемы и противоречия развития земледелия // Земледелие. 2019. № 3. С. 3–7. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301.
7. Пакуль А.Л., Лапишинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Урожайность ярового ячменя при различных приемах основной обработки почвы в зернопаровом севообороте // Земледелие. 2019. № 3. С. 34–36. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10309.
8. Grovetto C. No Till, the Stubble and the Soil Nutrition // Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-economy, Policy. Springer, 2003. P. 39–48.
9. Зезин Н.Н., Постников П.А. Сохранение плодородия почв через биологизацию земледелия // Нива Урала. 2012. № 9. С. 6–7.

10. Martin-Rueda I., Muñoz-Guerra L.M., Yunta F., Esteban E., Tenorio J.L., Lucena J.J. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calcicortidic Haploxeralf // Soil Till. Res. 2007. Vol. 92. P. 1–9.
11. Турусов В.И., Гармашев В.М., Корнилов И.М., Нужник Н.А., Дудченко С.Е. Эффективность различных приемов основной обработки почвы под горох // Земледелие. 2016. № 8. С. 22–24.
12. Кураченко Н.Л., Кожевников А.С., Романов В.Н. Влияние обработки почвы на агрофизическое состояние чернозема и продуктивность яровой пшеницы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 1. С. 44–50. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
13. Девтерева Н.И., Благополучная О.А. Влияние различных приемов обработки почвы на продуктивность культур и агрофизические свойства слитных черноземов // Земледелие. 2019. № 3. С. 31–33. DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10308.
14. Перфильев Н.В., Вьюшина О.А. Урожайность зерновых и качество зерна пшеницы при различных системах основной обработки почвы // Земледелие. 2017. № 5. С. 36–38.
15. Reji P. Mathew, Yucheng Feng, Leonard Githinji. Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. *Applied and Environmental Soil Science*, 2012, 10 p. DOI: 10.1155/2012/548620.
16. Дериглазова Г.М., Пыхтин И.Г. Влияние технологий разного уровня интенсификации на урожайность ячменя // Земледелие. 2012. № 7. С. 31–33.
17. Пыхтин И.Г., Гостев А.В., Нитченко Л.Б., Плотников В.А. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур // Земледелие. 2016. № 6. С. 16–19.

REFERENCES

1. *The system of adaptive landscape farming in the natural and climatic zones of Tyumen region*. Tyumen. Tyumen publishing house, 2019, 472 p. (In Russian).
2. Solovichenko V.D., Voronin A.N., Nikitin V.V., Navol'neva E.V. Barley productivity depending on crop rotation type, method of soil cultivation and fertilizers. *Zemledelie*, 2017, no. 7, pp. 29–32. (In Russian).

3. Vlasenko A.N., SHarkov I.N., SHoba V.N., Kolbin S.A. Efficiency of fertilizer spring wheat nitrogen and barley in forest-steppe of Western Siberia. *Zemledelie*, 2015, no. 1, pp. 25–27. (In Russian).
4. Götze P., Rücknagel J., Holzweißig B., Steinz M., Christen O., Jacobs A., Märlander B., Koch H.-J. Sugar beet rotation effects on soil organic matter and calculated humus balance in central Germany. *European Journal of Agronomy*, 2016, vol. 76, pp. 198–207.
5. Edimeichev Yu.F. Optimization and environmentalization of zone system of soil processing in Krasnoyarsk Region. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2017, no. 7, pp. 16–23. (In Russian).
6. Kiryushin V.I. Current problems and contradictions of the agricultural development. *Zemledelie*, 2019, no. 3, pp. 3–7. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10301.
7. Pakul' A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul' V.N. Effects of various primary tillage methods in a grain-fallow crop rotation on crop capacity of spring barley. *Zemledelie*, 2019, no. 3, pp. 34–36. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10309.
8. Grovetto C. No Till, the Stubble and the Soil Nutrition. Conservation Agriculture: Environment, Farmers Experiences, Innovations, Socio-economy, Policy. Springer, 2003, pp. 39–48.
9. Zezin N.N., Postnikov P.A. Preservation of soil fertility through the biologization of agriculture. *Niva Urala*, 2012, no. 9, pp. 6–7. (In Russian).
10. Martin-Rueda I., Muñoz-Guerra L.M., Yunta F., Esteban E., Tenorio J.L., Lucena J.J. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calcicortidic Haploxeralf. *Soil Till. Res.*, 2007, vol. 92, pp. 1–9.
11. Turusov V.I., Garmashev V.M., Kornilov I.M., Nuzhnik N.A., Dudchenko S.E. Efficiency of various soil tillage for pea. *Zemledelie*, 2016, no. 8, pp. 22–24. (In Russian).
12. Kurachenko N.L., Kozhevnikov A.S., Romanov V.N. Influence of soil processing on chernozem agrophysical state and spring wheat productivity. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48. no. 1, pp. 44–50. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-1-6.
13. Devtereva N.I., Blagopoluchnaya O.A. Influence of different tillage methods on crop productivity and agrophysical properties of compacted chernozem. *Zemledelie*, 2019, no. 3, pp. 31–33. (In Russian). DOI: 10.24411/0044-3913-2019-10308.
14. Perfil'ev N.V., V'yushina O.A. Yield and quality of wheat grain under different tillage systems. *Zemledelie*, 2017, no. 5, pp. 36–38. (In Russian).
15. Reji P. Mathew, Yucheng Feng, Leonard Githinji. Impact of no-tillage and conventional tillage systems on soil microbial communities. *Applied and Environmental Soil Science*. 2012, 10 p. DOI: 10.1155/2012/548620.
16. Deriglazova G.M., Pykhtin I.G. Influence of technologies with various intensity levels on spring barley yield. *Zemledelie*, 2012, no. 7, pp. 31–33. (In Russian).
17. Pykhtin I.G., Gostev A.V., Nitchenko L.B., Plotnikov V.A. Theoretical basis for effective application of modern resource-saving technologies for grain crops cultivation. *Zemledelie*, 2016, no. 6, pp. 16–19. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Перфильев Н.В.**, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 625501, Тюмень, пос. Московский, ул. Бурлаки, 2; e-mail: p.nikolay52@yandex.ru

Вьюшина О.А., научный сотрудник; e-mail: vyushina63@mail

Власенко А.Н., доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, главный научный сотрудник; e-mail: p.vlas_nata@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Nikolay V. Perfil'ev**, Doctor of Science in Agriculture, Head Researcher; **address:** 2, Burlaki St, Moskovskiy, Tyumen, 625501, Russia; e-mail: p.nikolay52@yandex.ru

Olga A. Vyushina, Researcher; e-mail: vyushina63@mail

Anatoly N. Vlasenko, Doctor of Science in Agriculture, RAS academician, Head Researcher; e-mail: p.vlas_nata@ngs.ru

Дата поступления статьи 12.10.2020
Received by the editors 12.10.2020

ВЛИЯНИЕ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЛИНЕЙНЫЕ РАЗМЕРЫ И ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗЕРНА

Власенко Н.Г., Бурлакова С.В.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Представлены результаты оценки воздействия биопрепаратов и протравителя семян на технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы Новосибирская 31. Эффективность применения биологических средств защиты растений изучали в полевом эксперименте, заложенном в 2020 г. в условиях лесостепи Приобья. Предпосевная обработка семян включала следующие варианты: контроль (без обработки); Триходермин, П (*Trichoderma viride*, титр более 6 млрд спор/г), норма расхода – 15 кг/т семян; Споробактерин, СП (*Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, штамм 4097), норма расхода – 0,5 кг/т семян; Скарлет, МЭ, химический эталон (имазалил (100 г/л) + тебуконазол (60 г/л), норма расхода – 0,3 л/т семян. Применение препаратов способствовало росту урожайности на 0,40 и 0,52 т/га при использовании Триходермина и Споробактерина соответственно и на 0,08 т/га при применении фунгицида Скарлет. При этом масса 1000 зерен увеличилась на 0,84; 0,80 и 0,96 г соответственно относительно контроля. Препараты Триходермин и Споробактерин оказывали достоверное влияние на рост зерновки в длину и ширину относительно контроля – на 5,4–6,9 и 9,6%, Скарлет – на 10,6 и 13,9% соответственно. Предпосевная обработка семян способствовала росту таких показателей зерновки, как объем (на 19,6–29,3%), площадь поверхности (на 12,1–19,2%), сферичность (на 6,3–7,8%). В большей степени они увеличивались при применении фунгицида Скарлет. Получение более крупного зерна привело к росту содержания эндосперма на 0,76–1,14%. Показана тесная коррелятивная связь между показателями массы 1000 зерен и линейными размерами зерна ($r = 0,92–0,98$), а также с объемом зерновки, сферичностью и содержанием эндосперма ($r = 0,98–0,99$). Предпосевная обработка семян яровой пшеницы обеспечивает получение зерна с улучшенными технологическими свойствами.

Ключевые слова: мягкая яровая пшеница, биопрепараты, протравитель зерна, фунгицид, линейные размеры зерна, геометрические характеристики зерна

EFFECT OF PRE-SOWING TREATMENT OF SPRING WHEAT SEEDS ON LINEAR SIZES AND GEOMETRIC GRAIN CHARACTERISTICS

Vlasenko N.G., Burlakova S.V.

Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The results of assessing the effect of biological preparations and a seed disinfectant on the technological qualities of grain of soft spring wheat Novosibirskaya 31 are presented. The effectiveness of the use of biological plant protection products was studied in the field experiment, laid down in 2020 in the forest-steppe conditions of the Ob region. Pre-sowing seed treatment included the following options: control (without treatment); Trichodermin, P (*Trichoderma viride*, titer more than 6 billion spores/g), consumption rate – 15 kg/t seed; Sporobacterin, SP (*Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, strain 4097), consumption rate – 0.5 kg/ton of seeds; Scarlet, ME, chemical standard (imazalil (100 g/l) + tebuconazole (60 g/l), consumption rate – 0.3 l/t of seeds. The use of the preparations contributed to an increase in yield by 0.40 and 0.52 t/ha when using Trichodermin and Sporobacterin, respectively, and by 0.08 t/ha when using fungicide Scarlet. In this case, the mass of 1000 grains increased by 0.84, 0.80 and 0.96 g, respectively, relative to the control. The preparations Trichodermin and Sporobacterin had a significant effect on the growth of grain in length and width relative to the control – by 5.4–6.9 and 9.6%, Scarlet – by 10.6 and 13.9%, respectively. Pre-sowing seed treatment contributed to the growth of such indicators of the caryopsis as volume (by 19.6–29.3%), surface area (by 12.1–19.2%), and sphericity (by 6.3–7.8%).

To a greater extent, they increased with the use of fungicide Scarlet. Getting larger grain led to an increase in the endosperm content by 0.76–1.14%. A close correlation has been shown between the indicators of the mass of 1000 grains and the linear grain sizes ($r = 0.92–0.98$), as well as with the grain volume, sphericity and endosperm content ($r = 0.98–0.99$). Pre-sowing treatment of spring wheat seeds provides grain with improved technological properties.

Keywords: soft spring wheat, biological preparations, grain disinfectant, fungicide, grain linear dimensions, grain geometrical characteristics

Для цитирования: Власенко Н.Г., Бурлакова С.В. Влияние предпосевной обработки семян яровой пшеницы на линейные размеры и геометрические характеристики зерна // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 18–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-2>

For citation: Vlasenko N.G., Burlakova S.V. Effect of pre-sowing treatment of spring wheat seeds on linear sizes and geometric grain characteristics. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1. pp 18–24. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-2>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Технологические свойства зерна – это совокупность признаков и показателей качества, характеризующих его состояние в технологических процессах переработки, влияющих на выход и качество муки [1, 2]. Технологические свойства зерна являются производными от группы первичных свойств, которые можно подразделить на физико-химические, биохимические, структурно-механические, теплофизические, а также анатомическое строение зерна. Линейные размеры и форма зерновки оказывают влияние на степень травмируемости семян и качество подработки зерна. По этой причине в селекционной практике стараются отбирать выравненные укороченные зерна округлой формы [3]. Объем зерна и форма связаны с содержанием эндосперма, который обеспечивает фактический выход муки; площадь внешней поверхности определяет интенсивность взаимодействия зерна с окружающей атмосферой; соотношение величины объема и внешней поверхности зерна представляет собой так называемый определяющий размер, роль которого проявляется в процессах теплообмена при хранении, сушке и гидротермической обработке зерна [4–6]. Формы и размеры семян изменчивы и зависят как от почвенных, так и от погодных условий в период вегетации. При изучении физико-механических свойств семян важны не только средние размеры, но и все показатели измен-

чивости отдельных свойств семян зерновых культур [6, 7]. Исследованиям параметров зерновок уделяется большое внимание. На их линейные размеры, форму и анатомическое строение влияют не только погодные условия, но и технология возделывания, а также особенности генотипов сортов [8].

Предпосевная обработка семян биологическими и химическими препаратами приводит к росту урожайности яровой пшеницы и способствует получению зерна с более высокой массой [9, 10].

Цель исследования – изучить влияние предпосевной обработки семян на его линейные и некоторые геометрические характеристики.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Эффективность применения биологических средств защиты растений изучали в полевом эксперименте, заложенном в 2020 г. на стационаре Сибирского научно-исследовательского института земледелия и химизации СФНЦА РАН. Научный опыт проходил в условиях лесостепи Приобья на посевах яровой пшеницы Новосибирская 31 (сорт среднеранний, вегетационный период 70–76 дней), который размещали по паровому предшественнику. Посев осуществляли 14 мая с нормой высева 6 млн всхожих зерен/га. Предпосевная обработка семян включала следующие варианты:

– контроль (без обработки);

– Триходермин, П (*Trichoderma viride*, титр более 6 млрд спор/г), норма расхода – 15 кг/т семян;

– Споробактерин, СП (*Bacillus subtilis* + *Trichoderma viride*, штамм 4097), норма расхода – 0,5 кг/т семян;

– Скарлет, МЭ, химический эталон (имазалил (100 г/л) + тебуконазол (60 г/л), норма расхода – 0,3 л/т семян.

Норма расхода рабочей жидкости 10 л/т семян. Площадь учетной делянки 14,7 м², расположение последовательное в один ярус, повторность четырехкратная. Урожайность пшеницы учитывали прямым комбайнированием, приводили к 100%-й чистоте и 14%-й влажности. В полученном урожае определяли массу 1000 зерен.

Изучали следующие показатели зерновок: длину, ширину, толщину¹, а также рассчитывали их объем, площадь поверхности, сферичность и содержание эндосперма². Объем пробы составлял 100 зерен. Оценку зерновой продукции проводили на электронном микрометре в программе Micro Capture Pro. Статистический анализ экспериментальных данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ Snedecor³.

Метеоданные вегетационного периода 2020 г. существенно отличались от среднеемноголетних значений по температурному режиму и количеству выпавших осадков. Май текущего сезона особенно выделялся по температуре и режиму увлажнения. Температура воздуха в этом месяце превысила среднеемноголетние значения на 6,2 °С, количество осадков было выше нормы в 1,5 раза. В июне температура воздуха находилась на уровне среднеемноголетних значений, приход атмосферной влаги в среднем за месяц отмечен ниже нормы в 2,4 раза. В июле температурный режим превысил среднеемноголетние показатели на 0,6 °С, осадков выпало в 1,2 раза больше нормы. Август был достаточно теплым: температура воздуха превысила среднеемноголетние значения на

2,8 °С. Приход атмосферной влаги в I декаде месяца отмечен в 1,7 раза ниже нормы, во II декаде осадков выпало в 2,2 раза больше среднеемноголетних значений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В вариантах опыта с обработкой семян биологическими препаратами получен достоверный рост урожайности пшеницы относительно контроля: при обработке семян Триходермином – на 0,4 т/га, Споробактерином – на 0,52 т/га (см. табл. 1).

Протравливание посевного материала препаратом Скарлет в условиях текущего года не оказало влияния на урожайность зерна. Однако масса 1000 зерен достоверно повысилась относительно контроля во всех вариантах опыта на 0,80–0,96 г, в варианте с применением фунгицида Скарлет она была наибольшей.

При применении препаратов достоверно изменялись линейные размеры зерновки: длина увеличилась на 5,4 и 6,9% при обработке семян биологическими препаратами, на 10,6% при использовании химического препарата, ширина – на 9,6 и 13,9% соот-

Табл. 1. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и фунгицидом на урожайность и массу 1000 зерен яровой пшеницы Новосибирская 31

Table 1. Influence of pre-sowing seed treatment with biological products and fungicide on yield and weight of 1000 grains of spring wheat Novosibirskaya 31

Вариант	Урожайность, т/га	Масса 1000 зерен, г
Контроль	1,81	30,83
Триходермин	2,21	31,67
Споробактерин	2,33	31,63
Скарлет	1,89	31,79
HCP ₀₅	0,26	0,63

¹Таланов И.П. Растениеводство. Практикум: учеб. пособие для академического бакалавриата 2-е изд. М.: Издательство Юрайт, 2018. 288 с.

²Егоров Г.А. Технология муки. Практический курс. М.: ДеЛи принт, 2007. 143 с.

³Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. 2-е изд. Новосибирск, 2012. 282 с.

ветственно (см. табл. 2). Из трех размеров (длина, ширина и толщина) толщина в наибольшей степени характеризует мукомольные свойства зерна. Установлена высокая коррелятивная связь между толщиной зерна мягкой пшеницы и содержанием в ней эндосперма [11]. При выращивании обработанной перед посевом препаратами пшеницы толщина зерновки увеличивалась на 3,2–3,5% относительно контроля.

Линейные размеры зерна определяют его крупность, которая является важнейшим показателем качества зерна. В крупном зерне больше эндосперма и меньше оболочек, следовательно, выше выход готовых продуктов из зерна [12]. В вариантах, где для предпосевной обработки семян использовали Триходермин и Споробактерин, объем зерновки увеличился на 19,6 и 21,3% относительно контроля, но в большей степени он возрос при использовании фунгицида Скарлет – на

29,3% (см. табл. 3). Площадь поверхности зерновки также оказалась выше на 12,1–19,2% в вариантах с обработкой семян препаратами, наибольшей она была при применении фунгицида Скарлет. Сферичность зерновки также увеличивалась на 6,3–7,8% при посеве обработанными семенами.

Геометрическая характеристика зерна позволила рассчитать содержание в нем эндосперма. Данный показатель при выращивании пшеницы из обработанных биопрепаратами семян увеличивался на 0,76–0,83%, химическим фунгицидом – на 1,14%.

Наименьшее варьирование показателя длины зерновки отмечено в контроле и при применении фунгицида Скарлет ($V = 7,44$ и $7,54\%$). Варьирование показателя ширины зерновки находилось на уровне 10,16–11,37%. Варьирование толщины зерновки уменьшалось от 9,01% в контроле до 7,12–7,28% в опыте. Выявлена коррелятивная

Табл. 2. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и фунгицидом на линейные размеры зерна яровой пшеницы Новосибирская 31

Table 2. Influence of pre-sowing seed treatment with biological products and fungicide on the linear grain size of spring wheat Novosibirskaya 31

Вариант	Показатель				
	Размер, мм	Среднее квадратичное отклонение, S , %	Коэффициент вариации, V , %	Относительная ошибка выборки, S_x , %	Критерий Стьюдента, $t_{ф095}$ и $t_{теор}$
<i>Длина зерновки ($n = 100$)</i>					
Контроль	$6,33 \pm 0,37$	0,47	7,44	1,04	–
Триходермин	$6,67 \pm 0,57$	0,67	10,11	1,42	$8,22 \geq 1,98$
Споробактерин	$6,77 \pm 0,60$	0,76	11,15	1,57	$12,20 \geq 1,98$
Скарлет	$7,00 \pm 0,41$	0,53	7,54	1,07	$44,08 \geq 1,98$
<i>Ширина зерновки ($n = 100$)</i>					
Контроль	$2,73 \pm 0,22$	0,28	10,16	1,45	–
Триходермин	$2,99 \pm 0,26$	0,32	10,75	1,51	$19,00 \geq 1,98$
Споробактерин	$2,99 \pm 0,27$	0,34	11,37	1,61	$17,15 \geq 1,98$
Скарлет	$3,11 \pm 0,25$	0,32	10,26	1,46	$40,46 \geq 1,98$
<i>Толщина зерновки ($n = 100$)</i>					
Контроль	$2,82 \pm 0,21$	0,25	9,01	1,25	–
Триходермин	$2,91 \pm 0,16$	0,21	7,12	1,02	$4,35 \geq 1,98$
Споробактерин	$2,92 \pm 0,17$	0,21	7,23	1,02	$4,82 \geq 1,98$
Скарлет	$2,91 \pm 0,17$	0,21	7,28	1,02	$3,91 \geq 1,98$

Табл. 3. Влияние предпосевной обработки семян биопрепаратами и фунгицидом на геометрические показатели зерна яровой пшеницы Новосибирская 31**Table 3.** Influence of pre-sowing seed treatment with biological products and fungicide on the geometric parameters of spring wheat grain Novosibirskaya 31

Вариант	Объем зерновки, мм ³	Площадь поверхности зерновки, мм ²	Сферичность зерновки	Содержание эндосперма, %
Контроль	25,47 ± 3,99	63,95 ± 6,81	0,64 ± 0,04	82,48 ± 0,61
Триходермин	30,46 ± 5,39	71,67 ± 9,00	0,68 ± 0,04	83,24 ± 0,83
Споровактерин	30,90 ± 5,10	73,13 ± 9,00	0,68 ± 0,04	83,31 ± 0,78
Скарлет	32,93 ± 4,26	76,21 ± 7,66	0,69 ± 0,04	83,62 ± 0,65

связь между показателями массы 1000 зерен и линейными размерами зерна: длиной, шириной и толщиной ($r = 0,92; 0,98$ и $0,97$), а также с объемом зерновки, сферичностью и содержанием эндосперма ($r = 0,98–0,99$). Отношение длины к ширине для зерен пшеницы снижалось от $2,32 : 1$ в контроле до $2,23 : 1$, $2,26 : 1$ и $2,25 : 1$ в вариантах с применением Триходермина, Споробактерина и Скарлет. Отношение ширины к толщине, напротив, немного увеличилось – от $0,97 : 1$ в контроле до $1,03 : 1$; $1,02 : 1$ и $1,07 : 1$ в вариантах опыта. Тем не менее, полученное зерно характеризовалось достаточно выгодным соотношением линейных размеров для условий его переработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработка семян биопрепаратами Триходермин, Споробактерин и фунгицидом Скарлет влияла не только на урожайность зерна и массу 1000 зерен, но и на линейные размеры и геометрические характеристики зерна. Длина зерновки повышалась на 5,4–10,6%, ширина – на 9,6–13,9, толщина – на 3,2–3,5%. В наибольшей степени данные показатели возросли при применении химического фунгицида. Это привело к улучшению геометрических характеристик зерна: объем зерновки увеличился на 19,6–29,3%, площадь поверхности – на 12,1–19,2, ее сферичность – на 6,3–7,8%. Содержание эндосперма в зерне также повысилось на 0,76–1,14%. Кроме того, снизилось

соотношение длины зерновки к ее ширине от $2,32 : 1$ в контроле до $2,23 : 1$; $2,25 : 1$ и $2,26 : 1$ при применении препаратов. Таким образом, препараты Триходермин, Споробактерин и Скарлет, которые применяли для предпосевной обработки семян, оказали положительное влияние на технологические свойства зерна нового урожая.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Осокина Н.М., Костецкая Е.В. Сравнительная оценка зерна яровых пшеницы и тритикале как сырья для изготовления хлеба // Сельское, лесное и водное хозяйство. 2014. № 2.
2. Nuttalla J.G., O'Leary G.J., Panozzo J.F., Walkera C.K., Barlowb K.M., Fitzgerald G.J. Models of grain quality in wheat – A review // Field Crops Research. 2017. Vol. 202. P. 136–145. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.12.011.
3. Фомина М.Н., Аверьясова Ю.С. Геометрическая характеристика зерна голозерных сортов овса в зоне северной лесостепи Тюменской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 3 (52). С. 4–9.
4. El Fawal Y.A., Tawfik M.A., El Shal A.M. Study on physical and engineering properties for grains of some field crops // Misr Journal of Agricultural Engineering. 2009. Vol. 26 (4). P. 1933–1951.
5. Kheiralipour K., Karimi M., Tabatabaefar A., Naderi M., Khoubakht G., Heidarbeigi K. Moisture-Depend Physical Properties of Wheat (*Triticum aestivum* L.) // Journal of Agricultural Technology. 2008. Vol. 53. P. 53–64.

6. Šýkorová A., Šárka E., Bubník Z., Schejbal M., Dostálek P. Size distribution of barley kernels // *Czech Journal of Agricultural Technology*, 2009. Vol. 27. N 4. P. 249–258. DOI: 10.17221/26/2009–CJFS.
7. Евченко А.В. Анализ физико-механических свойств семян зерновых культур // Вестник Красноярского ГАУ. 2016. № 8. С. 144–149.
8. Тоболова Г.В. Геометрическая характеристика зерна тетраплоидного вида *Triticum carthlicum* Nevski. в условиях Северной лесостепи Тюменской области // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 9. С. 40–43.
9. Слободчиков А.А. Влияние средств защиты растений на продуктивность сортов яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 2. С. 10–14. DOI: 10.24411/0235–2451–2020–10202.
10. Перцева Е.В., Васин В.Г., Бурлака Г.А. Влияние предпосевной обработки семян на продуктивность яровой пшеницы // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 3 (47). С. 78–85. DOI: 10.18286/1816–4501–2019–3–78–86.
11. Рындин А.Ю. Физические методы определения качества зерна: анализ источников // Вестник НГИЭИ. 2013. № 12 (31). С. 72–82.
12. Кравченко Н.С., Ионова Е.В., Вожжова Н.Н., Олдырева И.М. Качественные показатели зерна и муки сортов и линий озимой мягкой пшеницы // Зерновое хозяйство России. 2018. № 5 (59). С. 6–10. DOI: 10.31367/2079–8725–2018–59–5–6–10.
1. Osokina N.M., Kostetskaya E.V. Comparative evaluation of spring wheat and triticale as feedstock for the bread production. *Sel'skoe, lesnoe i vodnoe khozyaistvo = Agriculture, Forestry and Water Management*, 2014, no. 2. (In Russian).
2. Nuttalla J.G., O'Leary G.J., Panozsoa J.F., Walkera C.K., Barlowb K.M., Fitzgerald G.J. Models of grain quality in wheat – A review. *Field Crops Research*, 2017, vol. 202, pp. 136–145. DOI: 10.1016/j.fcr.2015.12.011.
3. Fomina M.N., Aver'yasova Yu.S. Geometric characteristics of grain of naked oats varieties in the northern forest-steppe zone of the Tyumen region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2016, no. 3 (52), pp. 4–9. (In Russian).
4. El Fawal Y.A., Tawfik M.A., El Shal A.M. Study on physical and engineering properties for grains of some field crops. *Misr Journal of Agricultural Engineering*, 2009, vol. 26 (4), pp. 1933–1951.
5. Kheiralipour K., Karimi M., Tabatabaeefar A., Naderi M., Khoubakht G., Heidarbeigi K. Moisture-Depend Physical Properties of Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agricultural Technology*, 2008, vol. 53, pp. 53–64.
6. Šýkorová A., Šárka E., Bubník Z., Schejbal M., Dostálek P. Size distribution of barley kernels. *Czech Journal of Food Sciences*, 2009, vol. 27, no. 4, pp. 249–258. DOI: 10.17221/26/2009–CJFS.
7. Evchenko A.V. Analysis of physical and mechanical properties of grain crops seeds. *Vestnik KrasGAU = The Bulletin of KrasGAU*, 2016, no. 8, pp. 144–149. (In Russian).
8. Tobolova G.V. Geometric characteristics of grain tetraploid species *Triticum carthlicum* Nevski. in the forest-steppe of the Tyumen region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2013, no. 9, pp. 40–43. (In Russian).
9. Slobodchikov A.A. The influence of plant protection products on the yield of spring wheat varieties. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2020, vol. 34, no. 2, pp. 10–14. (In Russian). DOI: 10.24411/0235–2451–2020–10202.
10. Pertseva E.V., Vasin V.G., Burlaka G.A. Influence of pre-sowing seed treatment on productivity of spring wheat. *Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii = Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*, 2019, no. 3 (47), pp. 78–85. (In Russian). DOI: 10.18286/1816–4501–2019–3–78–86.
11. Ryndin A.Yu. Physical methods of defining grain quality: analysis of sources. *Vestnik NGI-EI = Bulletin NGIEI*, 2013, no. 12 (31), pp. 72–82. (In Russian).
12. Kravchenko N.S., Ionova E.V., Vozhzhova N.N., Oldyreva I.M. Qualitative traits of grain and flour of the winter soft wheat lines. *Zernovoe khozyaistvo Rossii = Grain Economy of Russia*, 2018, no. 5 (59), pp. 6–10. (In Russian). DOI: 10.31367/2079–8725–2018–59–5–6–10.

REFERENCES

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Власенко Н.Г.**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: vlas_nata@ngs.ru

Бурлакова С.В., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Natalia G. Vlasenko**, Doctor of Science in Biology, Head Researcher, Head of Laboratory; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: vlas_nata@ngs.ru

Svetlana V. Burlakova, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи 10.10.2020

Received by the editors 10.10.2020

РОЛЬ СОРТА И ПРЕДШЕСТВЕННИКА В ДИНАМИКЕ ЧИСЛЕННОСТИ *RHIZOCTONIA SOLANI* В ПОЧВЕ

Малюга А.А., Чуликова Н.С.

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Проведены многолетние (2014–2019) исследования динамики численности гриба *Rhizoctonia solani* KÜCH. в почве под сортами картофеля Purple Majesty, Vitelotte и Фиолетовый и предшественниками (картофель, овес и горчица сарептская). Исследования проходили в Новосибирской области в почвенно-климатических условиях, типичных для лесостепной зоны Западной Сибири. Для изучения особенностей динамики численности гриба *R. solani* в посадках картофеля осуществляли отбор почвенных проб под растениями в течение всего периода вегетации. Количество пропагул ризоктонии в почве определяли с помощью метода множественных почвенных таблеток. Установлены различия в численности и скорости накопления гриба *R. solani* под различными сортами, а также влияние на этот процесс предшествующих культур. Под сортом Purple Majesty наблюдали два пика численности гриба: первый (48,7 пропагулы/100 г почвы) – в период полных всходов, второй (57,2 пропагулы/100 г почвы) – в конце фазы созревания культуры. У сортообразцов Vitelotte и Фиолетовый наблюдали один пик в динамике численности гриба в конце периода созревания (59,0 и 49,1 пропагулы/100 г почвы соответственно). Наименьшая численность гриба *R. solani* в почве в среднем за период вегетации отмечена под сортом Фиолетовый – 33,3 пропагулы/100 г почвы. У сортов Purple Majesty и Vitelotte данный показатель составлял 41,5 и 40,4 пропагулы/100 г почвы соответственно. При возделывании в монокультуре сорта картофеля Agata идет быстрое и значительное накопление гриба *R. solani* в почве (от 34,6 до 126,8 пропагулы/100 г почвы). Если данный сортообразец культивируется после горчицы сарептской или овса, численность возбудителя варьирует в меньшей степени (25,1–52,2 и 19,8–41,0 пропагулы/100 г почвы соответственно). Резких подъемов численности propagative структур фитопатогена в почве не отмечено.

Ключевые слова: ризоктониоз картофеля, сорт, предшественник, динамика численности, почва

THE ROLE OF VARIETY AND FORECROP IN THE POPULATION DYNAMICS OF *RHIZOCTONIA SOLANI* IN SOIL

Malyuga A.A., Chulikova N.S.

Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia

Long-term studies (2014–2019) of the population dynamics of the fungus *Rhizoctonia solani* KÜCH. were carried out in the soil on the Purple Majesty, Vitelotte and Fioletovy potato varieties and preceding crops (potatoes, oats and tendergreen). The study was carried out in Novosibirsk region in the soil and climatic conditions typical of the forest-steppe zone of Western Siberia. To study the peculiarities of *R. solani* fungus population dynamics in potato plantations, soil samples were taken from under the plants during the entire growing season. The accumulation of rhizoctonia propagules in the soil was determined using the method of multiple soil pellets. The difference in the amount and rate of accumulation of the fungus *R. solani* on different varieties, as well as the influence of previous crops on this process, was established. Two peaks of the fungus accumulation were observed on the Purple Majesty variety: the first (48.7 propagules/100 g of soil) – during the full germination period, the second (57.2 propagules/100 g of soil) – at the end of the crop maturation phase. One peak was observed in the population dynamics of the fungus on Vitelotte and Fioletovy varieties, at the end of the ripening period (59.0 and 49.1 propagules/100 g soil, respectively). The smallest amount of *R. solani* fungus in the soil on average during the growing season was noted on the Fioletovy variety – 33.3 propagules/100 g of soil. In the Purple Majesty and Vitelotte varieties, this figure was 41.5 and

40.4 propagules/100 g of soil, respectively. When potato variety Agata was cultivated as monoculture, there was a rapid and significant accumulation of the fungus *R. solani* in the soil (from 34.6 to 126.8 propagules/100 g of soil). When this variety was cultivated following tendergreen or oats, the amount of the pathogen varied to a lesser extent (25.1–52.2 and 19.8–41.0 propagules/100 g of soil, respectively). No sharp increases in the number of propagative structures of the phytopathogen in the soil were noted.

Keywords: potato rhizoctonia, variety, forecrop, population dynamics, soil

Для цитирования: Малуго А.А., Чуликова Н.С. Роль сорта и предшественника в динамике численности *Rhizoctonia solani* в почве // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 25–32. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-3>

For citation: Malyuga A.A., Chulikova N.S. The role of variety and forecrop in the population dynamics of *Rhizoctonia solani* in soil. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaystvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 25–32. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-3>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Сложность контроля такого заболевания, как ризоктониоз, определяется экологической пластичностью и широкой специализацией возбудителя, сложностью его патологического процесса. Гриб *Rhizoctonia solani* Kühn. может существовать в широком диапазоне температур и влажности почвы, поэтому болезнь вредоносна как при низких и высоких температурах, так и при высокой и низкой влажности почвы.

В настоящее время описано 16 анастомозных групп возбудителя ризоктониоза картофеля. Число их может увеличиваться по мере расширения исследований. Одни группы широко специализированы и поражают большой круг растений, другие – только определенные виды, некоторые группы, такие как Ag 6, Ag 7, Ag 10 и Ag BI, не являются патогенами растений¹ [1–3]. Изоляты из анастомозных групп Ag 1, Ag 2, Ag 4 и Ag 5 широко специализированы, узкоспециализирована группа Ag 3, которая поражает лишь пасленовые, Ag 8 – злаки и картофель, Ag 9 – крестоцветные и картофель, Ag 11 – пшеницу [2–9].

Ряд штаммов гриба, поражающих картофель, может развиваться на остатках кукурузы, соломе, особенно в послеуборочный

период, когда отсутствуют основные источники питания.

Источником инфекции служат больные растения картофеля и клубни, а также многие культурные и сорные растения (осот, хвощ, лебеда и др.). Возбудитель болезни имеет несколько способов передачи. Главным фактором передачи возбудителя из года в год является почва. Численность возбудителя в пахотных почвах Сибири колеблется от 0 до 20 пропагул на 100 г воздушно-сухой почвы, более инфицированы почвы после посадок картофеля. Больные клубни картофеля – один из основных факторов передачи возбудителя: частота ее составляет от 29 до 70%. Передача возбудителя в течение сезона происходит также базидиоспорами при повышенной влажности воздуха (86–96% и более) воздушно-капельным путем, однако этот механизм передачи имеет дополнительное значение. Таким образом, циркуляция возбудителя в природе происходит вследствие сочетания почвенного и клубневого механизма передачи из года в год с дополнительным воздушно-капельным в течение сезона. Для защиты посадок картофеля от ризоктониоза необходимо использовать приемы и методы, позволяющие снизить исходный запас инфекции возбудителя в почве и на клубнях [10].

¹Carling D.E., Sumner D.R. *Rhizoctonia*. University of Alaska, Fairbanks, Palmer, AK 99645 and University of Georgia, Tifton, GA 31793 (representatively). 1990. 10 p.

При борьбе с возбудителем ризоктониоза простым протравливанием клубней часто не обойтись. Накопление значительного количества инфекции в почве севооборотов специализированных картофелеводческих и овощеводческих хозяйств способно привести к массовому поражению растений картофеля ризоктониозом даже в случаях исключения семенной инфекции. Основная роль в развитии ризоктониоза принадлежит почвенному инокулюму (псевдосклероции *R. solani* Kühn. сохраняются в почве в течение 2–6 лет даже при отсутствии картофеля)² [11]. Для успешного построения стратегии и тактики защиты картофеля от этого заболевания необходимы знания о количестве пропативных структур возбудителя в почве и роли сортов и предшественников в патологическом процессе.

Цель работы – выявить численность гриба *R. solani* Kühn. в почве под картофелем различных сортов и под культурой, возделываемой после разных предшественников.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в Новосибирской области в почвенно-климатических условиях, типичных для лесостепной зоны Западной Сибири.

Почвенный покров стационара представлен типичным для района черноземом выщелоченным среднесуглинистым со следующей агрохимической характеристикой пахотного слоя почвы (0–30 см): гумус (по Тюрину) около 5,0%, общий азот (по Кьельдалю) – 0,34 мг/100 г почвы, фосфор и калий (по Чирикову) – 29,0 и 13,0 мг/100 г почвы соответственно, pH = 6,7–6,8.

Периоды вегетации 2014–2019 гг. характеризовались различными погодными условиями. ГТК за период вегетации картофеля (май – август) по Селянинову в 2014 г. составил 0,71, 2015 г. – 1,33, 2016 г. – 0,76, 2017 и 2018 гг. – 1,30, 2019 г. – 1,00. Соот-

ветственно в 2014 г. наблюдали слабую засуху, 2016 и 2019 гг. оказались недостаточно влагообеспеченными, в 2015, 2017 и 2018 гг. уровень тепловлагообеспеченности был оптимальным для растений.

Основные элементы технологии возделывания картофеля соответствовали общепринятым для данного района [12]. Агротехника картофеля включала зяблевую безотвальную обработку, ранневесеннее боронование, культивацию (15–20 см), нарезку гребней. Посадку производили в борозды с последующим закрытием почвой. Уход за посадками включал следующие приемы:

- гербицидные обработки (Метрифар 70, ВГ (д.в. метрибузин 700 г/кг, норма расхода 0,7–1,4 л/га) и Боксер, КЭ (д.в. просульфокarb 800 г/л, норма расхода 3–5 л/га));
- междурядные обработки, окучивание;
- обработки по вегетации против вредителей (Децис, КЭ (д.в. альфа-циперметрин 100 г/л, норма расхода 0,1 л/га));
- обработки против болезней (Ревус Топ, СК (д.в. дифконазол 250,0 г/л и мандипропамид 250,0 г/л, норма расхода 0,6 л/га)).

Перед уборкой проведена десикация ботвы Реглоном Супер, ВР (д.в. дикват 150 г/л, норма расхода 2 л/га).

Опыт закладывали согласно методике проведения полевых исследований³. Повторность опыта двукратная, число растений в повторности 20. Густота посадки 35,7 тыс. растений/га, площадь питания 0,4 на 0,7 м.

Эксперименты проводили на фоне естественного заселения почвы возбудителем ризоктониоза картофеля (2 года подряд на одном и том же участке земли высаживали картофель, что позволило сформировать указанный выше фон). Особенности динамики численности *R. solani* под цветными сортами картофеля Purple Majesty, Vitelotte и Фиолетовый изучали, высадив их на почвенном инфекционном фоне после картофеля по картофелю. Посадки раннего картофе-

²Шалдяева Е.М., Пилипова Ю.В., Шатунова М.П. Оптимизация фитосанитарного состояния овощных и специализированных севооборотов в Западной Сибири. Фитосанитарное оздоровление экосистем: материалы второго Всерос. съезда по защите растений (Санкт-Петербург, 5–10 декабря 2005 г.). СПб., 2005. Т. 1. С. 585–586.

³Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: «Книга по требованию», 2012. 351 с.

ля сорта Agata разместили после различных предшественников (картофель, овес и горчица сарептская), также культивированных на почвенном инфекционном фоне *R. solani*.

Для изучения особенностей динамики численности гриба *R. solani* в посадках картофеля проводили отбор почвенных проб под растениями перед посадкой (май), в фазу полных всходов (июнь), в период бутонизации – начала цветения (июль) и в фазу созревания культуры (август – сентябрь) перед уборкой урожая. Количество пропагул ризоктонии в почве определяли с помощью метода множественных почвенных таблеток. Из среднего почвенного образца отбирали 40–50 г почвы, просеивали на сите с мешем 2 мм, влажность доводили до 18%, затем растирали до однородного состояния. Посев производили таблетками с помощью пробоотборника [13] по 10 чашек на один образец (в каждой чашке 15 таблеток) и одна чашка на сухую массу (15 таблеток) для дальнейших пересчетов на селективную среду Ко и Хора [14].

Численность определяли весной перед посадкой (исходная); летом в фазы полных

всходов и бутонизации – начала цветения; осенью перед уборкой урожая.

Селективная среда Ко и Хора из расчета на 1 л дистиллированной воды: агар – 20,0 г; K_2HPO_4 – 1,0 г; $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,5 г; KCl – 0,5 г; $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ – 0,01 г; $NaNO_2$ – 0,2 г. Стерилизация в течение 35 мин при 1 атм. После стерилизации добавляли галловую кислоту (0,4 г), стрептомицин (0,05 г) и левомицитин (0,05 г).

Пересчет количества пропагул на 100 г сухой почвы проводили по формуле

$$X = \frac{B \cdot 100}{A},$$

где B – число пропагул в 150 таблетках; A – число почвы в 150 таблетках, г; X – число пропагул в 100 г почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что количество гриба *R. solani* в почве варьировало в зависимости от сорта (см. рис. 1).

Под сортом картофеля Purple Majesty наблюдали два пика численности гриба в почве: первый (48,7 пропагулы/100 г почвы) – в

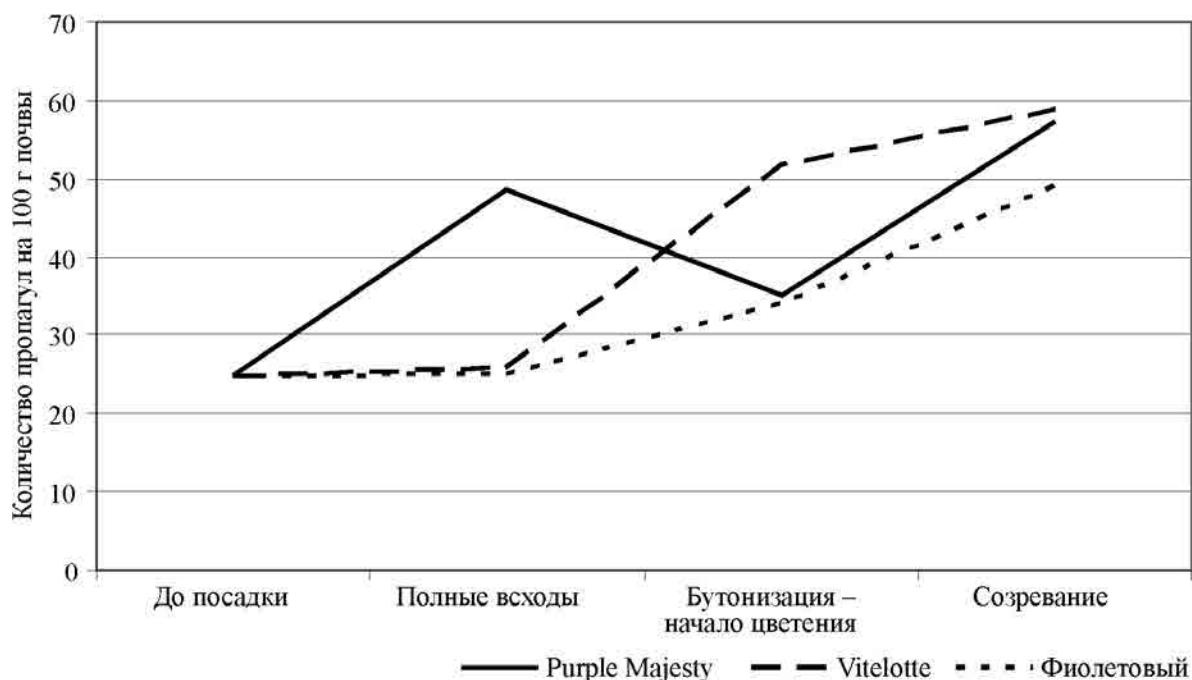


Рис. 1. Динамика численности пропагул *R. solani* в почве под разными сортами картофеля (среднее за 2017–2019 гг.)

Fig. 1. Population dynamics of *R. solani* propagules in soil on different potato varieties (average for 2017–2019)

период полных всходов, второй (57,2 пропагулы/100 г почвы) – в конце фазы созревания культуры. Первый пик численности отмечен в начале вегетации – периода прорастания клубней. Это, вероятно, вызвано тем, что корневые выделения растений данного сорта-хозяина простимулировали прорастание спор гриба *R. solani* и произошло активное заселение почвы данным патогеном. В ряде исследований отмечено, что экссудаты растений влияют на развитие возбудителя черной парши и могут обеспечивать как лучшие возможности по его проникновению и инфицированию [15], так и подавлять развитие патогена [16, 17].

Второй пик численности *R. solani* для данного сорта наблюдали в фазу созревания культуры (август), что, очевидно, связано с высокой сапрофитной активностью гриба. В результате в почву поступило большое количество зараженных растительных остатков [1, 18].

У сортов Vitelotte и Фиолетовый отмечен один пик в динамике численности (соответственно 59,0 и 49,1 пропагулы/100 г почвы) в конце периода созревания. Количество пропаг в почве под этими двумя сортами во время посадки и в период всходов было практически одинаковым, но к фазе бутонизации – начала цветения у сорта Vitelotte наблюдали резкий скачок численности гриба – от 25,9 до 51,9 пропагулы/100 г почвы с дальнейшим ее ростом до 59,0 пропагулы/100 г почвы. Подобное явление, возможно, объясняется тем, что в растениях картофеля к этому периоду идет быстрое накопление значительного количества углеводов и белковых веществ, представляющих хороший субстрат для развития и активного использования их грибом в качестве источника питания, что, в свою очередь, способствует резкому возрастанию его паразитических свойств⁴.

У сорта Фиолетовый отмечен плавный рост количества пропаг в почве в сравнении с двумя другими сортами (25,1 пропагулы/100 г почвы в фазу всхо-

дов, 34,2 – бутонизации – начала цветения и 49,1 пропагулы/100 г почвы в период созревания). Показатели численности гриба под этим сортом были наименьшими.

Динамика развития гриба *R. solani* в почве на одном и том же сорте, выращенном по разным предшественникам, также варьирует. Так, при возделывании картофеля сортаобразца Agata в монокультуре в начале периода вегетации отмечено снижение количества пропаг в почве от 50,4 до 34,6 на 100 г почвы. В дальнейшем наблюдали один пик численности возбудителя ризоктониоза, причем накопление возбудителя в почве происходило очень быстро. Данный показатель в фазу полных всходов составлял 34,6 пропагулы/100 г почвы, в периоды бутонизации – начала цветения и созревания был в 1,6 и 3,7 раза больше соответственно (см. рис. 2).

При культивировании картофеля сорта Agata после горчицы сарептской или овса в динамике гриба *R. solani* отмечено два пика численности. Первый приходился на фазу полных всходов (июнь), второй – на период созревания культуры (август). Первый пик на данных предшествующих культурах совпадал с самой низкой численностью фитопатогена при возделывании картофеля по картофелю бессменно.

Количество возбудителя в почве после овса и горчицы было ниже по сравнению с монокультурой в фазу созревания в 2,5–3,1 раза. Накопление инфекционного начала в почве после данных предшественников также происходило, но скорость и динамика этого накопления в сравнении с монокультурой оказались несколько другими. Так, от посадки до фазы всходов наблюдали рост численности гриба (в 1,6–1,7 раза в сравнении с исходной), к периоду бутонизации – начала цветения количество патогена в почве плавно уменьшалось, затем опять наблюдали его подъем. При культивировании сорта Agata после горчицы второй пик был ниже первого в 1,1 раза, после овса – в

⁴Почанина Л.Д. Особенности патогенеза ризоктониоза картофеля и иммунологическая оценка сортов к заболеванию: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Самохваловичи, 1977. 22 с.



Рис. 2. Динамика численности пропагул *R. solani* при возделывании картофеля сорта Agata по разным предшественникам (среднее за 2014–2016 гг.)

Fig. 2. Population dynamics of *R. solani* propagules in the cultivation of Agata potatoes followed by different forecrops (average for 2014–2016)

1,2 раза. Можно предположить, что после разложения пожнивных остатков горчицы и овса вещества, находившиеся в них, попали в почву и способствовали подавлению патогена и оздоровлению почвы [16, 17].

ВЫВОДЫ

1. Установлены различия в численности и скорости накопления гриба *R. solani* под различными сортами картофеля, а также влияние на этот процесс предшествующих культур.

2. Динамика численности гриба *R. solani* в почве по сортам различается. Наименьшая численность возбудителя ризоктониоза картофеля в почве в среднем за период вегетации отмечена под сортообразцом Фиолетовый – 33,3 пропагулы/100 г почвы, у Purple Majesty и Vitelotte – 41,5 и 40,4 пропагулы/100 г почвы соответственно.

3. При возделывании в монокультуре картофеля Agata идет быстрое и значительное накопление гриба *R. solani* в почве (от 34,6 до 126,8 пропагулы/100 г почвы). Если данный сортообразец культивируется после горчицы сарептской или овса, то численность возбудителя варьирует в меньшей сте-

пени (25,1–52,2 и 19,8–41,0 пропагулы/100 г почвы соответственно), резких подъемов численности propagative structures of the pathogen in the soil is not noted.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ogoshi A., Cook R.J., Bassett E.H. *Rhizoctonia* species and anastomosis groups causing root rot of wheat and barley in the Pacific Northwest // *Phytopathology*. 1990. Vol. 80. P. 784–788.
2. Sneh B., Burpee L., Ogoshi A. Identification of *Rhizoctonia* species. St. Paul, MN, USA: APS Press. 1991. 133 p.
3. Sneh B., Jabaji-Hare S., Neate S., Dijst G. *Rhizoctonia* species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Control. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers. 1996. 578 p.
4. Дьяков Ю.Т. Популяционная биология фитопатогенных грибов: монография. М., 1998. 204 с.
5. Пилипова Ю.В., Шалдяева Е.М., Чулкина В.А. Ризоктониоз картофеля в северной лесостепи Приобья. Патогенез ризоктониоза картофеля при разных факторах передачи возбудителя // *Вестник защиты растений*. 2004. № 2. С. 62–67.

6. Ogoshi A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. // Annual Review Phytopathology. 1987. Vol. 25. P. 125–143.
 7. Kronland W.C., Stanghellini M.E. Clean slide technique for the observation of anastomosis and nuclear condition of *Rhizoctonia solani* // Phytopathology. 1988. Vol. 78. P. 820–822.
 8. Carling D.E., Leiner R.H. Effect of temperature of virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato // Phytopathology. 1990. Vol. 80 (10). P. 930–934.
 9. Cubeta M.A., Vilgalys R. Population biology of the *Rhizoctonia solani* complex // Phytopathology. 1997. Vol. 87. P. 480–484.
 10. Малюга А.А., Коняева Н.М., Енина Н.Н., Фисечко Р.Н., Орлова Е.А., Сафонова А.Д., Николаева А.А. Система защиты картофеля от болезней и вредителей в Новосибирской области: монография. Новосибирск: «Ревик-К», 2003. 140 с.
 11. Иванюк В.Г., Александров О.Т. Особенности проявления ризоктониоза картофеля в Белоруссии // Микология и фитопатология. 2000. Вып. 34 (5). С. 51–59.
 12. Овощные культуры и картофель в Сибири. Новосибирск, 2010. 507 с.
 13. Henis Y., Ghaffar A., Baker R.G., Gillespie S.L. A new pellet soil-sample and its use for the study of population dynamics of *Rhizoctonia solani* // Phytopathology. 1978. Vol. 68. P. 371–376.
 14. Ko W., Hora F.K. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil // Phytopathology. 1971. Vol. 61. P. 707–710.
 15. Parmeter J.R. *Rhizoctonia solani: Biology of Pathology*. Berkeley: University of California press. 1970. 255 p.
 16. Малюга А.А., Маринкина Г.А., Щеглова О.В. Влияние предшественников и экстрактов из них на возбудителя ризоктониоза картофеля // Вестник НГАУ. 2010. № 4 (16). С. 18–21.
 17. Малюга А.А., Маринкина Г.А., Баранов Д.С., Васильев В.Г. Роль предшественников в борьбе с ризоктониозом картофеля // Защита и карантин растений. 2011. № 1. С. 28–30.
 18. Herr L.J. Population of *Rhizoctonia solani* in soil under in rotation with sugar beet // Annals Applied Biology. 1987. Vol. 110. P. 413–422.
- ## REFERENCES
1. Ogoshi A., Cook R.J., Bassett E.H. *Rhizoctonia* species and anastomosis groups causing root rot of wheat and barley in the Pacific Northwest. *Phytopathology*, 1990, vol. 80, pp. 784–788.
 2. Sneh B., Burpee L., Ogoshi A. *Identification of Rhizoctonia species*. St. Paul, MN, USA: APS Press, 1991, 133 p.
 3. Sneh B., Jabaji-Hare S., Neate S., Dijst G. *Rhizoctonia species: Taxonomy, Molecular Biology, Ecology, Pathology and Control*. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996, 578 p.
 4. D'yakov Yu.T. *Population biology of phytopathogenic fungi*. M., 1998, 204 p. (In Russian).
 5. Pilipova Yu.V., Shaldyaeva E.M., Chulkina V.A. Potato rhizoctonia disease in the northern forest-steppe of the Ob region. Pathogenesis of potato rhizoctonia with different factors of transmission of the pathogen. *Vestnik zashchity rastenii = Plant Protection News*, 2004, no. 2, pp. 62–67. (In Russian).
 6. Ogoshi A. Ecology and pathogenicity of anastomosis and intraspecific groups of *Rhizoctonia solani* Kühn. *Annual Review Phytopathology*, 1987, vol. 25, pp. 125–143.
 7. Kronland W.C., Stanghellini M.E. Clean slide technique for the observation of anastomosis and nuclear condition of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 1988, vol. 78, pp. 820–822.
 8. Carling D.E., Leiner R.H. Effect of temperature of virulence of *Rhizoctonia solani* and other *Rhizoctonia* on potato. *Phytopathology*, 1990, vol. 80 (10), pp. 930–934.
 9. Cubeta M.A., Vilgalys R. Population biology of the *Rhizoctonia solani* complex. *Phytopathology*, 1997, vol. 87, pp. 480–484.
 10. Malyuga A.A., Konyaeva N.M., Enina N.N., Fisechko R.N., Orlova E.A., Safonova A.D., Nikolaeva A.A. *System of protection of potatoes from diseases and pests in Novosibirsk region*. Novosibirsk: Revik-K Publ., 2003, 140 p. (In Russian).
 11. Ivanyuk V.G., Aleksandrov O.T. Features of the manifestation of potato rhizoctoniae in Belarus. *Mikologiya i fitopatologiya = Mycology and phytopathology*, 2000, release. 34 (5), pp. 51–59. (In Russian).
 12. *Vegetable crops and potatoes in Siberia*. Novosibirsk, 2010, 507 p. (In Russian).
 13. Henis Y., Ghaffar A., Baker R.G., Gillespie S.L. A new pellet soil-sample and its use for the

- study of population dynamics of *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 1978, vol. 68, pp. 371–376.
14. Ko W., Hora F.K. A selective medium for the quantitative determination of *Rhizoctonia solani* in soil. *Phytopathology*, 1971, vol. 61, pp. 707–710.
15. Parmeter J.R. *Rhizoctonia solani: Biology of Pathology*. Berkeley: University of California press, 1970, 255 p.
16. Malyuga A.A., Marinkina G.A., Shcheglova O.V. Influence of forecrops and extracts from them on the causative agent of potato rhizoctonia. *Vestnik NGAU = Bulletin of NSAU*, 2010, no. 4 (16), pp. 18–21. (In Russian).
17. Malyuga A.A., Marinkina G.A., Baranov D.S., Vasil'ev V.G. The precursors' role in the control of potato rhizoctonia. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2011, no. 1, pp. 28–30. (In Russian).
18. Herr L.J. Population of *Rhizoctonia solani* in soil under in rotation with sugar beet. *Annals Applied Biology*, 1987, vol. 110, pp. 413–422.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Малюга А.А.**, доктор сельскохозяйственных наук, заместитель руководителя по научной работе, главный научный сотрудник: **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: anna_malyuga@mail.ru

Чуликова Н.С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Anna A. Malyuga**, Doctor of Science in Agriculture, Deputy Head for Research, Head Researcher; **address:** PO BOX 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: anna_malyuga@mail.ru

Natalia S. Chulikova, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Дата поступления статьи 09.10.2020
Received by the editors 09.10.2020



СКРИНИНГ СОРТООБРАЗЦОВ ПШЕНИЦЫ РОССИЙСКОЙ СЕЛЕКЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ

Агапова В.Д., Ваганова О.Ф., Кудинова О.А., Волкова Г.В.

Федеральный научный центр биологической защиты растений

Краснодар, Россия

Представлены результаты иммунологической оценки сортобразцов озимой твердой и озимой мягкой пшеницы селекции Аграрного научного центра «Донской» на устойчивость к бурой ржавчине. Опыт проведен на территории Краснодарского края в 2016–2019 гг. Скрининг 86 селекционных образцов (63 сортобразца озимой твердой пшеницы и 23 образца озимой мягкой пшеницы) осуществляли в условиях искусственного инфекционного фона. Для заражения растений использовали популяцию, собранную во время маршрутных обследований производственных и селекционных посевов озимой пшеницы. Оценка сортобразцов проводили по двум критериям: типу реакции (в баллах) и степени поражения (в процентах) в период максимального развития болезни. Скрининг образцов осуществляли в течение трех вегетационных сезонов, для второго и третьего года изучения отбирали устойчивые сортобразцы с типом реакции 1,2 балла и степенью поражения не больше 10%. Степень поражения на контроле по восприимчивости достигала от 50 до 80%. В результате исследования образцы озимой твердой пшеницы ранжированы следующим образом: устойчивые – 16 образцов, среднеустойчивые – 26, средневосприимчивые – 20, восприимчивые – 1. Среди образцов озимой мягкой пшеницы выделили 6 устойчивых образцов; 11 среднеустойчивых; 5 средневосприимчивых, 1 восприимчивый. За 3 года исследований выявлены 16 устойчивых образцов озимой твердой пшеницы (465/15, 502/15, 515/15, 537/15, 597/15, 663/15, 681/15, 694/15, 730/15, 742/15, 753/15, 979/15, 996/15, 993/12, 1035/15, 417/13) и 6 устойчивых образцов озимой мягкой пшеницы (134/11, 1415/11, 1765/14, 1074/14, 1813/14, Танаис). В результате проведенного скрининга обнаружен высокий процент устойчивых сортобразцов к бурой ржавчине. Выделенные источники устойчивости рекомендованы для включения в программы селекции пшеницы на устойчивость к патогену в Российской Федерации.

Ключевые слова: пшеница озимая, бурая ржавчина, *Puccinia triticina*, источники устойчивости, селекция

SCREENING OF WHEAT VARIETIES OF THE RUSSIAN BREEDING FOR RESISTANCE TO BROWN RUST

Agapova V.D., Vaganova O.F., Kudinova O.A., Volkova G.V.

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection

Krasnodar, Russia

The results of immunological assessment of varieties of durum and soft winter wheat bred by the Agrarian Scientific Center Donskoy for resistance to leaf rust are presented. The experiment was carried out in Krasnodar Territory in 2016–2019. Screening of 86 selection samples (63 varieties of durum winter wheat and 23 samples of soft winter wheat) was carried out in an artificial infectious environment. To infect plants, a population collected during route surveys of production and selection crops of winter wheat was used. The varieties were assessed according to two criteria: the type of

reaction (in points) and the degree of damage (in percent) during the period of maximum disease development. Screening of the samples was carried out during three growing seasons; for the second and third years of the study, resistant varieties were selected with the reaction type of 1.2 points and the degree of damage of no more than 10%. The degree of damage on the susceptibility control reached from 50 to 80%. As a result of the study, the samples of durum winter wheat were ranked as follows: 16 resistant samples, 26 medium-resistant, 20 medium-susceptible, 1 susceptible. Among the samples of soft winter wheat, 6 resistant samples were identified, 11 medium-resistant, 5 medium-susceptible, 1 susceptible. Over 3 years of research, 16 resistant samples of durum winter wheat were identified (465/15, 502/15, 515/15, 537/15, 597/15, 663/15, 681/15, 694/15, 730/15, 742 / 15, 753/15, 979/15, 996/15, 993/12, 1035/15, 417/13) as well as 6 resistant samples of soft winter wheat (134/11, 1415/11, 1765/14, 1074/14, 1813/14, Tanais). As a result of the screening, a high percentage of varieties resistant to leaf rust was found. The sources of resistance that were identified have been recommended to be included in wheat breeding programs for pathogen resistance in the Russian Federation.

Keywords: winter wheat, brown rust, *Puccinia triticina*, sources of resistance, breeding

Для цитирования: Агапова В.Д., Ваганова О.Ф., Кудинова О.А., Волкова Г.В. Скрининг сортообразцов пшеницы российской селекции на устойчивость к бурой ржавчине // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 33–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-5>

For citation: Agapova V.D., Vaganova O.F., Kudinova O.A., Volkova G.V. Screening of wheat varieties of the Russian breeding for resistance to brown rust. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1. pp. 33–41. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Финансовая поддержка

Исследования выполнены согласно Государственному заданию Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0008.

Financial support

The research was carried out in accordance with the State order of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the framework of research work on the topic No. 0686-2019-0008.

Благодарность

Выражаем благодарность коллективу АНЦ «Донской» за предоставленные для изучения коллекционные образцы пшеницы.

Acknowledgments

We would like to express our gratitude to the team of the Agrarian Scientific Center "Donskoy" for the collection wheat samples provided for the study.

ВВЕДЕНИЕ

Пшеница – одна из самых востребованных сельскохозяйственных культур в России. По данным Росстата Российской Федерации, она занимает лидирующее место по посевным площадям в стране (27,7 млн га)¹. Повышенный интерес к данной культуре можно объяснить высокой питательной ценностью продуктов, получаемых в результате переработки зерна [1]. Согласно прогнозам, к 2050 г. спрос на пшеницу вырастет на 60%, а снижение ее урожайности ожидается

на 29% из-за климатических факторов, болезней и вредителей [2]. Наиболее приемлемым и экономически выгодным способом повышения урожайности культуры считается подбор оптимального сортового состава под характеристики места возделывания [3].

При использовании в производстве улучшенных сортов новой селекции возрастает урожайность, повышается приспособленность растений к критическим погодным условиям, устойчивость к насекомым-вредителям и фитопатогенам, увеличивается

¹Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev_pl1\(1\).xls](http://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/posev_pl1(1).xls) (дата обращения 29.12.2020).

выход и улучшается качество продукции. Однако нарушение севооборота, изменение генетической устойчивости промышленных сортов и интродукция семенного материала провоцируют изменение видового состава возбудителей болезней сельскохозяйственных культур [4].

Одна из наиболее географически распространенных и часто встречаемых инфекций пшеницы – бурая ржавчина, которую вызывает облигатный биотрофный гриб *Puccinia triticina* Erikss. Бурая ржавчина пшеницы – серьезная проблема для многих зернопроизводящих регионов мира и может приводить к потере урожая в пределах 10–50% при высоком поражении [5]. Отличительным признаком *P. triticina* является высокая пластичность популяции гриба, которая приводит к отбору и накоплению вирулентных патотипов, способных преодолевать расоспецифическую устойчивость высеваемых сортов [6]. Для предотвращения эпифитотийной ситуации необходимо учитывать постоянно обновляющиеся данные по устойчивости сортов при их размещении.

Изучение устойчивости сортообразцов в условиях искусственного инфекционного фона в зонах их районирования является важной информацией для селекционеров. В настоящее время исследования по этому вопросу проводят в различных агроклиматических зонах России и за рубежом [7–10]. Комплексная программа Казахстанско-Сибирской сети (КАСИБ) позволила дать объективную экологическую оценку селекционного материала и выделить наиболее перспективные генотипы. За время сорто-испытания сети КАСИБ в 2000–2016 гг. рассмотрено более 500 сортов яровой мягкой пшеницы. Установлено, что 64,8% образцов относились к восприимчивой группе, 18,5 – обладали частичной устойчивостью и 16,7% являлись высокоустойчивыми к бурой ржавчине пшеницы [11]. Обширную работу по этому вопросу проводит также НИИСХ Юго-Востока. Изучено 597 коллекционных образцов яровой мягкой селекции СИММУТ (Мексика), мировой коллекции ВИР (Санкт-Петербург), сортов отечественной селекции и диких видов пшени-

цы, из которых выделили 335 сортообразцов, устойчивых к бурой ржавчине [12].

Для скрининга образцов из международного центра улучшения кукурузы и пшеницы (СИММУТ) на устойчивость к листовой ржавчине пшеницы в Египте изучено 716 образцов. В течение трех вегетационных сезонов (2017–2020 гг.) определено, что 94 генотипа пшеницы были устойчивыми к бурой ржавчине [13]. В Пакистане в результате оценки 152 линий мягкой пшеницы выявлено 68 устойчивых к данной инфекции сортообразцов. Исследование проводили на экспериментальной территории Аюбского научно-исследовательского института сельского хозяйства (Файсалабад) [14].

В настоящей работе представлены результаты изучения сортообразцов селекции Аграрного научного центра «Донской» (г. Зерноград Ростовской области) на их устойчивость к бурой ржавчине. В АНЦ «Донской» проводят перспективные исследования, нацеленные на получение высокопродуктивных сортов и гибридов зерновых культур, поиск методов получения нового исходного материала, анализ генетических процессов. Получаемые сорта по своим физиологическим и хозяйственным качествам соответствуют лучшим иностранным и отечественным образцам, имеют высокую экологическую пластичность и обладают комплексной устойчивостью к доминирующим заболеваниям, распространенным в зонах возделывания [15].

Цель исследования – провести скрининг 86 сортообразцов селекции АНЦ «Донской» на устойчивость к северокавказской популяции возбудителя бурой ржавчины пшеницы в условиях искусственного инфекционного фона.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2016–2019 гг. на опытном поле Федерального научно-го центра биологической защиты растений (ФНЦБЗР).

Условия вегетационного сезона 2017 г. характеризовались частыми дождями и пониженной температурой, что вызвало за-

держку созревания зерновых культур и способствовало быстрому развитию болезни. Весной 2018 г. отмечена неустойчивая погода с резкими колебаниями температуры и пониженным количеством осадков. На фоне аномально высоких температур мая – июня прослеживался значительный дефицит осадков (20–30% нормы). В 2019 г. погодные условия оказались благоприятными для развития фитопатогенов на колосовых культурах. С начала февраля до конца мая влажность воздуха была высокой (в пределах 65–90%), температура длительное время держалась в пределах оптимума для развития патогена.

Материалом исследований стали 63 сорта образца озимой твердой пшеницы и 23 образца озимой мягкой пшеницы селекции АНЦ «Донской». Контроль по восприимчивости – сорт Мичиган Амбер. Инфекционный материал – сборная популяция бурой ржавчины, собранная в результате маршрутных обследований производственных и селекционных посевов озимой пшеницы на территории Краснодарского, Ставропольского краев и Ростовской области, содержащая все выявленные нами гены вирулентности [16].

Сортообразцы озимой пшеницы высевали на инфекционном участке ФНЦБЗР рядками по 3 пог. м в трехкратной повторности, норма высева – 100–130 семян на 1 пог. м. Через каждые 10 делянок располагали восприимчивый сорт, который являлся накопителем инфекции.

Инокуляцию проводили весной при температуре 10–15 °С, растения заражали смесью урединиоспор *P. triticina* и талька в соотношении 1 : 100 (10 мг спор возбудителя/м²) в вечернее время под росу или после дождя. Продолжительность увлажненного периода для внедрения и прорастания патогена составляла не менее 6 ч².

Для оценки селекционного материала учет проводили в период максимального развития болезни. Сортообразцы характеризовали по двум параметрам: типу реакции (в баллах) на заражение бурой ржавчиной и степени поражения (в процентах) по шкале³ [17]: 0 – полностью иммунный, 0; – практически иммунный, 1 – высокоустойчивый, 2 – умеренно устойчивый, 3 – умеренно восприимчивый, 4 – высоковосприимчивый.

Коллекционные сортообразцы ранжировали на четыре группы по типу устойчивости к *P. triticina*: 1 – устойчивые (тип 1 балл; степень поражения 1–5%); 2 – среднеустойчивые (тип 1,2 балла; степень поражения 10–20%); 3 – средневосприимчивые (тип 2,2 (3) балла; степень поражения 20–30%); 4 – восприимчивые (тип 2,2 (3) балла – больше 30% и тип 3,4 балла – больше 5%)^{4,5}.

В исследованиях использована материально-техническая база УНУ «Фитотрон для выделения, идентификации, изучения и поддержания рас, штаммов, фенотипов патогенов» (https://ckp-rf.ru/usu/671925/?sphrase_id=3644277) и объекты БРК «Государственная коллекция энтомоакарифагов и микроорганизмов» ФНЦБЗР.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На фоне искусственного заражения северокавказской популяцией возбудителя бурой ржавчины оценены 86 сортообразцов (63 озимой твердой и 23 озимой мягкой пшеницы) селекции АНЦ «Донской» (см. таблицу).

Скрининг образцов проводили в течение трех вегетационных сезонов, для второго и третьего года изучения отобрали устойчивые сортообразцы с типом реакции 1,2 балла и степенью поражения не больше 10%.

²Анпилогова Л.К., Волкова Г.В. Методы создания искусственных инфекционных фонов и оценки сортообразцов пшеницы на устойчивость к вредоносным болезням (фузариозу колоса, ржавчинам, мучнистой росе). М.: ВНИИБЗР. 2000. 28 с.

³Волкова Г.В., Кудинова О.А., Гладкова Е.В., Ваганова О.Ф., Данилова А.В., Матвеева И.П. Вирулентность популяций возбудителей ржавчины зерновых колосовых культур. Краснодар, 2018. 38 с.

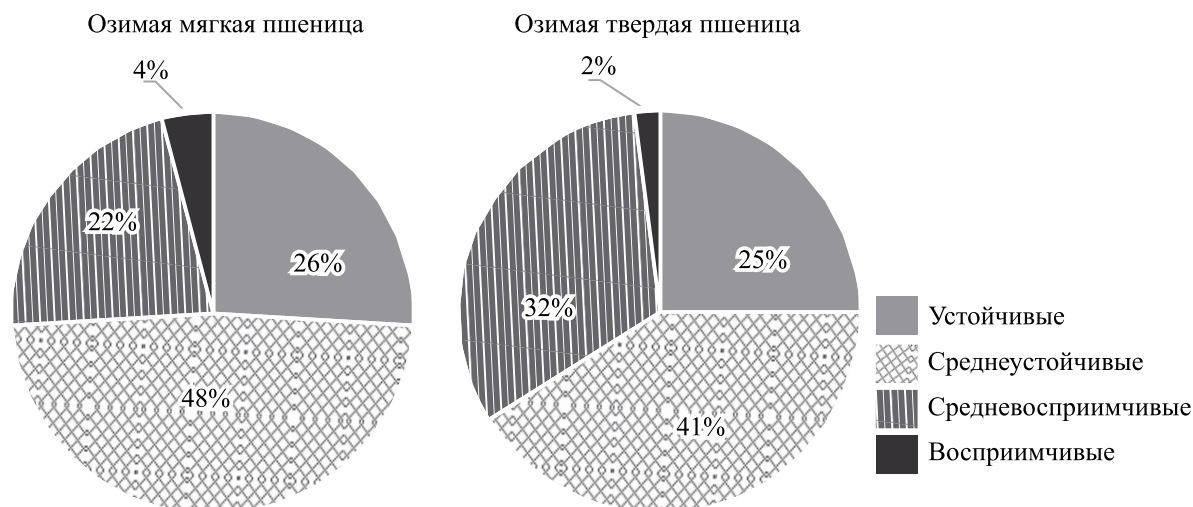
⁴Койшибаев М., Сагитов А.О. Защита зерновых культур от особо опасных болезней: реком. Алматы, 2012. 33 с.

⁵Волкова Г.В., Кремнева О.Ю., Анпилогова Л.К., Шумилов Ю.В., Синяк Е.В. Методические указания по изучению устойчивости сортов пшеницы к комплексу патогенов. Краснодар, 2013. 43 с.

Иммунологическая оценка сортообразцов селекции АНЦ «Донской» (2016–2019 гг.)
Immunological assessment of varieties bred by Agrarian Research Centre Donskoy (2016–2019)

№ п./п.	Образец	Год изучения			№ п./п.	Образец	Год изучения		
		первый	второй	третий			первый	второй	третий
Озимая твердая пшеница									
1	484/14	2,3/10	—*	—	33	808/15	2,3/20	—	—
2	533/14	2/5	1,2/10	—	34	820/15	1,2/10	—	—
3	605/14	2,3/10	—	—	35	865/15	2,3/20	—	—
4	627/14	1,2/10	—	—	36	876/15	1,2/20	—	—
5	784/14	2,3/20	—	—	37	907/15	1/5	1/10	—
6	896/14	2,3/20	—	—	38	920/15	1/5	1,2/20	—
7	913/14	2,3/10	—	—	39	961/15	1/5	1,2/10	—
8	465/15	1/5	1,2/5	1/5	40	966/15	1/5	1,2/10	—
9	492/15	1/5	1,2/10	—	41	973/15	1/5	1,2/20	—
10	502/15	1,2/5	1,2/5	1/5	42	979/15	1/5	1/5	1/1
11	515/15	1,2/5	1/1	1,2/5	43	986/15	1/5	1,2/5	1,2/10
12	524/15	1/5	1/1	1,2/10	44	996/15	1/5	1,2/5	1/1
13	528/15	1/5	1/5	1,2/10	45	1014/15	1/5	1,2/5	1,2/20
14	537/15	1,2/5	1,2/5	1/5	46	1035/15	1/5	1,2/5	1,2/5
15	543/15	2,3/20	—	—	47	1040/15	1/5	2,3/20	—
16	546/15	2,3/20	—	—	48	1048/15	2,3/10	—	—
17	550/15	1,2/10	—	—	49	1069/15	1/5	1,2/20	—
18	588/15	2,3/20	—	—	50	1084/15	1/5	2,3/30	—
19	597/15	1,2/5	1,2/5	1,2/5	51	537/11	2,3/15	—	—
20	611/15	1,2/10	—	—	52	737/11	1/5	2,3/20	—
21	631/15	1,2/10	—	—	53	477/12	1/5	1/10	—
22	663/15	1/5	1/5	1/1	54	840/12	1/5	1,2/20	—
23	681/15	1/5	1,2/5	1/5	55	993/12	1/5	1/5	1/5
24	693/15	3/30	—	—	56	114/13	2,3/10	—	—
25	694/15	1/5	1/5	1/5	57	353/13	1/5	1,2/10	—
26	713/15	1,2/5	1,2/10	—	58	417/13	1/5	1/5	1/5
27	721/15	2,3/20	—	—	59	531/13	2,3/20	—	—
28	730/15	1/5	1/5	1/5	60	589/13	2,3/10	—	—
29	742/15	1/5	1/5	1/5	61	655/13	2,3/20	—	—
30	753/15	1/5	1/5	1/5	62	683/13	1,2/5	1,2/10	—
31	773/15	1,2/10	—	—	63	117/14	1/5	1/5	1/10
32	387/15	1/10	—	—					
Озимая мягкая пшеница									
1	134/11	1/5	1/5	1/5	13	1545/14	1/1	2,3/30	—
2	1127/10	1/5	1/10	—	14	1580/14	1,2/5	1,2/10	—
3	1415/11	1/5	1/5	1/5	15	1626/14	1,2/5	1/10	—
4	1159/13	1,2/5	1,2/10	—	16	1810/14	2,3/10	—	—
5	1261/13	1/5	1/10	—	17	1813/14	1/5	1/5	1/5
6	1481/13	1/5	2,3/30	—	18	1909/14	1,2/5	1,2/10	—
7	1756/13	1/5	1/10	—	19	1953/14	1/10	—	—
8	1765/13	1/5	1/5	1/5	20	1979/14	1/5	1/5	1/10
9	1074/14	1/5	1/5	1/5	21	1991/14	1/5	2,3/10	—
10	1182/14	2/5	1,2/20	—	22	2028/14	1/5	2/5	1,2/10
11	1309/14	1,2/5	1,2/10	—	23	Танаис	1/5	1/5	1,2/5
12	1441/14	3/30	—	—		Мичиган Амбер	3/80	3/70	3/50

*Восприимчивый тип реакции.



Соотношение сортообразцов озимой твердой и мягкой пшеницы по устойчивости к *P. triticina* (2016–2019 гг.)

The ratio of durum and soft winter wheat varieties for resistance to *P. triticina* (2016-2019)

Степень поражения на контроле по восприимчивости достигала от 50 до 80%.

В результате исследования образцы озимой твердой пшеницы ранжированы следующим образом: устойчивые – 16 образцов (25% от числа изученных); среднеустойчивые – 26 (41%); средневосприимчивые – 20 (32%); восприимчивые – 1 (2%).

Образцы озимой мягкой пшеницы классифицировали аналогичным образом: устойчивые – 6 образцов (26% от числа изученных); среднеустойчивые – 11 (48%); средневосприимчивые – 5 (22%); восприимчивые – 1 (4 %) (см. рисунок).

В течение трех лет исследования выявлено 16 устойчивых образцов озимой твердой пшеницы (465/15, 502/15, 515/15, 537/15, 597/15, 663/15, 681/15, 694/15, 730/15, 742/15, 753/15, 979/15, 996/15, 993/12, 1035/15, 417/13), а также 6 устойчивых образцов озимой мягкой пшеницы (134/11, 1415/11, 1765/14, 1074/14, 1813/14, Танаис).

Во время скрининга обнаружен высокий процент устойчивых к бурой ржавчине сортообразцов, что свидетельствует об эффективной селекционной работе АНЦ «Донской» по данному признаку. Они могут быть использованы в качестве источников устойчивости к *P. triticina* для селекции озимой пшеницы в Российской Федерации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетние исследования, проведенные в ФНЦБЗР на искусственных инфекционных фонах *P. triticina*, позволили дать объективную иммунологическую оценку образцам озимой пшеницы и выделить сортообразцы с разной степенью устойчивости. Среди 86 сортообразцов озимой пшеницы селекции АНЦ «Донской» выявлены 16 источников устойчивости к возбудителю бурой ржавчины среди озимой твердой пшеницы и 6 – среди озимой мягкой пшеницы.

Для перспективной селекции устойчивых к *P. triticina* сортов озимой пшеницы целесообразно интегрировать в скрещивание как местные сорта, сохраняющие продолжительно высокую устойчивость к инфекции, так и сорта других российских регионов и зарубежной селекции, проявляющие устойчивость в определенных природно-климатических зонах.

Выделенные источники устойчивости рекомендованы для включения в программы селекции пшеницы на устойчивость к патогену в Российской Федерации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зевакин А.С., Резвякова С.В. Повышение продуктивности озимой пшеницы на биологической основе // Вестник аграрной науки.

2020. № 5 (86). С. 26–32. DOI: 10.17238/2587-666X.2020.5.26.
2. Singh R.P., Singh P.K., Rutkoski J., Hodson D.P., He X., Jørgensen L.N., Hovmøller M.S., Huerta-Espino J. Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control // *Annu Rev Phytopathol.* 2016. Vol. 54 (1). P. 303–322. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095835.
 3. Кузенко М.В., Хатков К.Х. Озимая пшеница в Адыгее // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 4: Естественно-математические и технические науки.* 2016. № 4 (191). С. 143–147.
 4. Баранов О.Ю. Видовой состав возбудителей болезней озимого ячменя // *Земледелие и защита растений.* 2019. № 4 (125). С. 12–18.
 5. Zhang N., Zhao L., Mawcha K.T., Zhao C., Yang W., Liu D. Evaluation of leaf rust resistance in the Chinese wheat cultivar «Een1» // *Peer J.* 2020. Vol. 8. P. 89–93. DOI: 10.7717/peerj.8993.
 6. Nemat Z., Mostowfizadeh-Ghalamfarsa R., Dadkhodaie A., Mehrabi R., Steffenson B.J. Virulence of leaf rust physiological races in Iran from 2010 to 2017 // *Plant Disease.* 2020. Vol. 104. N 2. P. 363–372. DOI: 10.1094/PDIS-06-19-1340-RE.
 7. Киселева М.И., Коваленко Е.Д., Митрофанова О.П. Скрининг сортов пшеницы мировой коллекции ВИР по устойчивости к бурой ржавчине // *Защита и карантин растений.* 2012. № 11. С. 23–25.
 8. Асеева Т.А., Трифунтова И.Б., Зенкина К.В. Скрининг мировой коллекции зерновых культур в среднем Приамурье с целью создания сортов, толерантных к инфекционным заболеваниям // *Аграрная наука.* 2019. Т. 1. С. 17–21. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-17-21.
 9. Kumar S., Phogat B.S., Vikas V.K., Sharma A.K., Saharan M.S., Amit Kumar Singh, Jyoti Kumari, Rakesh Singh, Sherry Rachel Jacob, Singh G.P., Sivasamy M., Jayaprakash P., Meeta M., Jaiswal J.P., Deep Shikha, Honrao B.K., Kalappanavar I.K., Mishra P.C., Singh S.P., Vaish S.S., Solanki V.A. Mining of Indian wheat germplasm collection for adult plant resistance to leaf rust // *PloS one.* 2019. Vol. 14. N 3. P. 1–18. DOI: 10.1371/journal.pone.0213468.
 10. Рсалиев А.С., Гультияева Е.И., Шайдаюк Е.Л., Коваленко Н.М., Молдажанова Р.А., Пахратдинова Ж.У. Характеристика устойчивости перспективных образцов яровой мягкой пшеницы к листостебельным болезням // *Биотехнология и селекция растений.* 2020. Вып. 103 (2). С. 105–112. DOI: 10.30901/2658-6266-2019-2-14-23.
 11. Шаманин В.П., Потоцкая И.В., Кузьмин О.Г. Скрининг сортов яровой мягкой пшеницы питомника КАСИБ к бурой и стеблевой ржавчине в условиях Западной Сибири // *Вестник Казанского государственного аграрного университета.* 2017. Т. 12. № 2. С. 58–63. DOI: 10.12737/article_5a5f06807861a9.60475518.
 12. Маркелова Т.С. Скрининг мирового генофонда яровой пшеницы по устойчивости к бурой ржавчине и идентификация Lr-генов у некоторых сортов и селекционных линий // *Аграрный научный журнал.* 2016. № 5. С. 18–21.
 13. El-Orabey W.M., Awad H.M., Shahin S.I., El-Gohary Y.A. Evaluation of CIMMYT Wheat Lines under Egyptian Field Conditions to Identify New Sources of Resistance to Leaf Rust // *International Journal of Phytopathology.* 2020. Vol. 9. N 2. P. 105–122. DOI: 10.33687/phytopath.009.02.3358.
 14. Rehman A., Naqvi S.A.H., Zafar M.I., Hussain F., Zulfiqar M.A., Khan A.A. Identification of resistance sources in wheat to brown and yellow rust // *Pakistan Journal of Agricultural Research.* 2019. Vol. 32. N 1. P. 185–196. DOI: 10.17582/journal.pjar/2019/32.1.185.196.
 15. Алабушев А.В., Дерова Т.Г., Шишкин Н.В., Марченко Д.М., Гуреева А.В. Роль селекции в решении проблем защиты посевов зерновых культур на юге России // *Защита и карантин растений.* 2016. № 2. С. 3–9.
 16. Volkova G.V., Vaganova O.F., Kudinova O.A. Virulence of *Puccinia triticina* in the North Caucasus region of Russia // *Spanish Journal of Agricultural Research.* 2020. Vol. 18. N 1. P. 1–6. DOI: 10.5424/sjar/2020181-14749.
 17. Peterson R.F., Campbell A., Hannah A. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals // *Canadian Journal of Research.* 1948. Vol. 26. N 5. P. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

REFERENCES

1. Zevakin A.S., Rezvyakova S.V. Increasing of winter wheat productivity on a biological basis. *Vestnik agrarnoi nauki = Bulletin of Agrarian Science*, 2020, no. 5 (86), pp. 26–32. (In Russian). DOI: 10.17238/issn2587-666X.2020.5.26.

2. Singh R.P., Singh P.K., Rutkoski J., Hodson D.P., He X., Jørgensen L.N., Hovmøller M.S., Huerta-Espino J. Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control. *Annu Rev Phytopathol*, 2016, vol. 54 (1), pp. 303–322. DOI: 10.1146/annurev-phyto-080615-095835.
3. Kuzenko M.V., Khatkov K.Kh. Winter wheat in Adyghea. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta = Bulletin of the Adyghe State University. Series 4: Natural-mathematical and technical sciences*, 2016, no. 4 (191), pp. 143–147. (In Russian).
4. Baranov O.Yu. Species composition of pathogens of winter barley diseases. *Zemledelie i zashchita rastenii = Agriculture and Plant Protection*, 2019, no. 4 (125), pp. 12–18. (In Russian).
5. Zhang N., Zhao L., Mawcha K.T., Zhao C., Yang W., Liu D. Evaluation of leaf rust resistance in the Chinese wheat cultivar «Een1». *Peer J*, 2020, vol. 8, pp. 89–93. DOI: 10.7717/peerj.8993.
6. Nemati Z., Mostowfizadeh-Ghalefarsa R., Dadkhodaie A., Mehrabi R., Steffenson B.J. Virulence of leaf rust physiological races in Iran from 2010 to 2017. *Plant Disease*, 2020, vol. 104, no. 2, pp. 363–372. DOI: 10.1094/PDIS-06-19-1340-RE.
7. Kiseleva M.I., Kovalenko E.D., Mitrofanova O.P. Screening of wheat varieties from the world collection of VIR for resistance to brown rust of wheat. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2012, no. 11, pp. 23–25. (In Russian).
8. Aseeva T.A., Trifuntova I.B., Zenkina K.V. Screening of world collection of grain crops in middle Priamurie to create tolerant varieties for infectious diseases. *Agrarnaya nauka = Agrarian Science*, 2019, vol. 1, pp. 17–21. (In Russian). DOI: 10.32634/0869-8155-2019-326-1-17-21.
9. Kumar S., Phogat B.S., Vikas V.K., Sharma A.K., Saharan M.S., Amit Kumar Singh, Jyoti Kumari, Rakesh Singh, Sherry Rachel Jacob, Singh G.P., Sivasamy M., Jayaprakash P., Meeta M., Jaiswal J.P., Deep Shikha, Honrao B.K., Kalappanavar I.K., Mishra P.C., Singh S.P., Vaish S.S., Solanki V.A. Mining of Indian wheat germplasm collection for adult plant resistance to leaf rust. *PloS one*, 2019, vol. 14, no. 3, pp. 1–18. DOI: 10.1371/journal.pone.0213468.
10. Rsaliev A.S., Gul'tyaeva E.I., Shaidayuk E.L., Kovalenko N.M., Moldazhanova R.A., Pakhratdinova Zh.U. Characteristic of perspective common spring wheat accessions for resistance to foliar diseases. *Biotehnologiya i selektsiya rastenii = Plant Biotechnology and Breeding*, 2020, release 103 (2), pp. 105–112. (In Russian). DOI: 10.30901/2658-6266-2019-2-14-23.
11. Shamanin V.P., Pototskaya I.V., Kuz'min O.G. Screening of spring soft wheat variety of KASIB nursery-garden to the brown and stem rust in the conditions of Western Siberia. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik of the Kazan State Agrarian University*, 2017, vol. 12, no. 2, pp. 58–63. (In Russian). DOI: 10.12737/article_5a5f06807861a9.60475518.
12. Markelova T.S. Screening of the world gene pool of spring wheat according to resistance to brown rust and identification of Lr-genes in some varieties and breeding lines. *Agrarnyi nauchnyi zhurnal = The Agrarian Scientific Journal*, 2016, no. 5, pp. 18–21. (In Russian).
13. El-Orabey W.M., Awad H.M., Shahin S.I., El-Gohary Y.A. Evaluation of CIMMYT Wheat Lines under Egyptian Field Conditions to Identify New Sources of Resistance to Leaf Rust. *International Journal of Phytopathology*, 2020, vol. 9, no. 2, pp. 105–122. DOI: 10.33687 / phytopath.009.02.3358.
14. Rehman A., Naqvi S.A.H., Zafar M. I., Hussain F., Zulfiqar M.A., Khan A.A. Identification of resistance sources in wheat to brown and yellow rust. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 2019, vol. 32, no. 1, pp. 185–196. DOI: 10.17582/journal.pjar/2019/32.1.185.196.
15. Alabushev A.V., Derova T.G., Shishkin N.V., Marchenko D.M., Gureeva A.V. Role of selection in solving the problems of grain crops protection in Southern Russia. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2016, no. 2, pp. 3–9. (In Russian).
16. Volkova G.V., Vaganova O.F., Kudinova O.A. Virulence of Puccinia triticina in the North Caucasus region of Russia. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 2020, vol. 18, no. 1, pp. 1–6. DOI: 10.5424/sjar/2020181-14749.
17. Peterson R.F., Campbell A., Hannah A. A diagrammatic scale for estimating rust intensity on leaves and stems of cereals. *Canadian Journal of Research*, 1948, vol. 26, no. 5, pp. 496–500. DOI: 10.1139/cjr48c-033.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Агапова В.Д., младший научный сотрудник;
e-mail: agapovalera1996@gmail.com

Ваганова О.Ф., научный сотрудник; e-mail:
vof54@mail.ru

Кудинова О.А., кандидат биологических
наук, старший научный сотрудник; e-mail:
alosa@list.ru

✉ **Волкова Г.В.**, доктор биологических
наук, главный научный сотрудник, заведующая
лабораторией; **адрес для переписки:** Россия,
350039, Краснодарский край, г. Краснодар, п/о 39

AUTHOR INFORMATION

Valeria D. Agapova, Junior Researcher; e-mail:
agapovalera1996@gmail.com

Olga F. Vaganova, Researcher; e-mail: vof54@
mail.ru

Olga A. Kudinova, Candidate of Science in
Biology, Senior Researcher; e-mail: alosa@list.ru

✉ **Galina V. Volkova**, Doctor of Science in
Biology, Head Researcher, Head of Laboratory;
address: p/o 39, Krasnodar, Krasnodar Territory,
350039, Russia; e-mail: vniibzr@mail.ru

Дата поступления статьи 10.10.2020

Received by the editors 10.10.2020



КОНКУРЕНТНАЯ СПОСОБНОСТЬ КОМПОНЕНТОВ В СМЕШАННЫХ АГРОЦЕНОЗАХ ЗЕРНОФУРАЖНЫХ КУЛЬТУР

¹Кашеваров Н.И., ^{1,2}Садохина Т.А., ¹Бакшаев Д.Ю.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Новосибирский государственный аграрный университет
Новосибирск, Россия

Представлены результаты анализа урожайности и биологической эффективности одновидовых и смешанных посевов злаковых и бобовых культур в зависимости от зон возделывания. Исследования проведены в лесостепной и степной зонах Западной Сибири и в лесостепной зоне Восточной Сибири, результаты проанализированы через показатели «отношение земельных эквивалентов» и коэффициент агрессивности. В лесостепной зоне Западной Сибири при возделывании на зернофураж преимущество имели двухкомпонентные смеси с нормой высева 60–75% злакового (ячмень или овес) и 35–50% бобового компонентов (горох). Урожайность составила 23–29 ц зерна/га с содержанием переваримого протеина 106–110 г/к.ед. и показателем эффективности использования площади 1,17 ед. Наибольшим коэффициентом агрессивности (плюс 0,53) обладает горох в смеси с пшеницей. В условиях степной зоны Западной Сибири наиболее эффективны двухкомпонентные смеси ячменя и пшеницы с пелюшкой при соотношении злакового и бобового компонентов 60/50% от полной нормы высева культур. Урожайность данных ценозов отмечена на уровне одновидовых посевов, а питательность выше на 6–10%. Показатель «отношение земельных эквивалентов» для данной зоны составил 1,21–1,3 ед. Доля бобового компонента в урожае зерна трехкомпонентных смесей при неблагоприятных сухих условиях степной зоны зарегистрирована незначительной. Значение коэффициента агрессивности бобового компонента снизилось до минус 1,58 и максимально уменьшилась его доля в агроценозе. Для лесостепной зоны Восточной Сибири характерно достаточное увлажнение, что способствовало получению хорошего урожая зерна. Наибольшую урожайность обеспечили смеси овса с горохом (48,5 ц/га) и овса с горохом и ячменем (42,9 ц/га) с показателем «отношение земельных эквивалентов» до 1,45 ед. и коэффициентом агрессивности, близким к нулю. В данной зоне существуют благоприятные условия произрастания культур в бинарных посевах.

Ключевые слова: одновидовые и смешанные посевы, соотношение компонентов, зернофураж, биологическая эффективность, коэффициент агрессивности, зона возделывания

COMPETITIVE ABILITY OF COMPONENTS IN MIXED AGROCENOSIS OF FODDER GRAIN CROPS

¹Kashevarov N.I., ^{1,2}Sadokhina T.A., ¹Bakshaev D.Yu.

¹Siberian Federal Research Centre of AgroBiotechnologies of the Russian Academy of Sciences
Novosibirsk region, Krasnoobsk, Russia

²Novosibirsk State Agrarian University
Novosibirsk, Russia

The results of the analysis of yield and biological efficiency of single-species and mixed crops of cereals and legumes, depending on the cultivation zones, are presented. The study was carried out in the forest-steppe and steppe zones of Western Siberia and the forest-steppe zone of Eastern Siberia.

The results were analyzed by means of Land Equivalent Ratio and the coefficient of aggressiveness. In the forest-steppe zone of Western Siberia, two-component mixtures with a seeding rate of 60–75% of cereals (barley or oats) and 35–50% of legumes (peas) had an advantage in cultivation for fodder grain. The yield was 2.3–2.9 t/ha of grain with digestible protein content of 106–110 g per feed unit and the efficiency of the area use of 1.17 units. Peas mixed with wheat had the highest coefficient of aggressiveness (plus 0.53). In the conditions of the steppe zone of Western Siberia, two-component mixtures of barley and wheat with field peas are the most effective with a ratio of cereal and legume components of 60/50% of the total seeding rate of crops. The yield of these cenoses was noted at the level of single-species crops, and the nutritional value was 6–10% higher. Land Equivalent Ratio for this zone amounted to 1.21–1.3 units. The share of the legume component in the grain yield of three-component mixtures under unfavorable dry conditions of the steppe zone was registered insignificant. The value of the coefficient of aggressiveness of the legume component decreased to minus 1.58 and its share in the agrocenosis decreased to the utmost extent. The forest-steppe zone of Eastern Siberia is characterized by sufficient moisture, which contributed to a good grain harvest. The highest yield was provided by a mixture of oats with peas (4.85 t/ha) and oats with peas and barley (4.29 t/ha), with the Land Equivalent Ratio of up to 1.45 units and the coefficient of aggressiveness close to zero. In this zone, there are favorable growth conditions for binary crops.

Keywords: single-species and mixed crops, ratio of components, fodder grain, biological efficiency, coefficient of aggressiveness, cultivation zone

Для цитирования: Кашеваров Н.И., Садохина Т.А., Бакшаев Д.Ю. Конкурентная способность компонентов в смешанных агроценозах зернофуражных культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 42–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-5>

For citation: Kashevarov N.I., Sadokhina T.A., Bakshaev D.Yu. Competitive ability of components in mixed agrocenoses of fodder grain crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 42–50. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-5>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Выращивание кормовых культур в настоящее время производится в основном в одновидовых посевах. Такие агроценозы высокопродуктивны, но потенциально нестабильны, поскольку полностью зависят от внешних условий возделывания [1]. В отличие от поликомпонентных агроценозов они слабо адаптированы, более подвержены стрессам, вызванным изменениями внешних условий, в них меньше возможностей трансформации энергии, питательных веществ и т.д. Одновидовые посевы более уязвимы к воздействию вредных и болезнетворных организмов и очень активно и односторонне истощают плодородие почв.

Значительный резерв использования биологических факторов окружающей среды и увеличения объемов производства фуражного зерна – возделывание высокопродук-

тивных экологически устойчивых поликомпонентных агрофитоценозов с включением бобовых культур [2, 3]. Эффективность смешанных посевов определяется биологической совместимостью одновременно произрастающих компонентов агроценоза, которая может быть установлена экспериментальным путем [1, 2, 4–7]. В настоящее время один из сложных вопросов в исследовании смешанных посевов – количественная оценка их преимущества в сравнении с одновидовыми посевами [7–10].

Основная проблема состоит в определении объективных критериев оценки эффективности одновидовых посевов и смешанных агроценозов [2, 11, 12]. Биологическая эффективность поликомпонентных посевов определяется сравнением продуктивности смеси с продуктивностью двух культур смешанного посева на той же площади [13].

В настоящих исследованиях изучено взаимоотношение злаковых культур с бобовыми при возделывании в одновидовых и смешанных посевах на зерно в разных условиях произрастания.

Цель исследований – разработать принципы конструирования высокопродуктивных смешанных посевов с участием бобового компонента при уборке на зерно в зависимости от зон произрастания.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в лесостепной и степной зонах Западной Сибири и лесостепной зоне Восточной Сибири в 2013–2015 гг. В 2021 г. результаты проанализированы через показатель «отношение земельных эквивалентов» (LER) и «коэффициент агрессивности» (CA) [14]. Эти показатели рассчитываются по формулам:

$$LER = (Y_{AB} / Y_{AA}) + (Y_{BA} / Y_{BB}), \quad (1)$$

где LER – отношение земельных эквивалентов, Y_{AB} – урожайность культуры A в смешанном посеве с культурой B , т/га; Y_{BA} – урожайность культуры B в смешанном посеве с культурой A , т/га; Y_{AA} и Y_{BB} – урожайность соответственно культур A и B в чистом посеве, т/га.

$$CA_{AB} = Y_{AB} : (Y_{AA} \cdot Z_{AB}) - Y_{BA} : (Y_{BB} \cdot Z_{BA}), \quad (2)$$

где CA – коэффициент агрессивности культуры A в смешанном посеве с культурой B ; Y_{AB} – урожайность на единицу площади культуры A в смешанном посеве с культурой B ; Y_{AA} – урожайность на единицу площади культуры A в чистом посеве; Z_{AB} и Z_{BA} – часть смешанного посева, определенная первоначально под культуры A и B (в %).

Лесостепная зона Западной Сибири (I зона) расположена в северной лесостепи Приобья. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднесуглинистый, содержание гумуса в слое 0–20 см около 6%. Гидротермический коэффициент по Селянинову составляет 1,0–1,2.

Степная зона Северной Кулунды (II зона) – Северо-Кулундинский отдел Сибирского научно-исследовательского института кормов (СибНИИ кормов) Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук. Почва опытного участка – чернозем южный солонцеватый маломощный легкосуглинистый. Климат зоны резко континентальный, с жарким летом и холодной зимой. Гидротермический коэффициент для зоны менее 0,5.

Лесостепная зона Восточной Сибири (III зона) – Восточно-Сибирский отдел СибНИИ кормов. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в пахотном горизонте 7,7–7,8%. Гидротермический коэффициент за май – август составляет 1,5, что соответствует показателям хорошего увлажнения.

Вегетационный период 2013 г. в среднем по зонам характеризовался избыточным увлажнением и недостатком тепла. Вегетационный период 2014 г. был неблагоприятным по показателям тепло- и влагообеспеченности для зернофуражных и зернобобовых культур. Агрометеорологические условия вегетационного периода 2015 г. в степной зоне Западной Сибири отличались отсутствием осадков с конца мая до середины июля.

В опыте использовали следующие соотношения компонентов в смесях: ячмень (75%) + горох (пелюшка) (35%), овёс (75%) + горох (пелюшка) (35%), пшеница (70%) + горох (пелюшка) (40%), ячмень (30%) + горох (пелюшка) (50%) + овёс (30%), ячмень (30%) + горох (пелюшка) (50%) + пшеница (30%), овёс (30%) + горох (пелюшка) (50%) + пшеница (30%), ячмень (20%) + овёс (20%) + пшеница (20%) + горох (пелюшка) (50%).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для решения практической задачи исследования определены производственные преимущества смешанных посевов по зонам. Для овса, в отличие от ячменя и пшеницы, благоприятными отмечены условия во всех зонах (выход зернофуража от 10,4 до 37,0 ц/га в зависимости от условий ве-

гетационного периода). Для ячменя более благоприятно складывались условия в лесостепной зоне Западной и Восточной Сибири, урожайность составила 29,4 и 42,1 ц/га соответственно (см. табл. 1). Горох (пелюшка) в одновидовых посевах сформировал урожайность практически в 2 раза меньше, чем у злаковых, бобовые сильно полегли и поражались болезнями. По сравнению с одновидовыми посевами, смеси не уступали, а в некоторых случаях превосходили одновидовые посевы гороха (пелюшки) по сбору зерна. Они отмечены более пластичными к метеорологическим условиям.

Во всех зонах проведения исследований двухкомпонентная смесь овес + горох обеспечила стабильную и высокую урожайность 10,6–48,5 ц/га. Эти показатели на 10–13% выше, чем данные одновидовых посевов злаковых культур, и в 1,5–2 раза – одновидовых посевов гороха. Традиционные ячменно-гороховые смеси в среднем обеспечили повышение урожайности зерна по сравнению с одновидовыми посевами гороха на 1,8–14,9 ц/га. Введение в двойную смесь третьего компонента (особенно пшеницы в смеси с овсом и горохом) снизило урожайность на 18–26%, что свидетельству-

ет о низкой конкурентоспособности данной культуры и ее угнетению овсом и горохом.

Один из важных показателей при возделывании смесей – доля бобового компонента в урожае зерна. Она изменялась в среднем от 3 до 32% и зависела от зоны возделывания. Минимальное содержание гороха в смеси (3–8%) получено в степной зоне Северной Кулунды, максимальное (24–32%) – в лесостепной зоне Западной Сибири.

Смеси формировали более стабильную по годам урожайность, компенсируя недовостачу урожая одного компонента за счет другого. За 3 года исследований коэффициент вариации урожайности зерна злаковых культур составил 44%, в то время как овса – 52%, пшеницы – 62, гороха – 31%. Следовательно, суммарная урожайность смешанных посевов менее подвержена влиянию метеорологических условий отдельных лет, чем культур в одновидовых посевах.

Для решения задачи оценки биологической эффективности смешанных посевов использованы следующие показатели: LER и CA [14]. С помощью значения LER произведен расчет размера площади земли, необходимой для получения в одновидовых посевах того же количества продукции каждо-

Табл. 1. Урожайность зерна зернофуражных культур в одновидовых и смешанных посевах в разных зонах возделывания, ц/га (среднее за 2013–2015 гг.)

Table 1. Grain yield of fodder crops in single-species and mixed crops in different zones of cultivation, centner/ha (average for 2013-2015)

Вариант	Зона возделывания								
	I			II			III		
	Смесь	Злаковые	Бобовые	Смесь	Злаковые	Бобовые	Смесь	Злаковые	Бобовые
Пшеница	29,2	29,2	–	7,4	7,4	–	27,9	27,9	–
Овес	30,8	30,8	–	10,4	10,4	–	37,0	37,0	–
Ячмень	29,4	29,4	–	7,7	7,7	–	42,1	42,1	–
Горох	14,0	–	14,0	8,7	–	8,7	24,3	–	–
Ячмень + горох	28,9	23,7	5,2	9,5	8,4	1,1	39,3	31,0	8,25
Овес + горох	26,5	22,2	4,2	10,6	9,7	0,9	48,5	37,8	10,6
Пшеница + горох	22,6	15,4	7,2	9,9	8,9	0,1	32,5	25,0	7,5
Ячмень + горох + овес	27,0	19,7	7,3	9,3	8,5	0,83	42,9	35,0	7,9
Ячмень + горох + пшеница	26,2	19,1	7,1	8,9	7,9	0,1	38,9	33,8	5,1
Овес + горох + пшеница	25,6	19,7	5,9	9,5	8,7	0,8	36,2	26,0	10,2
Ячмень + горох + овес + пшеница	26,0	19,7	6,2	9,1	8,2	0,9	42,0	32,7	9,3

го из компонентов, которое сформировалось на единице площади смешанного посева. Чем выше значение LER, тем выше эффективность использования земли при выращивании смеси, если $LER = 1$, то смешанное возделывание культур неэффективно для получения продукции [15].

Анализ экспериментальных данных показал, что биологическая эффективность смешанных посевов зависит от метеорологических условий вегетационного периода, зоны возделывания, соотношения компонентов в смеси и агрессивности культуры. За 3 года исследований в лесостепной зоне Западной Сибири показатель LER у всех смесей зарегистрирован выше 1, что свидетельствует об эффективности возделывания смесей в данной зоне. Самыми эффективными в этой зоне отмечены бинарные смеси ячменя с горохом (LER 1,17 ед.) и трехкомпонентные смеси, в состав которых входил ячмень с пшеницей (LER 1,16–1,17 ед.) (см. табл. 2). В трехкомпонентных смесях, включающих овес и пшеницу, LER уменьшился до 1,07.

Возделывание смесей с пшеницей в степной зоне также менее эффективно. В степной зоне Северной Кулунды наиболее продуктивны бинарные смеси ячменя с пелюшкой (LER 1,21 ед.) и пшеницы с пелюшкой (LER 1,3 ед.). В трехкомпонентных смесях в сухих условиях степной зоны складываются

неблагоприятные условия для бобового компонента, доля его в урожае зерна незначительна.

Для лесостепной зоны Восточной Сибири характерно достаточное увлажнение (ГТК = 1,5), что способствует получению хороших урожаев зерна. В данной зоне наиболее результативно возделывать двухкомпонентную смесь овса с горохом (LER 1,45 ед.) с высоким вкладом бобового компонента в эффективность смеси (LER 0,43 ед.). Высокое значение коэффициента показывает, что для получения такого же количества зерна в одновидовых посевах потребуется в 1,45 раза больше площади земли, т.е. относительная продуктивность двухкомпонентной смеси выше на 45%. Однозначно можно утверждать, что полученное значение «отношений земельных эквивалентов» показывает преимущество смешанных посевов.

Коэффициент агрессивности представляет конкуренцию культур в смешанном посеве, которую определяют, соотнося изменение урожайности обоих компонентов смеси к ожидаемым показателям. Этот коэффициент рассчитывается по формуле (2).

Для культуры *B* знак коэффициента будет противоположным культуре *A*. Значение коэффициента, равное нулю, означает, что оба компонента смеси имеют одинаковую конкурентную способность и находятся в

Табл. 2. Биологическая эффективность смешанных злаково-бобовых агроценозов в различных зонах возделывания

Table 2. Biological efficiency of mixed cereal and legume agroecosystem in different cultivation zones

Вариант	Зона возделывания								
	I			II			III		
	LER			LER			LER		
	злако- вых	гороха	смеси	злако- вых	гороха	смеси	злако- вых	гороха	смеси
Ячмень + горох	0,8	0,37	1,17	1,09	0,12	1,21	0,73	0,33	1,06
Овес + горох	0,72	0,3	1,02	0,93	0,11	1,04	1,02	0,43	1,45
Пшеница + горох	0,52	0,51	1,03	1,2	0,1	1,3	0,89	0,3	1,09
Ячмень + горох + овес	0,64	0,52	1,16	0,89	0,1	0,99	0,89	0,32	1,21
Ячмень + горох + пшеница	0,65	0,51	1,17	0,89	0,1	0,99	0,96	0,22	1,18
Овес + горох + пшеница	0,65	0,42	1,07	0,98	0,1	1,08	0,81	0,47	1,28
Ячмень + горох + овес + пшеница	0,65	0,46	1,11	0,93	0,1	1,03	1,02	0,38	1,4

одинаковых условиях. При других обстоятельствах культуры будут иметь одинаковое числовое значение СА. Однако более агрессивный компонент смеси будет иметь знак положительный, менее конкурентоспособный – отрицательный.

В лесостепной зоне Западной Сибири в смешанных посевах злаковых культур с горохом за годы исследований СА компонентов изменялся от плюс 0,01 до плюс 0,53 (см. рис. 1).

В смесях ячменя с горохом СА приближался к нулю. Это свидетельствует о том, что культуры имели одинаковую конкурентную способность и находились в оптимальных условиях произрастания. В наиболее благоприятных условиях для бобовых культур (в смеси с пшеницей) СА гороха возрастал до плюс 0,53, горох выступал в роли доминанта и обеспечивал больший вклад в общую продуктивность данного агроценоза. В смесях с ячменем (при уборке на зерно) СА злаков составил плюс 0,12–0,24, определив большое значение этого компонента в общей продуктивности смеси.

В степной зоне Северной Кулунды при низких запасах влаги в почве в период развития всходов бобовых культур создавались неблагоприятные условия для развития растений, снижалась их конкурентоспособность. Значение СА бобового компонента в этих условиях падало до минус 1,58 и максимально уменьшилась его доля в агроценозе (см. рис. 2).

Злаковый компонент в этих условиях проявлял максимальную агрессивность, СА увеличивался до плюс 1,58. В течение вегетационного периода развитие растения злакового компонента смеси оказывали сильное подавляющее воздействие на бобовый компонент смеси. Коэффициент агрессивности бобового компонента в условиях степной зоны не превышал значение –0,95.

Для условий лесостепной зоны Восточной Сибири характерно незначительное угнетение бобовой культуры злаковым компонентом (см. рис. 3).

В смесях ячменя и овса с горохом в данной зоне СА приближается к нулевой отметке, что свидетельствует о благоприятных условиях произрастания культур в бинарных

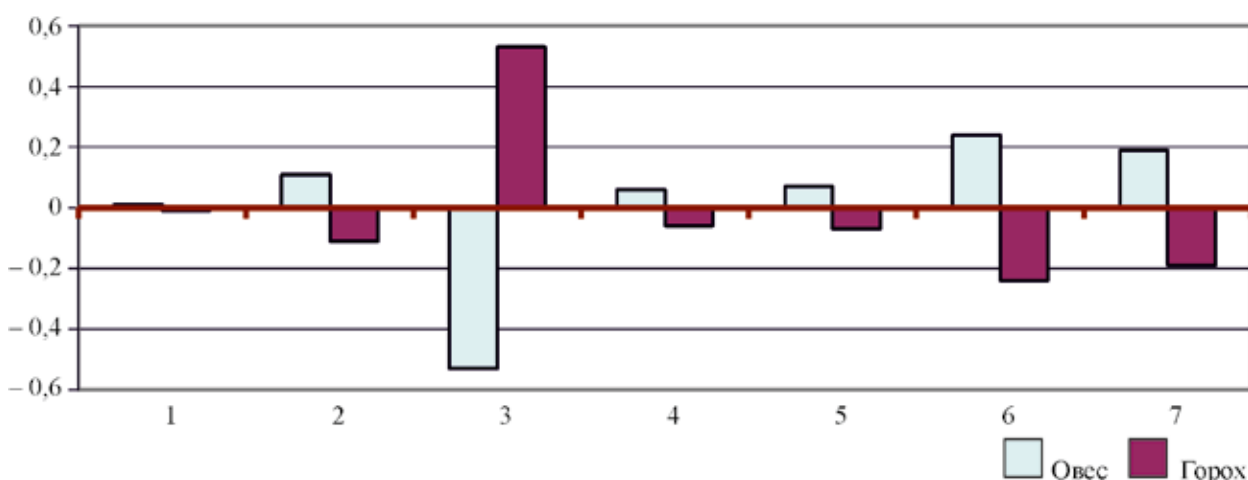


Рис. 1. Коэффициент агрессивности культур смешанных посевов в условиях лесостепной зоны Западной Сибири

Здесь и на рис. 2, 3 варианты посевов: 1. ячмень + горох, 2. овес + горох, 3. пшеница + горох, 4. ячмень + горох + овес, 5. ячмень + горох + пшеница, 6. овес + горох + пшеница, 7. ячмень + горох + овес + пшеница

Fig. 1. Coefficient of aggressiveness of mixed crops cultivated in the forest-steppe zone of Western Siberia

Here and in Fig. 2, 3 sowing options: 1. barley + peas, 2. oats + peas, 3. wheat + peas, 4. barley + peas + oats, 5. barley + peas + wheat, 6. oats + peas + wheat, 7. barley + peas + oats + wheat

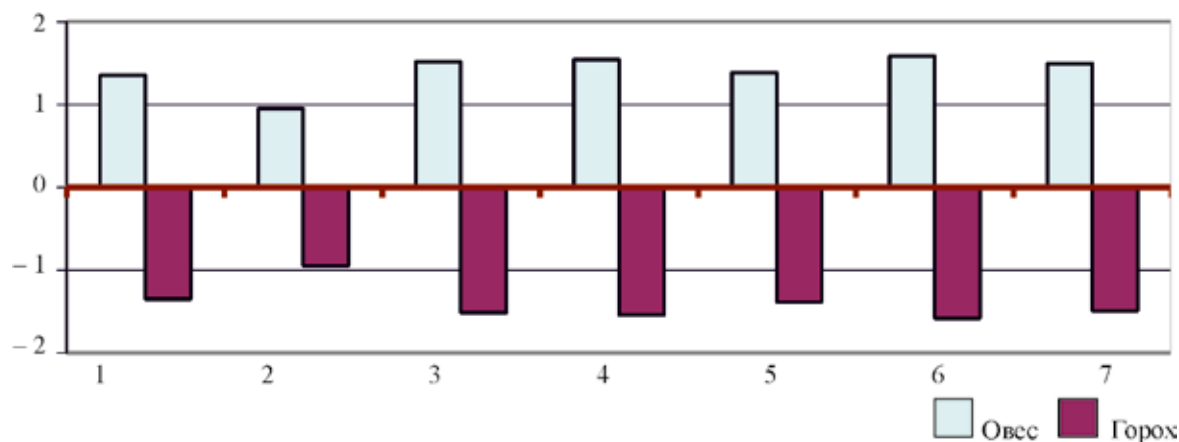


Рис. 2. Коэффициент агрессивности культур смешанных посевов в условиях степной зоны Северной Кулунды

Fig. 2. Coefficient of aggressiveness of mixed crops cultivated in the conditions of the Northern Kulunda steppe zone

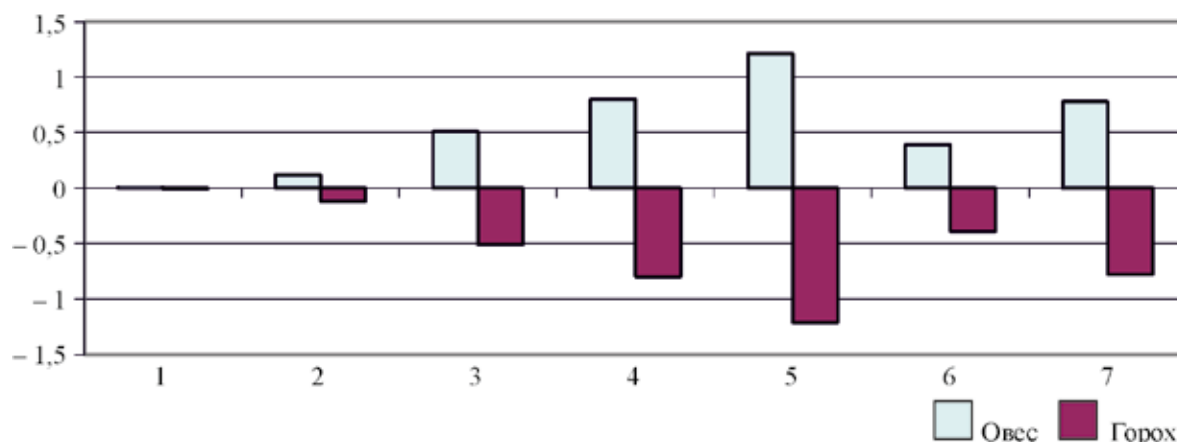


Рис. 3. Коэффициент агрессивности культур смешанных посевов в условиях лесостепной зоны Восточной Сибири

Fig. 3. Coefficient of aggressiveness of mixed crops cultivated in the forest-steppe zone of Eastern Siberia

посевах. Введение второго и третьего злакового компонента в смесь снижает СА гороха до минус 1,21, что свидетельствует о более высокой конкурентоспособности злаков в сложной смеси, о чем свидетельствует высокая доля злаков в урожае смеси.

ВЫВОДЫ

1. В лесостепной зоне Западной Сибири при возделывании на зернофураж преимущество имеют двухкомпонентные смеси с нормой высева 60–75% злакового (ячмень или овес) и 35–50% бобового компонентов (горох). Урожайность составляет 23–29 ц зерна/га с содержанием переваримого протеина

106–110 г/к. ед. и показателем «отношение земельных эквивалентов» 1,17 ед.

2. В условиях степной зоны Западной Сибири наиболее эффективны двухкомпонентные смеси ячменя и пшеницы с пелюшкой (60% злакового и 50% бобового компонента). Урожайность данных ценозов отмечена на уровне контроля, питательность выше на 6–10%. Показатель «отношение земельных эквивалентов» для зоны – 1,21–1,3 ед.

3. В лесостепной зоне Восточной Сибири наибольшую урожайность зерна обеспечили смеси овса с горохом (4,85 ц/га) и овес 30% + горох 50% + ячмень 30% (42,9 ц/га) со значением «отношения земельных эквивалентов» до 1,45 ед.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белюченко И.С. Совмещенные посевы в севообороте агроландшафта: монография. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2016. 262 с.
2. Лапшин Ю.А. Смешанные агроценозы как резерв увеличения производства фуражного зерна и более рационального использования земельных площадей // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2017. № 3 (58). С. 36–42.
3. Золотарёв В.Н. Агробиологические основы возделывания вики посевной (*Vicia sativa* L.) на семена в гетерогенных агроценозах в условиях Центрального Нечерноземья России // Сельскохозяйственная биология. 2016. Т. 51, № 2. С. 194–203.
4. Кашеваров Н.И., Садохина Т.А., Бакишев Д.Ю., Данилова В.В., Мудрова В.Е., Бекенева Л.В., Ерошенко Л.А. Урожайность и качество зернофуража из одновидовых и смешанных посевов в условиях Сибири и Северного Казахстана // Кормопроизводство. 2017. № 1. С. 22–26.
5. Erol A., Kaplan M., Kizilsimsek M. Oats (*Avena sativa*) – common vetch (*Vicia sativa*) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture // Tropical Grasslands. 2009. N 43 (3). P. 191–196.
6. Velazquez-Beltran L.G., Felipe-Perez Y.E., Arriaga-Jordan C.M. Common vetch (*Vicia sativa* L.) for improving the nutrition of working equids in campesino systems on hill slopes in central Mexico // Tropical Animal Health and Production. 2002. N 34 (2). P. 169–179.
7. Tuna C., Orak A. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures // Journal of Agricultural and Biological Science, 2007. Vol. 2(2). P. 14–19.
8. Bingol N.T., Karsli M.A., Yilmaz I.H., Bolat D. The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley // Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences. 2007. Vol. 31(5). P. 297–302.
9. Lithourgidis A.S., Vasilakoglou I.B., Dhimas K.V., Dordas C.A., Yiakoulaki M.D. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios // Field Crops Research. 2006. Vol. 99(2). P. 106–113. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.03.008.
10. Ibrahim Atis, Kagan Kokten, Rustu Hatipoglu, Saban Yilmaz, Mehmet Atak, Ersin Can. Plant density and mixture ratio effects on the competition between common vetch and wheat // Australian Journal of Crop Science. 2012. Vol. 6 (3). P. 498–505.
11. Esmaeil A., Sadeghpour S.M.B., Hosseini E., Jahanzad M.R., Chaichia M. Hashemi M. Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago sativa*) // International Journal of Plant Production. 2012. Vol. 5(4). P. 395–404.
12. Фадеева А.Н., Шурхаева К.Д., Фадеев Е.А., Амбросимова А.Н. Конкурентная способность компонентов смешанного агроценоза гороха с овсом // Зерновые и крупяные культуры. 2017. № 2 (22). С. 67–73.
13. Мицихина О.С., Михайлова Л.А. Биологическая эффективность смешанного посева яровой пшеницы и посевного гороха при уборке на зерно в зависимости от доз азота // Пермский аграрный вестник. 2017. № 3 (19). С. 96–101.
14. Kikvidze Z., Armas C. The effect of initial biomass in manipulative experiments on plants // Functional Ecology. 2006. N 20. P. 1–3.
15. Willey R.W., Rao M.A. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops // Experimental Agriculture. 1980. Vol. 16, N 2. P. 117–125.

REFERENCES

1. Belyuchenko I.S. *Combined crops in the crop rotation of the agricultural landscape*. Krasnodar, Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2016. 262 p. (In Russian).
2. Lapshin Yu.A. Mixed agrophytocenose as a reserve of increase of production of fodder grain and more rational use of the land area. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2017, no. 3 (58), pp. 36–42. (In Russian).
3. Zolotarev V.N. Agrobiological bases of vetch (*Vicia sativa* L.) cultivation for seeds in the Central Russia using heterogeneous agro-cenoses. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*. 2016, vol. 51, no. 2, pp. 194–203. (In Russian).
4. Kashevarov N.I., Sadokhina T.A., Bakshae D. Yu., Danilova V.V., Mudrova V.E., Bekeneva L.V., Eroshenko L.A. Grain fodder

- productivity and quality of monoculture and crop mixtures in Siberia and Northern Kazakhstan. *Kormoproizvodstvo = Fodder production*, 2017, no. 1, pp. 22–26. (In Russian).
5. Erol A., Kaplan M., Kizilsimsek M. Oats (*Avena sativa*) – common vetch (*Vicia sativa*) mixtures grown on a low-input basis for a sustainable agriculture. *Tropical Grasslands*, 2009, no. 43 (3), pp. 191–196.
 6. Velazquez-Beltran L.G., Felipe-Perez Y.E., Arriaga-Jordan C.M. Common vetch (*Vicia sativa* L.) for improving the nutrition of working equids in campesino systems on hill slopes in central Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 2002, no. 34 (2), pp. 169–179.
 7. Tuna C., Orak A. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 2007, vol. 2 (2), pp. 14–19.
 8. Bingol N.T., Karsli M.A., Yilmaz I.H., Bolat D. The effects of planting time and combination on the nutrient composition and digestible dry matter yield of four mixtures of vetch varieties intercropped with barley. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 2007, vol. 31(5), pp. 297–302.
 9. Lithourgidis A.S., Vasilakoglou I.B., Dhima K.V., Dordas C.A., Yiakoulaki M.D. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 2006, vol. 99 (2), pp. 106–113. DOI: 10.1016/j.fcr.2006.03.008).
 10. Ibrahim Atis, Kagan Kokten, Rustu Hatipoglu, Saban Yilmaz, Mehmet Atak, Ersin Can. Plant density and mixture ratio effects on the competition between common vetch and wheat. *Australian Journal of Crop Science*, 2012, vol. 6 (3), pp. 498–505.
 11. Esmaeil A., Sadeghpour S.M.B., Hosseini E., Jahanzad M.R., Chaichia M. Hashemi M. Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley (*Hordeum vulgare*) and annual medic (*Medicago sativa*). *International Journal of Plant Production*, 2012, vol. 5 (4), pp. 395–404.
 12. Fadeeva A.N., Shurkhaeva K.D., Fadeev E.A., Ambrosimova A.N. Competitive ability of components of mixed agroecosystem pea with oats. *Zernovye i krupyanye kul'tury = Legumes and Grain Crops*, 2017, no. 2 (22), pp. 67–73. (In Russian).
 13. Mishchikhina O.S., Mikhailova L.A. Biological efficiency of mixed sowing of spring wheat and pea at harvesting for grain, depending on azote doses. *Permskii agrarnyi vestnik = Perm Agrarian Journal*, 2017, no. 3 (19), pp. 96–101. (In Russian).
 14. Kikvidze Z., Armas C. The effect of initial biomass in manipulative experiments on plants. *Functional Ecology*, 2006, no. 20, pp. 1–3.
 15. Willey R.W., Rao M.A. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. *Experimental Agriculture*, 1980, vol. 16, no. 2, pp. 117–125.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кашеваров Н.И., академик РАН, руководитель
Садокхина Т.А., кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник

✉ **Бакшаев Д.Ю.**, кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией;
адрес для переписки: Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск; СФНЦА РАН, а/я 463; e-mail: bakshaevd@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

Nikolai I. Kashevarov, RAS Member, Head
Tatyana A. Sadokhina, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher

✉ **Dmitrii Yu. Bakshaev**, Candidate of Science in Agriculture, Head of Laboratory; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: bakshaevd@mail.ru

Дата поступления статьи 21.12.2020
Received by the editors 21.12.2020

СКРИНИНГ КОЛЛЕКЦИОННЫХ ОБРАЗЦОВ КОСТРЕЦА БЕЗОСТОГО В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Уразова Л.Д., Литвинчук О.В., Сайнакова А.Б.

*Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук
Томск, Россия*

Представлены результаты изучения коллекционных образцов костреца безостого Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР) для выявления доноров селекционно-ценных признаков. Исследования 2015–2018 гг. проведены в Томской области. Почвы опытных участков дерново-подзолистые, супесчаные по гранулометрическому составу, с содержанием гумуса в пахотном горизонте не более 2%. Учетная площадь делянки 0,5 м². Повторность двукратная. Закладка опытов, фенологические наблюдения, учет урожая и обработка данных проведены согласно методическим рекомендациям Всероссийского научно-исследовательского института кормов им. В.Р. Вильямса, ВИР и методике Государственного сортоиспытания. Годы исследования характеризовались неравномерным распределением тепла и влаги в течение вегетационного периода. Это позволило выявить наиболее адаптивные образцы для использования в селекции костреца безостого сенокосно-пастбищного направления в условиях таежной зоны. Выделен ценный исходный материал по высокорослости – сорта Хабаровский, Титан, Возвышенский, СибНИИСХоз 88, дикорастущие образцы Якутии (К-14215), Вологодской (К-14224), Омской (К-14228), Свердловской (К-14209) областей, местный образец Томской области (К-14226). Выявлены образцы, устойчивые к поражению грибными болезнями, – сорта Моршанский, Хабаровский, Эркээни, дикорастущие образцы Иркутской (К-14221, К-14227), Вологодской (К-14212, К-14224), Омской (К-14228) областей, местный образец Томской области (К-14226). Высокоурожайными по кормовой массе признаны дикорастущие формы Вологодской области (К-14212, К-14222) и местная популяция Томской области (К-14214); высокооблиственными – сорта Приморский 46, СибНИИСХоз 88, дикорастущие формы Коми (К-14208), Иркутской (К-14227), Вологодской (К-14212, К-14224) областей, местные образцы Томской области (К-14214, К-14226); с высокой семенной продуктивностью – сорта Дуэт, Приморский 46, Эркээни, дикорастущие формы Вологодской области (К-14212, К-14224), местный образец Томской области (К-14226). По комплексу основных хозяйственно важных признаков для посева в питомнике поликросса отобраны дикорастущие образцы Вологодской области (К-14212, К-14224), местные образцы Томской области (К-14214, К-14226).

Ключевые слова: кострец безостый, коллекционный питомник, урожайность, хозяйственно важные признаки, устойчивость

SCREENING OF AWNLESS BROMEGRASS COLLECTION SAMPLES IN THE TAIGA ZONE OF WESTERN SIBERIA

Urazova L.D., Litvinchuk O.V., Saynakova A.B.

*Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Tomsk, Russia*

The paper presents the results of the study of collection samples of awnless bromegrass from the Federal Research Center N.I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR) to identify donors of valuable breeding traits. The study was carried in 2015–2018 in Tomsk region. The soils of the experimental plots were sod-podzolic, sandy loam by granulometric composition, with a humus content in the arable layer of no more than 2%. The recorded area of the plot was 0.5 m². The trials were repeated two times. Procedures for trial establishment, phenological observations, harvest recording and data processing were performed in accordance with the methodological

recommendations of the All-Russian Williams Fodder Research Institute, VIR and the State Variety Testing Methodology. The years of the study were characterized by uneven distribution of heat and moisture during the growing season. This made it possible to identify the most adaptive samples for selective breeding of awnless brome grass which can be used as a hay and pasture plant in the taiga zone. The following valuable source materials were selected for tall varieties: Khabarovskiy, Titan, Vozvyshenskiy, SibNIISKhoz 88; samples of wild plants Yakutia (K-14215), Vologda (K-14224), Omsk (K-14228), Sverdlovsk (K-14209) regions, a local sample of Tomsk region (K-14226). The following samples resistant to fungal diseases were identified: Morshanskiy, Khabarovskiy and Erkeeni varieties; samples of wild forms of Irkutsk (K-14221, K-14227), Vologda (K-14212, K-14224), Omsk (K-14228) regions, a local sample of Tomsk region (K-14226). The following high-yielding varieties in terms of fodder mass were recognized: wild forms of Vologda region (K-14212, K-14222) and a local population of Tomsk region (K-14214); highly leafy varieties: Primorskiy 46, SibNIISKHoz 88, wild forms of Komi (K-14208), Irkutsk (K-14227), Vologda (K-14212, K-14224) regions, local samples of Tomsk region (K-14214, K-14226); varieties with high seed yield: Duet, Primorskiy 46, Erkeeni, wild forms of Vologda region (K-14212, K-14224), a local sample of Tomsk region (K-14226). Based on the set of the main economically valuable traits for sowing in a polycross nursery, samples of wild plants from Vologda region (K-14212, K-14224), and local samples of Tomsk region (K-14214, K-14226) were selected.

Keywords: awnless brome grass, collection nursery, yield, economically valuable traits, resistance

Для цитирования: Уразова Л.Д., Литвинчук О.В., Сайнакова А.Б. Скрининг коллекционных образцов костреца безостого в таежной зоне Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 51–59. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-6>

For citation: Urazova L.D., Litvinchuk O.V., Saynakova A.B. Screening of awnless brome grass collection samples in the taiga zone of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 51–59. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-6>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Кострец безостый (*Bromopsis inermis* Leys.) – многолетний верховой рыхлокустовой корневищный злак. Он поедается всеми видами животных, используется в виде зеленой массы, сенажа, обезвоженного корма и пригоден для выпаса, по кормовым достоинствам (питательности, переваримости и поедаемости) оценивается выше многих злаковых трав [1–3].

Высокая урожайность костреца, его выносливость по отношению к недостатку влаги и низким температурам, нетребовательность к почве, способность хорошо отрастать после скашивания и стравливания, иммунность по отношению к грибным болезням делают его одним из ценнейших кормовых злаков [4, 5].

Природно-климатические условия Сибири ограничивают видовой состав возделываемых кормовых культур и их продуктив-

ность, влияют на качество кормов. Создание сортов кормовых культур с высокой продуктивностью и толерантностью к экстремальным условиям Сибири – актуальная задача селекции многолетних злаковых трав [6–8].

В настоящее время первоочередной проблемой для всех зон возделывания костреца безостого является создание продуктивных сортов на корм и семена, обладающих стабильностью урожаев в пространстве и во времени, устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды, болезням, вредителям, сочетающих высокую урожайность зеленой массы с хорошими кормовыми достоинствами [9–11].

Цель исследований – изучить и выявить образцы костреца безостого с высокой продуктивностью и устойчивостью к заболеваниям для использования в селекционном процессе.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Селекционные исследования проведены в 2015–2018 гг. на полях Нарымского отдела селекции и семеноводства Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа – филиала Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук (СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН) в г. Колпашево Томской области. Район исследований отличается экстремальными почвенными и климатическими условиями^{1,2} [12].

В исследованиях использованы коллекционные образцы костреца безостого, полученные из Федерального исследовательского центра Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова (ВИР). В коллекционном питомнике посева 2015 г. изучали по комплексу хозяйственно важных признаков и свойств 24 образца отечественного происхождения: селекционные сорта (12), местные сортообразцы (2), дикорастущие формы из Западной и Восточной Сибири, Европейской части России (10).

Технология закладки основных селекционных и семеноводческих питомников – общепринятая при возделывании многолетних злаковых трав в Западной Сибири [13]. Площадь делянок 0,5 м² в двух повторностях с междурядьями 50 см. Уход за посевами заключался в трех-, четырехкратной прополке с одновременным рыхлением междурядий. Изучение исходного материала в коллекционных питомниках проводили согласно методическим указаниям Всероссийского научно-исследовательского института кормов им. В.Р. Вильямса (ВИК)³. Обработку полученных данных проводили по Б.А. Доспехову⁴ с использованием пакета прикладных программ Snedecor⁵.

На всех этапах изучения вели фенологические наблюдения, которые характеризуют следующие особенности развития: темпы роста, отавность, скороспелость и другие

признаки. В год посева отмечали дату начала появления всходов и дату полных всходов, даты начала и полного кущения, состояние травостоя перед уходом в зиму и дату прекращения вегетации. На второй год жизни и последующие годы испытания травостоя отмечали данные: начало вегетации; даты наступления фаз развития (начало колошения, полное колошение, начало цветения, массовое цветение, массовое созревание семян); даты уборки (на сено – два укоса или на семена); состояние травостоя перед уходом под зиму; дату прекращения вегетации. При общей оценке учитывали облиственность, кустистость, выравненность, густоту стояния травостоя и другие показатели. Глазомерные оценки проводили по пятибалльным шкалам (см. сноску 3).

Густоту травостоя отмечали в первый год изучения при полных всходах и перед уходом в зиму, на второй и последующие годы – при отрастании весной, по укосам и перед уходом в зиму. Зимостойкость определяли путем подсчета перезимовавших и погибших растений согласно методике определения густоты стояния травостоя (см. сноску 3). Его сочетали с определением характера повреждений, причин гибели растений. Измерение высоты растений проводили при использовании на зеленую массу в фазу массового колошения, при учете на семена – в начале созревания семян. Устойчивость к полеганию определяли в начале цветения и созревания семян.

Учет продуктивности зеленой массы проводили при двуукосном использовании: первый – в фазу полного выметывания, второй – по мере достижения укосной спелости (высота травостоя выше 50 см). Облиственность многолетних злаковых трав – показатель качества зеленой массы и сена и один из важных показателей питательной ценности сорта, так как в листьях содержится в 2–3 раза больше сырого белка, чем в сте-

¹Агроклиматические ресурсы Томской области. Л.: Гидрометеониздат, 1975. 147 с.

²Агроклиматический справочник по Томской области. Л.: Гидрометиздат, 1960. 116 с.

³Методические указания по селекции многолетних злаковых трав. М.: ВИК, 2012. 51 с.

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

⁵Сорокин О.Д. Прикладная статистика на компьютере. Новосибирск, 2007. 225 с.

блях [5]. Для определения облиственности использовали пробы, взятые в момент учета урожайности для определения выхода сена.

Семенную продуктивность селекционного материала определяли при посеве образцов в чистом виде по оптимальной агротехнике. Травостой скашивали со всей учетной площади серпом. Обмолоченные семена доводили до кондиций по чистоте и всхожести.

При изучении устойчивости к листовым инфекциям учеты проводили в период максимального развития болезни согласно методическим указаниям ВИРа (см. сноску 6). Для определения степени поражения растений в поле набирали по 20 листьев с каждой делянки, которые затем сравнивали с таблицами шкалы Петерсона и др. [14].

Определение содержания протеина и клетчатки в сухой массе проводили в Лабораторно-аналитическом центре СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН согласно ГОСТ 13496,4–93 и ГОСТ Р 52839–2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экстремальные погодные условия за период исследований позволили оценить селекционный материал на адаптивность к стрессовым факторам среды. Умеренно-холодные зимы 2015/16 – 2017/2018 гг. с высоким снежным покровом образцы переносили хорошо.

В год посева коллекционного питомника (2015) август и сентябрь были несколько прохладнее ($-0,5$ – $-2,6$ °C) и суше ($-28,4$; $-24,8$ мм) средне многолетних значений.

В 2016 г. отрастание костреца безостого отмечено 18 апреля (средняя температура воздуха $4,8$ °C, осадки в виде дождя в конце III декады, отклонение от средне многолетних показателей минус 29 мм). Среднемесячная температура воздуха в мае в 2016 г. $7,8$ °C. Благодаря благоприятным погодным условиям образцы костреца отрастали хорошо.

Отрастание весной в 2017 г. наступило 20 апреля. Средняя температура воздуха в этот период составила $8,8$ °C, осадков не наблюдали. Среднемесячная температура воздуха в мае 2017 г. зарегистрирована $8,3$ °C, осадки в виде дождя и снега были

в I декаде, начале II и III декад (превышение нормы 39 мм). Сухая и жаркая погода I декады июня 2017 г. (температура воздуха доходила до 25 °C при отсутствии осадков) ускорила развитие растений. Засуха отрицательно сказалась на развитии растений, у злаков наблюдали преждевременное пожелтение листьев нижнего яруса. После дождей во II и III декадах июня состояние растений несколько улучшилось, но повреждение засухой в значительной степени повлияло на урожай семян.

Из-за холодной затяжной весны 2018 г. отрастание весной наступило 8 мая, на 18 дней позже, чем в 2017 г. Средняя температура воздуха в этот период составила $12,0$ °C. В мае отмечены среднемесячная температура воздуха $3,7$ °C, осадки в виде дождя и снега в I декаде, начале II и III декад (отклонение от нормы плюс 26 мм). Несмотря на неблагоприятные погодные условия весеннего периода 2018 г., многолетние травы хорошо отрастали. Сухая и жаркая погода I декады июня 2018 г. (температура воздуха доходила до 25 °C) ускорила развитие трав. Теплая и сухая погода в июле – августе способствовала ускоренному созреванию семян.

Густота растений большинства изучаемых номеров за 2015–2018 гг. составила 4–5 баллов. Низкая густота (1–2 балла) отмечена у СГП-7 из Красноярского края и дикорастущего образца Иркутской области (К-14221). Данные оценки совпадают с состоянием травостоя образцов перед уходом в зиму.

По темпам развития изучаемые сорта и дикорастущие популяции костреца безостого относятся к среднеспелым видам. В 2016 г. полное колошение отмечено 14 июня, массовое цветение – 29 июня, созревание семян – 25 июля. В 2017 г. полное колошение зарегистрировано 19 июня, массовое цветение – 28 июня, массовое созревание семян – 4 августа. В 2018 г. полное колошение отмечено 27 июня, массовое цветение – 6 июля, массовое созревание семян – 16 августа. Продолжительность цветения варьировала от 4 до 7 дней. Прекращение вегетации в 2016 г. приходилось

на 12 октября, в 2017 г. – на 22 октября, в 2018 г. – на 29 октября. Продолжительность вегетационного периода в 2016 г. составила 99 дней, в 2017 г. – 106, в 2018 г. – 101 день.

Зимостойкость многолетних злаковых трав определяется условиями жизни и агротехническими приемами выращивания [15]. Благодаря высокому снежному покрову в 2015/16–2017/18 гг., образцы костреца перезимовали хорошо, зимостойкость составила 100%. Растения уходили в зиму в развитом состоянии, скашивание и уборка пожнивных остатков проводились за месяц до наступления постоянных заморозков, поэтому выпадений на посевах не наблюдалось.

В среднем за 2016–2018 гг. высота растений изменялась в фазу массового колошения от 108 до 125 см, в период цветения – от 131 до 150 см. По данным опытов, к высокорослым относятся сорта Хабаровский, Титан, Возвышенский, СибНИИСХоз 88, дикорастущие образцы Якутии (К-14215), Вологодской (К-14224), Омской (К-14228), Свердловской (К-14209) областей, местный образец Томской области (К-14226) (см. табл. 1). При этом образцы костреца отличались высокой устойчивостью к полеганию (4–5 баллов).

Кормовые злаковые травы поражаются большим количеством грибных болезней.

Наиболее широко распространенными являются болезни листьев, они оказывают заметное влияние на качество и количество кормов [12, 16]. В условиях Томской области кострец безостый чаще всего поражается гельминтоспориозом (*Helminthosporium bromi* Died.) и септориозом (*Septoria* sp.). По данным исследований, во время созревания семян поражение листьев гельминтоспориозом в среднем за 2016–2018 гг. составило 19,2–59,3%, септориозом – 0,5–11,3% (у стандарта соответственно 40,9 и 4,5%) (см. табл. 2). Сорта Моршанский, Хабаровский, Эркээни, дикорастущие образцы Иркутской (К-14221, К-14227), Вологодской (К-14212, К-14224), Омской (К-14228) областей, местный образец Томской области (К-14226) проявили высокую устойчивость к данным заболеваниям. Поражение гельминтоспориозом составило 19,2–36,7%, септориозом – 0,5–1,8%.

При сенокосном использовании учет продуктивности у костреца безостого проводили при двуукосном использовании. Первый укос – в фазу полного выметывания 14 июня (2016 г.), 20 июня (2017 г.), 2 июля (2018 г.). Второй укос – 26 июня (2016 г.), 2 августа (2017 г.), 17 августа (2018 г.). В среднем за 2016–2018 гг. урожайность зеленой массы изучаемых образцов составила 19,7–43,3 т/га,

Табл. 1. Высота растений образцов костреца безостого в коллекционном питомнике посева 2015 г., см

Table 1. Plant height samples of awnless brome grass in the collection nursery sown in 2015, cm

Сорт, происхождение	2016 г.	2017 г.	2018 г.	Среднее	± к стандарту
Лангепас, стандарт, Тюменская область	123	132	158	138	0
Титан, Омская область	140	139	172	150	+12
Возвышенский, Кемеровская область	136	135	175	149	+11
СибНИИСХоз 88, Омская область	129	153	159	147	+9
Хабаровский, Хабаровский край	131	144	162	146	+8
К-14215, дикорастущий образец, Якутия	129	135	170	145	+7
К-14224, дикорастущий образец, Вологодская область	124	151	161	145	+7
К-14226, местный образец, Томская область	123	140	168	144	+6
К-14228, дикорастущий образец, Омская область	130	129	174	144	+6
К-14209, дикорастущий образец, Свердловская область	128	136	166	143	+5
НСР ₀₅	8,0	7,0	7,2		

Табл. 2. Оценка поражения болезнями коллекционных образцов костреца безостого посева 2015 г. (средние данные за 2016–2018 гг.), %

Table 2. Assessment of disease damage to collection samples of awnless brome grass sown in 2015 (average data for 2016–2018), %

Образец, происхождение	Гельминто-спориоз	Ржавчина	Мучнистая роса	Септориоз
Лангепас, стандарт, Тюменская область	40,9	0	0	4,5
К-14221, дикорастущий образец, Иркутская область	19,2	0	0	4,8
Хабаровский, Хабаровский край	27,7	0	0	6,8
К-14212, дикорастущий образец, Вологодская область	32,6	1,0	0	11,3
Возвышенский, Кемеровская область	35,9	0	0	4,5
Моршанский 707, Тульская область	36,7	0	0	0,5
СибНИИСХоз 88, Омская область	36,9	0	0	5,3
К-14228, дикорастущий образец, Омская область	51,2	0	0	0,7
Эркээни, Якутия	59,3	0	0	1,0
К-14224, дикорастущий образец, Вологодская область	49,9	0	0	1,0
К-14227, дикорастущий образец, Иркутская область	45,8	0	0	1,0
Дуэт, Архангельская область	45,3	0	0	1,6
К-14226, местный образец, Томская область	48,1	0	0	1,8
Помор, Архангельская область	49,2	0	0	2,4
К-14222, дикорастущий образец, Вологодская область	45,4	0	0	2,4
К-14216, дикорастущий образец, Якутия	53,3	0	0	2,8
К-14215, дикорастущий образец, Якутия	52,8	0	0	2,9
К-14209, дикорастущий образец, Свердловская область	41,2	7,0	0	3,0
Антей, Иркутская область	45,0	0	0	4,0

воздушно-сухой 6,1–13,5 т/га. По данным признакам выделились дикорастущие формы Вологодской области (К-14212, К-14222) и местная популяция Томской области (К-14214). Превышение над стандартным сортом Лангепас составило по урожайности зеленой массы 10,3–11,0%, сухого вещества 5,8–12,5%.

Облиственность изучаемых номеров в среднем за три года изменялась в первом укосе от 53,2% (дикорастущий образец, Омская область) до 66,3% (дикорастущий образец, Коми). Высокой облиственностью отличаются сорта Приморский 46, СибНИИСХоз 88, дикорастущие формы Коми (К-14208), Иркутской (К-14227), Вологодской (К-14212, К-14224) областей, местные образцы Томской области (К-14214, К-14226).

О питательной ценности культуры можно судить по содержанию протеина и клетчатки. Среднее содержание протеина в исследо-

ванных образцах составило 9,6%, клетчатки – 32,9%. По этим показателям сорт Дуэт из Архангельской области (11,0% протеина, 30,95% клетчатки) превзошел стандартный сорт Лангепас (10,8% протеина, 33,49% клетчатки). Низким содержанием клетчатки отличались также дикорастущие образцы из Вологодской области К-14212 (30,4%) и К-14222 (30,69%).

В условиях исследований уборку коллекционных образцов костреца безостого на семена в 2016 г. проводили 26 июля, в 2017 г. – 4 августа, в 2018 г. – 16 августа. В среднем за три года семенная продуктивность изучаемых номеров составила 0,16–0,59 т/га. По урожайности семян существенно превысили стандарт сорта Дуэт, Приморский 46, Эркээни, дикорастущие формы Вологодской области (К-14212, К-14224), местный образец Томской области (К-14226) (см. табл. 3).

Табл. 3. Характеристика лучших образцов костреца безостого в коллекционном питомнике посева 2015 г. при двуукосном использовании (средние данные за 2016–2018 гг.)

Table 3. Characteristics of the best samples of awnless bromegrass sown in the collection nursery in 2015 with double cutting (average data for 2016–2018)

Сорт, происхождение	Урожайность									Об- лис- твен- ность, см
	зеленой массы			сухого вещества			семян			
	т/га	% к стан- дарту	± к стан- дарту	т/га	% к стан- дарту	± к стан- дарту	т/га	% к стан- дарту	± к стан- дарту	
Лангепас, стандарт, Тюменская об- ласть	39,0	100,0	0	12,0	100,0	0	0,41	100,0	0	61,1
К-14212, дикорастущий образец, Вологодская область	43,3	111,0	+4,3	13,5	112,5	+1,5	0,50	122,0	+0,09	61,4
К-14214, местный образец, Томская область	43,0	110,3	+4,0	12,7	105,8	+0,7	0,29	70,7	-0,12	65,5
К-14222, дикорастущий образец, Вологодская область	39,0	100,0	0	10,9	90,8	-1,1	0,32	78,0	-0,09	58,2
К-14224, дикорастущий образец, Вологодская область	39,0	100,0	0	11,2	93,3	-0,8	0,59	143,9	+0,18	62,2
Дуэт, Архангельская область	38,0	97,4	-1,0	12,0	100,0	0	0,57	139,0	+0,16	58,5
Приморский 46, Приморский край	27,3	70,0	-11,7	7,8	65,0	-4,2	0,46	112,2	+0,05	63,2
Эркээни, Якутия	33,7	86,4	-5,3	10,0	83,3	-2,0	0,43	104,9	+0,02	58,7
К-14226, местный образец, Томская область	37,3	95,6	-1,7	11,3	94,2	-0,7	0,42	102,4	+0,01	63,0
НСР ₀₅			3,8			0,5			0,07	

По комплексу основных хозяйствен-
но важных признаков для посева в питом-
нике поликросса отобраны дикорастущие
образцы Вологодской области (К-14212,
К-14224), местные образцы Томской обла-
сти (К-14214, К-14226).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для селекции костреца безостого сено-
косно-пастбищного направления в условиях
таежной зоны Томской области выделены
следующие образцы:

– высокорослые – сорта Хабаровский,
Титан, Возвышенский, СибНИИСХоз 88,
дикорастущие образцы Якутии (К-14215),
Вологодской (К-14224), Омской (К-14228),
Свердловской (К-14209) областей, местный
образец Томской области (К-14226);

– устойчивые к поражению грибными бо-
лезнями – сорта Моршанский, Хабаровский,
Эркээни, дикорастущие образцы Иркутской

(К-14221, К-14227), Вологодской (К-14212,
К-14224), Омской (К-14228) областей, мест-
ный образец Томской области (К-14226);

– отличающиеся высокой урожайностью
зеленой массы, сухого вещества – дикорасту-
щие формы Вологодской области (К-14212,
К-14222) и местная популяция Томской об-
ласти (К-14214);

– высокооблиственные – сорта Приморский
46, СибНИИСХоз 88, дикорастущие формы
Коми (К-14208), Иркутской (К-14227), Воло-
годской (К-14212, К-14224) областей, мест-
ные образцы Томской области (К-14214,
К-14226);

– обладающие высокой семенной про-
дуктивностью – сорта Дуэт, Приморский 46,
Эркээни, дикорастущие формы Вологодской
области (К-14212, 14224), местный образец
Томской области (К-14226).

По комплексу основных хозяйствен-
но важных признаков для посева в питом-

нике поликросса отобраны дикорастущие образцы Вологодской области (К-14212, К-14224), местные образцы Томской области (К-14214, К-14226).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров П.Л. Методика селекции кормовых трав в Сибири: монография. РАСХН. Сибирское отделение. СибНИИРС. НГАУ. Новосибирск, 2003. 396 с.
2. Казарин В.Ф., Казарина А.В., Гуцалюк М.И. Оценка семенной продуктивности костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leys.) и костреца прямого (*Bromopsis erecta* Hubs.) в лесостепи Самарского Заволжья // Кормопроизводство. 2018. № 1. С. 33–39.
3. Todnem J., Lunnan T. Fôrkalitet i typiske enger i fjell- og dalbygder Undersøkte grasarter, blad-faks, engrapp, engsvingel, hundegras, kveke-ogtimotei // NIBIO Rapport. 2017. Vol. 3 (73). URL: <http://hdl.handle.net/11250/2443202>.
4. Кашеваров Н.И., Тюрюков А.Г., Осипова Г.М. Урожайность костреца безостого в разных природно-климатических зонах Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 11. С. 81–83.
5. Осипова Г.М. Кострец безостый (особенности биологии и селекция в условиях Сибири): монография. РАСХН. Сибирское отделение. СибНИИ кормов. Новосибирск, 2006. 228 с.
6. Кашеваров Н.И., Полюдина Р.И., Потапов Д.А. Генетические ресурсы кормовых растений Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2016. № 4. С. 36–43.
7. Уразова Л.Д., Литвинчук О.В. Селекция многолетних злаковых трав в таежной зоне Западной Сибири // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2017. Т. 47. № 2 (255). С. 49–55.
8. Юсова О.А. Новые источники повышенного качества зеленой массы многолетних трав в условиях южной лесостепи Западной Сибири // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2018. № 179 (4). С. 39–49. DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-39-49.
9. Липовцына Т.П. Результаты селекции костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leyss.) в Северном Зауралье // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2016. № 4. С. 15–21.
10. Шатский И.М., Иванов И.С., Перепра-

во Н.И., Золотарев В.Н., Сапрыкина Н.В., Лабинская Р.М., Степанова Г.В., Георгиади Н.И., Тарасенко Н.Ф. Селекция и семеноводство многолетних трав в Центрально-Черноземном регионе России: монография. Воронеж: ОАО «Воронежская областная типография», 2016. 236 с.

11. Феоктистова Н.А. Влияние возраста травостоя на урожайность зеленой массы костреца безостого (*Bromopsis inermis*) в Тюменской области // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2019. № 180 (2). С. 30–37. DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-30-37.
12. Уразова Л.Д., Литвинчук О.В., Сайнакова А.Б. Дикорастущие образцы костреца безостого как доноры селекционных признаков // Научная жизнь. 2019. Т. 14, вып. 7. С. 1073–1080. DOI: 10.35679/1991-9476-2019-14-7-1073-1080.
13. Гончаров П.Л. Кормовые культуры Сибири: биолого-ботанические основы возделывания: монография. Новосибирск: издательство Новосибирского университета, 1992. 263 с.
14. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals // Canadian Journal of Research. 1948. Vol. 26. P. 496–500.
15. Глинчиков И.М. Семеноводство многолетних и однолетних кормовых культур в Сибири: монография. РАСХН. Сибирское отделение. СибНИИ кормов. Новосибирск, 2002. 266 с.
16. Уразова Л.Д., Литвинчук О.В., Сайнакова А.Б. Поиск источников устойчивости костреца безостого к болезням в таежной зоне // Защита и карантин растений. 2019. № 9. С. 48–49.

REFERENCES

1. Goncharov P.L. *Methods of breeding forage grasses in Siberia*. RAAS. Siberian branch. SibNIIRS. NSAU. Novosibirsk, 2003, 396 p. (In Russian).
2. Kazarin V.F., Kazarina A.V., Gutsalyuk M.I. Seed productivity of smooth brome (*Bromopsis inermis* Leys.) and erect brome (*Bromopsis erecta* HUBS.) in the forest-steppe of the Samara Trans-Volga region. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2018, no. 1, pp. 33–39. (In Russian).
3. Todnem J., Lunnan T. Fôrkalitet i typiske enger i fjell- og dalbygder Undersøkte grasarter, blad-faks, engrapp, engsvingel, hundegras, kve-

- keogtimotei. *NIBIO Rapport*, 2017, vol. 3 (73), URL: <http://hdl.handle.net/11250/2443202>.
4. Kashevarov N.I., Tyuryukov A.G., Osipova G.M. Productivity of awnless brome under different climatic zones of Siberia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2015, vol. 29, no. 11, pp. 81–83. (In Russian).
 5. Osipova G.M. *Awnless brome (Features of biology and breeding in Siberia)*. RAAS. Siberian branch. Siberian Research Institute of Animal Feed. Novosibirsk, 2006, 228 p. (In Russian).
 6. Kashevarov N.I., Polyudina R.I., Potapov D.A. Genetic resources of fodder plants in Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2016, no. 4, pp. 36–43. (In Russian).
 7. Urazova L.D., Litvinchuk O.V. Breeding of perennial grasses in the taiga zone of Western Siberia. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2017, vol. 47, no. 2 (255), pp. 49–55. (In Russian).
 8. Yusova O.A. New sources of higher green matter quality for perennial grasses in the southern forest-steppe environments of Western Siberia. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2018, no. 179 (4), pp. 39–49. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2018-4-39-49.
 9. Lipovtyna T.P. Results of awnless brome-grass (*Bromopsis inermis* Leyss.) breeding in the Northern Trans-Ural Region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East*, 2016, no. 4, pp. 15–21. (In Russian).
 10. Shatskii I.M., Ivanov I.S., Perepravo N.I., Zolotarev V.N., Saprykina N.V., Labinskaya R.M., Stepanova G.V., Georgiadi N.I., Tarasenko N.F. *Breeding and seed production of perennial grasses in the Central Chernozem region of Russia*. Voronezh. Voronezh Regional Printing House, 2016, 236 p. (In Russian).
 11. Feoktistova N.A. The effect of smooth brome (*Bromopsis inermis*) stands on their herbage yield in Tyumen region. *Trudy po prikladnoi botanike, genetike i selektsii = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*, 2019, no. 180 (2), pp. 30–37. (In Russian). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-2-30-37.
 12. Urazova L.D., Litvinchuk O.V., Sainakova A.B. Awnless brome wild-growing specimens as donors of selection traits. *Nauchnaya zhizn' = Scientific Life*, 2019, vol. 14. issue. 7, pp. 1073–1080. (In Russian). DOI: 10.35679 / 1991-9476-2019-14-7-1073-1080.
 13. Goncharov P.L. *Forage crops of Siberia: biological and botanical foundations of cultivation*. Novosibirsk. Novosibirsk University Press, 1992. 263 p. (In Russian).
 14. Peterson R.F., Campbell A.B., Hannah A.E. A diagrammatic scale for estimating rust intensity of leaves and stem of cereals. *Canadian Journal of Research*. 1948, vol. 26, pp. 496–500.
 15. Glinchikov I.M. *Seed growing of perennial and annual forage crops in Siberia*. RAAS. Siberian branch. Siberian Research Institute of Animal Feed. Novosibirsk. Novosibirsk, 2002, 266 p. (In Russian).
 16. Urazova L.D., Litvinchuk O.V., Sainakova A.B. Search for sources of the *Bromus inermis* resistance to diseases in the taiga zone. *Zashchita i karantin rastenii = Board of Plant Protection and Quarantine*, 2019, no. 9, pp. 48–49. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Уразова Л.Д., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

✉ **Литвинчук О.В.**, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник;
адрес для переписки: Россия, 636464, Томская область, г. Колпашево, ул. Науки, 20; e-mail: Narym@mail2000.ru

Сайнакова А.Б., кандидат сельскохозяйственных наук, директор; e-mail: Sibniit@mail.tomsknet.ru

AUTHOR INFORMATION

Lubov D. Urazova, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

✉ **Olga V. Litvinchuk**, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher; **address:** 20, Nauki, St., Kolpashevo, 636464, Russia; e-mail: Narym@mail2000.ru

Anna B. Saynakova, Candidate of Science in Agriculture, Director; e-mail: Sibniit@mail.tomsknet.ru

Дата поступления статьи 30.11.2020
Received by the editors 30.11.2020

УРОЖАЙНОСТЬ И КОРМОВЫЕ КАЧЕСТВА ТРИТИКАЛЕ В СМЕШАННЫХ ПОСЕВАХ С ВЫСОКОБЕЛКОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ

Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю.

*Научно-исследовательский институт ветеринарии Восточной Сибири – филиал Сибирского федерального научного центра агrobiотехнологий Российской академии наук
Забайкальский край, г. Чита, Россия*

Представлены результаты полевых и лабораторных исследований по возделыванию тритикале в смешанных посевах с высокобелковыми культурами. Исследования выполнены в 2015–2017 гг. на лугово-черноземной мучнисто-карбонатной почве, по гранулометрическому составу – легкий суглинок, в лесостепной зоне Забайкалья. Дана оценка тритикале в одновидовых и смешанных посевах по адаптивности к условиям выращивания, урожайности, показаны хозяйственно ценные признаки данных посевов. Установлена возможность повышения урожайности и кормовых качеств агроценозов путем использования тритикале в смешанных посевах с высокобелковыми культурами. В среднем за годы исследований по урожайности и кормовым качествам смешанные посевы превосходили одновидовые агроценозы тритикале по зеленой массе в 1,6–1,9 раза, переваримому протеину в 2,6–3,7 раза. В смешанных посевах наилучшие результаты обеспечили тритикале с кормовыми бобами, урожайность зеленой массы составила 40,5 т/га, сухого вещества – 5,70 т/га, содержание кормовых единиц – 4,67 т/га, переваримого протеина – 785 кг/га, обменной энергии – 57,6 ГДж/га. Обеспеченность одной кормовой единицы переваримым протеином – 168 г. Смешанные посевы тритикале с кормовыми бобами увеличили продуктивность в сравнении с одновидовыми посевами по урожайности зеленой массы в 1,3–1,9 раза, сухого вещества в 1,4–1,9, по сбору кормовых единиц в 1,4–2,0, валовой энергии в 1,5–2,0 раза. Все культуры устойчивы по засухе и полеганию. Отмечено отсутствие пораженности тритикале вредителями и болезнями.

Ключевые слова: тритикале, редька масличная, рапс яровой, бобы, смешанные посевы, урожайность, качество, адаптивность

YIELD AND FEED QUALITIES OF TRITICALE MIXED WITH HIGH-PROTEIN CROPS

Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu.

*Research Institute of Veterinary Science of Eastern Siberia – Branch of the Siberian Federal Scientific Centre of ArgoBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Chita, Trans-Baikal Territory, Russia*

The results of field and laboratory studies on the cultivation of triticale mixed with high-protein crops are presented. The study was carried out during the period of 2015-2017 on meadow chernozem mealy-carbonate soil, light loam by granulometric composition, in the forest-steppe zone of Trans-Baikal Territory. The assessment of triticale in single-species and mixed crops for adaptability to growing conditions and yield is given. Economically valuable traits of these crops are shown. The possibility of increasing the yield and feed qualities of agroecosystems by sowing triticale with high-protein crops was established. On average, over the years of research, mixed crops outperformed single-species triticale agroecosystems in terms of yield and feed quality, green mass by 1.6-1.9 times, digestible protein by 2.6-3.7 times. In mixed crops, triticale with fodder beans provided the best results, the yield of green mass was 40.5 t/ha, dry matter – 5.70 t/ha, feed units – 4.67 t/ha, digestible protein – 785 kg/ha, exchange energy – 57.6 GJ/ha, availability of digestible protein per one feed unit – 168 g. Triticale crops mixed with fodder beans increased productivity compared with single-species crops in terms of green mass yield by 1.3-1.9 times, dry matter by 1.4-1.9 times, feed units by 1.4-2.0 times, gross energy by 1.5-2.0 times. All crops are resistant to drought and lodging. The absence of pest and disease infestation in triticale was noted.

Keywords: triticale, oilseed radish, spring rapeseed, beans, mixed crops, yield, quality, adaptability

Для цитирования: Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Урожайность и кормовые качества тритикале в смешанных посевах с высокобелковыми культурами // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 60–66. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-7>

For citation: Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu. Yield and feed qualities of triticale mixed with high-protein crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 60–66. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-7>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Создание прочной кормовой базы для полноценного кормления сельскохозяйственных животных и повышения их продуктивности требует увеличения производства всех видов кормов и улучшения их качества^{1,2} [1–13].

Значительная роль в устойчивом производстве высококачественных кормов отводится созданию высокопродуктивных агроценозов из мятликовых культур и их смесей, адаптивных к условиям выращивания. Правильно подобранный набор культур в агроценозах обеспечивает оптимальную густоту и плотность стеблестоя, формирование ярусности, наиболее равномерное использование факторов жизни растений (влаги, света, питательных веществ), позволяет формировать высокие урожаи вегетативной массы и повышать питательную ценность кормов.

Из мятликовых культур, возделываемых в Забайкалье, большое значение имеет тритикале – новая для края культура. Она обладает повышенной устойчивостью к засухе и осыпанию зерна, представляет аллоплоид, сочетающий в себе высокую продуктивность пшеницы и адаптивную устойчивость ржи к неблагоприятным условиям и болезням. В 100 кг зеленой массы содержится 22–25 к. ед., 2,3–2,7 кг переваримого протеина. Зерно и отруби используют на фураж как высокобелковый и высоколизиновый корм для скота и птиц. Кормовые сорта тритикале дают до 500–600 ц зеленой массы/га. Тритикале – перспективная культура, применение

которой может увеличить производство кормов и зерна в Забайкалье [8–9].

Смешанные посевы культурных растений широко распространены с древних времен, они дают возможность эффективно использовать агроклиматические ресурсы за счет формирования высокопродуктивных агроценозов [14]. Доказано, что смеси тритикале с однолетними высокобелковыми культурами дают наиболее богатый протеином и лучшем поедаемый животными корм [15, 16].

Перечисленные питательные качества в сочетании с высокой урожайностью в смешанных посевах определяют большое значение тритикале для укрепления кормовой базы в животноводстве Забайкальского края [2, 8–10, 17].

Цель исследований – оценить эффективность использования тритикале в смешанных посевах с высокобелковыми культурами для повышения продуктивности и питательной ценности кормовых агроценозов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в 2015–2017 гг. на полях Научно-исследовательского института ветеринарии Восточной Сибири – филиала Сибирского федерального научного центра агробιοтехнологий Российской академии наук, расположенных в Ингодинско-Читинской лесостепи Забайкальского края.

Климат зоны резко континентальный с малоснежной холодной зимой, жарким летом и недостатком атмосферных осадков. Продолжительность безморозного периода 90–110 дней. Сумма положительных тем-

¹Пирйо А., Пеннати А., Пекка Х. и др. Кормление дойной коровы. Вантаа: Союз центров «ПроАгрия», 2009. 127 с.

²Васина Н.В., Бордюговская А.В. Кормовая продуктивность культуры смесей раннего срока посева при разных уровнях минерального питания // Достижения науки агропромышленному комплексу. Самара, 2014. С. 16–19.

температур выше 10 °С составляет 1500–1800°. Годовая сумма осадков 330–380 мм, основное их количество (85–90%) выпадает в теплый период, максимальное – в июле – августе, минимальное – в мае – июне.

В годы исследований погодные условия в период вегетации различались. Вегетационные периоды (апрель – сентябрь) 2015, 2016 гг. отмечены характерными для лесостепной зоны Забайкалья, выпало 270,2; 194,7 мм осадков при средней многолетней норме 276 мм. Среднемесячная температура воздуха за эти периоды составила 11,2; 11,4 °С при средней многолетней норме 11,2 °С. Гидротермические коэффициенты (ГТК) вегетационных периодов составили (0,9; 0,7 соответственно). Распределение осадков по месяцам вегетационных периодов было неравномерным, в отдельные периоды зарегистрирована высокая температура воздуха и почвы. Вегетационный период 2017 г. отличался повышенной влагообеспеченностью. Всего за апрель – сентябрь выпало 317,6 мм осадков. Отклонение от среднемноголетнего показателя (276,0 мм) составило 41,6 мм, или 15,1%. Среднесуточная температура воздуха в среднем за вегетационный период не превышала 15,4 °С.

В целом климатические условия, создавшиеся в годы исследований, позволили растениям изучаемых культур реализовать максимальный продуктивный потенциал и сформировать достаточно высокий урожай кормовой массы, что указывает на их адаптивность к экстремальным условиям Забайкальского края.

Почва опытного участка лугово-черноземная мучнисто-карбонатная, гранулометрический состав – легкий суглинок. Реакция почвенного раствора пахотного горизонта слабокислая, подпахотного – нейтральная. Количество органического вещества в слое 0–20 см на уровне 3,67%, общего азота 0,3%. Обеспеченность подвижным фосфором низкая, обменным калием средняя.

Площадь посевной делянки 100 м², учетной на кормовые цели – 25 м², повторность четырехкратная, расположение делянок последовательное.

Агротехника возделывания кормовых культур общепринятая в зоне [18]. Минеральные удобрения под тритикале и кормовые бобы внесли под предпосевную культивацию в норме N₆₀P₆₀R₆₀, под рапс яровой и редьку масличную внесли дробно – под предпосевную культивацию N₆₀P₄₁K₆₀ и P₁₉ при посеве. Посев кормовых культур провели в оптимальные рекомендуемые сроки (вторая половина мая) рядовым способом сеялкой СН-16 с нормой высева: тритикале 4,0–4,5 млн всхожих семян/га, рапс яровой 3,0, редьку масличную 3,0, кормовые бобы 1,2 млн всхожих семян/га. Состав и норма высева культур в двухкомпонентных смесях: тритикале – 70%, рапс яровой, редька масличная, кормовые бобы – 50%. Глубина заделки семян: тритикале 5–8 см, рапс яровой 2–4, редька масличная 3–4, кормовые бобы 6–8 см. Посев смесей кормовых культур проводили за один проход сеялки. Учет урожая зеленой массы определяли сплошным способом с площади 25 м².

Объекты исследований – районированные сорта изучаемых культур: тритикале Укро, рапс яровой Шпат, редька масличная Тамбовчанка, кормовые бобы Сибирские.

Экспериментальная работа проведена в соответствии с методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами в сопровождении лабораторно-полевых наблюдений^{3–6}.

Данные учетов урожая статистически обработаны методом дисперсионного анализа по Р.А. Фишеру в изложении Б.А. Доспехова (см. сноску 4). Анализ растительных образцов осуществляли в агрохимической лаборатории института по общепринятым методикам.

³Методика по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М., 1983. 197 с.

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

⁵Опытное дело в полеводстве. М.: Россельхозиздат, 1982. 190 с.

⁶Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1985. 267 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследований показали, что изучаемые культуры неодинаково реагировали на почвенные и климатические условия произрастания. Период от посева до всходов по изучаемым культурам составил 10–15 дней. Период всходы – бутонизация у капустовых культур – 26–37 дней, кормовых бобов – 36 дней. Период всходы – кущение тритикале – 12 дней, всходы – колошение – 42; всходы – цветение у тритикале – 58, рапса ярового и редьки масличной – 37–46, кормовых бобов – 52 дня (см. табл. 1).

По оценке реакции к засухе, предусмотренной методикой, основным критерием которой является пожелтение прикорневых листьев и потеря тургора, все изучаемые культуры обладают засухоустойчивостью, в то же время хорошо реагируют на влагообеспеченность.

Наблюдениями за линейным ростом изучаемых культур установлено, что наиболее интенсивно в период вегетации развивались растения тритикале и рапса ярового, у которых высота к уборке составила 120 см. Образцы редьки масличной и кормовых бобов имели высоту к уборке 114–

116 см. В поливидовых посевах наблюдали незначительное взаимоугнетение и снижение высоты растений на 2–18 см в сравнении с одновидовыми посевами (см. табл. 2).

Определение облиственности растений тритикале показало, что в смешанных посевах облиственность растений уступала одновидовым на 2–4%. Наибольшая облиственность – 53–57% в одновидовых и смешанных посевах получена у тритикале и кормовых бобов, наименьшая – 43–46% у рапса ярового и редьки масличной.

В ходе исследований установлено, что продуктивность тритикале, рапса ярового, редьки масличной и кормовых бобов в одновидовых и смешанных посевах разная (см. табл. 3).

Исследования показали различные закономерности роста, развития, формирования урожайности и питательной ценности изучаемых культур в агроценозах в зависимости от вида культур и способа посева.

Благоприятные условия тепло- и влагообеспеченности и питательного режима в годы исследований положительно сказались на прохождении физиологических процессов в растениях и способствовали формированию элементов структуры урожая и урожайности по вариантам опыта (см. табл. 2, 3). Максимальная урожайность зеленой и сухой массы

Табл. 1. Продолжительность межфазных периодов, дни (среднее за 2015–2017 гг.)

Table 1. Duration of interphase periods, days (on average for 2015–2017)

Вариант	Период				
	посев – всходы	всходы – бутонизация	всходы – кущение	всходы – колошение	всходы – цветение
Тритикале	15	–	12	42	58
Рапс яровой	11	37	–	–	46
Редька масличная	10	36	–	–	37
Кормовые бобы	15	36	–	–	52
Тритикале + рапс яровой	15 11	– 37	12 –	42 –	58 46
Тритикале + редька масличная	15 10	– 26	12 –	42 –	58 37
Тритикале + кормовые бобы	15 15	– 36	12 –	42 –	58 52

Табл. 2. Высота и облиственность растений в агроценозах (в среднем за 2015–2017 гг.)

Table 2. Height and leaf formation of plants in agrocnoses (on average for 2015–2017)

Культура	Высота стебля, см	Облиственность, %
Тритикале	120	57
Рапс яровой	120	45
Редька масличная	116	46
Кормовые бобы	114	56
Тритикале + рапс яровой	107 102	53 43
Тритикале + редька масличная	110 114	54 44
Тритикале + кормовые бобы	115 110	53 54

Табл. 3. Продуктивность и питательная ценность тритикале в смешанных посевах с высокобелковыми культурами (среднее за 2015–2017 гг.)**Table 3.** Productivity and nutritional value of triticale mixed with high-protein crops (average for 2015–2017)

Культура	Зеленая масса, т/га	Сухое вещество, т/га	Кормовые единицы, т/га	Переваримый протеин, кг/га	Количество переваримого протеина на 1 к. ед., г	Валовая энергия, ГДж/га
Тритикале	20,8	3,00	2,30	212	92	29,1
Рапс яровой	28,9	3,60	3,30	627	190	38,2
Редька масличная	30,2	3,62	2,82	558	198	35,5
Кормовые бобы	30,0	4,05	3,12	702	225	39,7
Тритикале + рапс яровой	33,3	4,20	3,60	572	159	43,3
Тритикале + редька масличная	35,1	4,25	3,36	541	161	42,1
Тритикале + кормовые бобы	40,5	5,70	4,67	785	168	57,6
НСР ₀₅	2,8	0,15	0,13			

Примечание. Соотношение компонентов в смешанных посевах составляло: тритикале – 25% + рапс яровой – 75%; тритикале – 25% + редька масличная – 75%; тритикале – 40% + кормовые бобы – 60%.

получена в варианте тритикале + кормовые бобы (40,5 и 5,7 т/га). Этот вариант превосходил смесь тритикале с рапсом яровым и редькой масличной на 5,4–7,2 и 1,45–1,50 т/га. Наименьшая урожайность зеленой массы (20,8 т/га) и сухого вещества (3,0 т/га) получена при посеве тритикале в одновидовом посеве. Одновидовой посев уступал по данным показателям смешанным посевам тритикале с высокобелковыми культурами соответственно на 12,5–19,7 и 1,20–2,70 т/га. Так, в смешанном посеве тритикале + кормовые бобы получен более высокий сбор кормовых единиц 4,67 т/га, переваримого протеина – 785 кг/га, валовой энергии – 57,6 ГДж/га с обеспеченностью одной кормовой единицы переваримым протеином 168 г.

ВЫВОДЫ

1. В лесостепной зоне Забайкальского края максимальную кормовую продуктивность формируют агроценозы смешанных посевов тритикале с кормовыми бобами. В результате исследований достигнуты показатели: урожайность зеленой массы 40,5 т/га, сбор кормовых единиц 4,67 т/га, количество переваримого протеина 785 кг/га, содержание валовой энергии 57,6 ГДж/га с обеспеченностью переваримым протеином 168 г/к. ед.

2. Смешанные посевы тритикале с кормовыми бобами увеличивали продуктивность в сравнении с одновидовыми посевами тритикале по сбору кормовых единиц в 2,0 раза, переваримому протеину в 3,7, валовой энергии в 2,0 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новиков С.А., Шевченко В.А. Экономическая целесообразность возделывания программируемых урожаев яровой тритикале и пелюшки в чистых и смешанных посевах в условиях Верхневолжья // Кормопроизводство. 2014. № 1. С. 7–12.
2. Бенц В.А., Кашеваров Н.И., Демарчук Г.А. Полевое кормопроизводство в Сибири: монография. Новосибирск: издательство СО РАСХН, 2001. 240 с.
3. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Кормопроизводство – важнейшее направление в экономике сельского хозяйства России // АПК: Экономика, управление. 2011. № 1. С. 22–27.
4. Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Мятликовые культуры в одновидовых и поливидовых посевах с редькой масличной в кормопроизводстве Забайкалья // Кормопроизводство. 2019. № 6. С. 34–37.
5. Андреева О.Т., Пилипенко Н.Г., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Перспективные малораспространенные мятликовые и зернобобовые кормовые культуры // Сибирский

- вестник сельскохозяйственной науки. 2020. № 4. С. 32–39. DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-4.
6. Агафонов В.А., Бояркин Е.В., Матаис Л.Н. Эффективность возделывания проса кормового в смешанных посевах с высокобелковыми культурами в условиях Предбайкалья // Вестник ИрГСХА. 2018. Вып. 84. С. 7–13.
7. Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю. Повышение продуктивности мятликовых агроценозов в Забайкальском крае // Кормопроизводство. 2017. № 6. С. 16–22.
8. Шашкова Г.Г., Цыганова Г.П., Андреева О.Т. Возделывание сельскохозяйственных культур в Забайкальском крае: монография. Чита: Экспресс-издательство, 2012. С. 240–241, 275–279.
9. Шашкова Г.Г., Андреева О.Т., Цыганова Г.П. Агротехнологии производства и качество кормов в Забайкальском крае: монография. Чита: Читинская городская типография, 2015. 390 с.
10. Кашеваров Н.И., Данилов В.П., Полюдина Р.И., Андреева О.Т., Мустафин А.М. Агротехнологии производства кормов в Сибири: монография. Новосибирск: издательство СО РАСХН, 2013. 248 с.
11. Щукис Е.Р. Кормовые культуры на Алтае: монография. Барнаул: ГНУ Алтайский НИИСХ Россельхозакадемии, 2013. 182 с.
12. Агафонов В.А., Бояркин Е.В., ГлушакOVA О.А., Гренда С.Г. Поливидовые фитоценозы новых сортов зернофуражных культур с бобовыми в лесостепи Предбайкалья // Кормопроизводство. 2014. № 10. С. 14–18.
13. Насиев Б.Н. Подбор одновидовых и смешанных посевов кормовых культур для адаптивного земледелия Западного Казахстана // Кормопроизводство. 2014. № 3. С. 35–38.
14. Баранова В.В., Логуа М.Т., Малаев В.А. Эффективность высокопродуктивных многокомпонентных смесей с бобовыми // Кормопроизводство. 2003. № 6. С. 16–19.
15. Гамко Л.Н., Подольников В.Е., Малявко И.В., Нуриев Г.Г., Мысик А.Т. Качественные корма – путь к получению высокой продуктивности животных и птицы и экологически чистой продукции // Зоотехния. 2016. № 5. С. 6–7.
16. Томмэ М.Ф. Корма СССР. М., 1959. С. 272–350.
17. Андреева О.Т., Сидорова Л.П., Харченко Н.Ю., Хлебникова Е.Н. Повышение продуктивности силосных агроценозов в Забайкальском крае // Кормопроизводство. 2015. № 11. С. 6–9.
18. Андреева О.Т., Цыганова Г.П., Климова Э.В. Зональные системы земледелия Читинской области: монография. Чита: Областное книжное издательство, 1988. 182 с.

REFERENCES

1. Novikov S.A., Shevchenko V.A. Economical expedience of cultivating spring triticale and field pea for the programmed yields in pure and mixed crops in the Upper Volga. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2014, no. 1, pp. 7–12. (In Russian).
2. Benz V.A., Kashevarov G.A., Demarchuk G.A. *Field fodder production in Siberia*. Novosibirsk, SB RAS Publ., 2001, 240 p. (In Russian).
3. Kosolapov V.M., Trofimov I.A. Feed production is the most important direction in the economy of agriculture of Russia. *APK: Ekonomika, upravlenie = AIC: Economy, management*, 2011, no. 1, pp. 22–27. (In Russian).
4. Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Harchenko N.YU. Poaceae as monocultures and mixtures with oilseed radish in forage production of Transbaikalia. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2019, no 6, pp. 34–37. (In Russian).
5. Andreeva O.T., Pilipenko N.G., Sidorova L.P., Harchenko N.Yu. Promising uncommon poaceous and leguminous fodder crops. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2020, vol. 50, no. 4, pp. 33–39. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2020-4-4.
6. Agafonov V.A., Boyarkin E.V., Matais L.N. The efficiency of forage millet cultivation in mixed sowings with high-protein crops under conditions of Pre-Baikal region. *Vestnik IrGSKhA = Vestnik IrGSHA*, 2018, is. 84, pp. 7–13. (In Russian).
7. Andreeva O.T., Sidorova L.P., Harchenko N. Yu. Increasing productivity of gramineous agrocnoses on the Trans-Baikal Territory. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2017, no. 6, pp.16–22. (In Russian).
8. Shashkova G.G., Tsyganova G.P., Andreeva O.T. *Crop cultivation in the Trans-Baikal Territory*, Chita, Express Publishing, 2012. pp. 240–241, 275–279. (In Russian).
9. Shashkova G.G., Andreeva O.T., Tsyganova G.P. *Agricultural production technologies and feed quality in the Trans-Baikal Territory*. Chita, Chita City Printing House, 2015, 390 p. (In Russian).

10. Kashevarov N.I., Danilov V.P., Polyudina R.I., Andreyeva O.T., Mustafin A.M. *Agrotechnologies of feed production in Siberia*. Novosibirsk, SB RAS, 2013, 248 p. (In Russian).
11. Shchukis Ye.R. *Fodder crops in Altai*. Barnaul: Altai Research Institute of Agriculture of the Russian Agricultural Academy, 2013. 182 p. (In Russian).
12. Agafonov V.A., Boyarkin E.V., Glushkova O.A., Grenda S.G. Multispecies phytoce-noses of new varieties of cereals and pulses in the forest-steppe of the Cis-Baikal region. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2014, no. 10, pp. 14–18. (In Russian).
13. Nasiev B.N. Selection of single-species and mixed crops of forage crops for adaptive agriculture in Western Kazakhstan. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2014, no. 3, pp. 35–38. (In Russian).
14. Baranova V.V., Logua M.T., Malaev V.A. Efficiency of highly productive multicomponent mixtures with legumes. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2003, no. 6, pp. 16–19. (In Russian).
15. Gamko L.N., Podol'nikov V.Ye., Malyavko I.V., Nuriyev G.G., Mysik A.T. Qualitative feeds is a way to obtain high productivity and ecologically safe foodstuffs. *Zootechniya*, 2016, no. 5, pp. 6–7. (In Russian).
16. Tomme M.F. *Feed USSR*. Moscow, 1959, pp. 272–350. (In Russian).
17. Andreeva O.T., Sidorova L.P., Kharchenko N.Yu., Khlebnikova E.N. Increasing the productivity of silage agrocenoses in Trans-Baikal Territory. *Kormoproizvodstvo = Fodder Production*, 2015, no. 11, pp. 6–9. (In Russian).
18. Andreeva O.T., Cyganova G.P., Klimova E.V. *Zonal farming systems of Chita Region*. Chita, Oblastnoe knizhnoe izdatel'stvo, 1988, 182 p. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Андреева О.Т.**, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, **адрес для переписки:** Россия, 672010, Забайкальский край, г. Чита-10, ул. Кирова, 49, а/я 470; e-mail: vetinst@mail.ru

Пилипенко Н.Г., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Сидорова Л.П., старший научный сотрудник

Харченко Н.Ю., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga T. Andreeva**, Candidate of Science in Agriculture, Lead Researcher, **address:** P.O. Box 470, 49 Kirov st., Chita-10, Trans-Baikal Territory, 672010, Russia; e-mail: vetinst@mail.ru

Natalya G. Pilipenko, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Lyudmila P. Sidorova, Senior Researcher

Nadezhda Yu. Kharchenko, Researcher

Дата поступления статьи 30.12.2020

Received by the editors 30.12.2020



ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ КАРТОФЕЛЬНОЙ КОРОВКИ *HENOSEPILOCHNA VIGINTIOCTOMACULATA* MOTSCH. (COLEOPTERA, COCCINELLIDAE)

Коваленко Т.К., Пронюшкина А.С.

Дальневосточный научно-исследовательский институт защиты растений
Приморский край, с. Камень-Рыболов, Россия

Представлены результаты применения экологически безопасных методов борьбы с вредителями картофеля. Проведены сравнительные полевые испытания инсектоакарицидов и микробиологических препаратов на посадках картофеля районированного сорта Янтарь в Приморском крае в 2018, 2019 гг. Объект исследований – личинки и жуки картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata*. Посадку клубней проводили в оптимальные для региона сроки – конец апреля – начало мая. В исследованиях использованы препараты Фитоверм на основе аверсектина С (50 г/л), Акарин на основе авертина N (2 г/л), Бацикол на основе штамма *Bacillus thuringiensis* var. *darmstadiensis* (BtH₁₀), Битоксибациллин на основе штамма *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (BtH₁). Препараты изучены в отдельных опытах и в совместных с инсектицидом Корrado. Растения картофеля опрыскивали препаратами однократно. Учеты численности вредителя проводили до обработки и после обработки на 5, 10, 15-е сутки на 10 растениях картофеля в трех повторностях в соответствии с утвержденными методиками. Высокую эффективность 90,5–94,0% показал биоинсектицид Фитоверм в норме применения 0,16 л/га. Однократное применение биоинсектицидов на протяжении 15 сут сдерживало интенсивность развития вредителя ниже порогового уровня. Совместное использование биоинсектицидов и инсектицида против картофельной коровки обеспечивало снижение численности фитофага на 90,8–99,8% по сравнению с контрольным вариантом (без применения средств защиты растений). Включение препаратов биологического происхождения Фитоверм, Акарин, Бацикол, Битоксибациллин в технологии возделывания картофеля позволит ограничить численность картофельной коровки и решить проблему экологизации защиты растений на юге Дальнего Востока.

Ключевые слова: картофель, вредитель, картофельная коровка, инсектоакарицид, биоинсектицид, инсектицид, биологическая эффективность, урожайность

POTATO PROTECTION AGAINST THE POTATO LADYBIRD *HENOSEPILOCHNA VIGINTIOCTOMACULATA* MOTSCH. (COLEOPTERA, COCCINELLIDAE)

Kovalenko T.K., Pronyushkina A.S.

The Far Eastern Research Institute of Plant Protection
Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, Russia

The results of the application of environmentally friendly methods of potato pest control are presented. Comparative field trials of insectoacaricides and microbiological preparations were carried out on potatoes of the recognized variety Yantar in the Primorsky Territory in 2018 and 2019. The object of research was the larvae and beetles of the potato ladybird *Henosepilachna vigintioctomaculata*. The tubers were planted at the optimal time for the region, late April – early May. The study used Fitoverm preparations based on aversectin C (50 g/l), Akarin based

on avertin N (2 g/l), Batsikol based on the strain of *Bacillus thuringiensis* var. *darmstadensis* (BtH₁₀), Bitoxybacillin based on the strain of *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (BtH₁). The preparations were studied independently and with Corado insecticide. Potato plants were sprayed with the preparations once. Pest counts were carried out before treatment and after treatment on the 5th, 10th, 15th day on 10 potato plants in three replications in accordance with the approved methods. Bioinsecticide Fitoverm showed a high efficiency of 90.5–94.0% at the application rate of 0.16 l/ha. A single application of bioinsecticides for 15 days restrained the intensity of the pest development below the threshold level. The combined use of bioinsecticides and an insecticide against the potato ladybird provided a decrease in the phytophage population by 90.8–99.8% compared to the control variant (without the use of plant protection products). The inclusion of preparations of biological origin Fitoverm, Akarin, Batsikol, Bitoxybacillin in potato cultivation technology will allow to limit the number of potato ladybird and solve the problem of plant protection in an environmentally-friendly way in the south of the Far East.

Keywords: potatoes, pest, potato ladybird, insectoacaricide, bioinsecticide, insecticide, biological efficiency

Для цитирования: Коваленко Т.К., Пронюшкина А.С. Защита картофеля от картофельной коровки *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motsch. (Coleoptera, Coccinellidae) // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 67–73. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-8>

For citation: Kovalenko T.K., Pronyushkina A.S. Potato protection against potato ladybird *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motsch. (Coleoptera, Coccinellidae). *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 67–73. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-8>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Значительный вред посадкам картофеля на юге Дальнего Востока наносит 28-пятнистая картофельная коровка *Henosepilachna vigintioctomaculata* Motsch., 1853 (Coleoptera, Coccinellidae). При защите культуры применяются инсектициды, принадлежащие к различным химическим классам. Систематическое применение химических средств приводит к формированию резистентных популяций вредителя, что является фактором ухудшения экологической обстановки. Один из приемов снижения отрицательного воздействия пестицидов на окружающую среду – обработка посадочного материала комбинированными препаратами с инсектицидными и фунгицидными свойствами [1, 2]. Проведенные исследования свидетельствуют о перспективности предпосадочной обработки клубней препаратом Престиж, КС для борьбы с вредителями картофеля в Приморском крае [3].

В настоящее время производители отдают предпочтение экологически безопасным биологическим системам защиты растений.

Использование биологических препаратов способствует сохранению биоразнообразия окружающей среды [4, 5]. В условиях Приморского края проведены работы по изучению и оценке эффективности микробиологических препаратов против картофельной коровки, но ассортимент биопрепаратов за последнее время значительно обновился. Для защиты сельскохозяйственных культур от вредных организмов применяют инсектоакарицидные препараты на основе авермектинов, синтезируемых актиномицетом *Streptomyces avermitilis* [6–9].

Наибольший интерес представляют препараты на основе энтомопатогенных бактерий *Bacillus thuringiensis* Berliner, обладающие селективным действием, которые безопасны для человека, теплокровных животных и окружающей среды. Благодаря наличию кристаллов эндотоксина, экзотоксина, фосфолипазы С и спор у *B. thuringiensis* проявляется энтомотоксический, энтомопатогенный и метатоксический эффекты [10, 11]. Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохо-

зяйственной микробиологии (ВНИИСХМ, г. Санкт-Петербург – Пушкин) разработаны энтомопатогенные биопрепараты Бацикол и Битоксибациллин. Бацикол создан на основе штамма *Bacillus thuringiensis* var. *darmstadensis* (BtH₁₀), обладающего специфическим действием на жесткокрылых. Основа Битоксибациллина – бактерия *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* (BtH₁). Препараты предназначены для борьбы с широким кругом массовых вредителей-фитофагов сельскохозяйственных культур [12–14]. Изучение новых биоинсектицидов актуально для совершенствования ассортимента биологических средств борьбы с картофельной коровкой в условиях Приморского края.

Цель исследований – оценить биологическую и хозяйственную эффективность препаратов биологического происхождения против картофельной коровки в почвенно-климатических условиях юга Дальнего Востока.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования по оценке биологической эффективности препаратов проводили в 2018, 2019 гг. Полевые опыты заложили в с. Дубовый ключ Уссурийского района Приморского края на посадках картофеля районированного сорта Янтарь. Объект исследований – личинки и жуки картофельной коровки. Посадку клубней проводили в оптимальные для региона сроки (конец апреля – начало мая). Площадь делянки 16,8 м². В каждом варианте опыта проведено по три повторности. Размещение делянок в повторностях рендомизированное. Для регуляции численности картофельной коровки использованы препараты Фитоверм, КЭ (д.в. аверсектин С, 50 г/л) в нормах применения 0,07 и 0,16 л/га (ООО НБЦ «Фармбиомед»), Акарин, КЭ (д.в. авертин N, 2 г/л) – 1,2 и 1,6 л/га, Бацикол, Ж (*Bacillus thuringiensis*, штамм BtH₁₀) – 15 л/га и Битоксибациллин, Ж (*Bacillus thuringiensis*, штамм BtH₁) – 15 л/га (ВНИИСХМ). Препараты применяли отдельно и совместно с

инсектицидом Корrado, ВРК (д.в. имидаклоприд, 200 г/л) – 0,1 л/га. Растения картофеля опрыскивали препаратами однократно. Учеты численности вредителя проводили до обработки и после обработки на 5, 10, 15-е сутки на 10 растениях картофеля каждой повторности в соответствии с утвержденными методиками¹. Биологическую эффективность препаратов определяли по снижению численности вредителя с поправкой на контроль и рассчитывали по формуле Хендерсона и Тилтона (см. сноску 1). Статистическая обработка данных проведена по Б.А. Доспехову².

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В 2018 г. численность личинок картофельной коровки до проведения защитных мероприятий составляла от 6,9 до 15,0 экз./растение при заселенности 69,3% растений. На растениях присутствовали личинки первого – третьего возрастов. В 2019 г. на момент обработки на растениях преобладали личинки младших возрастов с численностью от 5,9 до 8,5 экз./растение при заселенности 78,7% растений.

Высокую биологическую эффективность в отношении картофельной коровки проявили препараты на основе авермектинов. Значительный начальный эффект показал биоинсектицид Фитоверм в норме применения 0,16 л/га, обеспечив на 5-е сутки после обработки гибель 93,3% личинок вредителя. Эффективность защитного действия препарата сохранялась на уровне 90,5–94,0% в течение 15 сут. В норме применения 0,07 л/га эффективность биоинсектицида в годы исследований была достоверно ниже и составила на 5–15-е сутки 79,7–84,7% (см. табл. 1).

Достаточно высокую эффективность 74,0–81,6% против личинок картофельной коровки проявил другой препарат на основе авермектинов Акарин. Существенной разницы в биологической эффективности между вариантами с разными нормами применения (1,2 и 1,6 л/га) не отмечено.

¹Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. СПб.: ВИЗР, 2009. 321 с.

²Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М: Колос, 1985. 336 с.

Табл. 1. Эффективность биоинсектицидов против картофельной коровки (среднее за 2018, 2019 гг.)
Table 1. Effectiveness of bioinsecticides against potato ladybird (average for 2018, 2019)

Вариант	Норма применения препарата, л/га	Средняя численность личинок, экз. (в среднем на одно растение)				Снижение численности вредителя относительно исходной с поправкой на контроль после обработки по суткам учетов, %		
		до обработки	после обработки по суткам учетов			5	10	15
			5	10	15			
Контроль	—	7,2	8,4	8,2	5,9	—	—	—
Фитоверм, КЭ	0,07	9,2	2,2	1,4	1,4	81,7	84,7	79,7
Фитоверм, КЭ	0,16	6,7	0,7	0,9	0,4	93,3	90,5	94,0
Акарин, КЭ	1,2	6,8	2,2	2,0	1,7	74,0	75,3	74,2
Акарин, КЭ	1,6	8,6	3,0	2,3	1,8	74,4	80,5	81,6
Бацикол, Ж	15	8,0	3,7	2,2	0,7	63,8	80,5	87,7
Битоксибациллин, Ж	15	8,7	3,1	2,0	1,5	69,2	84,7	84,5
Корадо, ВРК	0,1	9,7	0,2	0,05	0,01	97,7	99,6	99,8
Фитоверм, КЭ + Корадо, ВРК	0,03 + 0,03	7,5	0,3	0,08	0,2	96,8	99,3	97,0
Акарин, КЭ + Корадо, ВРК	0,6 + 0,03	8,0	0,6	0,1	0,01	92,0	97,7	99,8
Бацикол, Ж + Корадо, ВРК	7,5 + 0,03	6,8	0,4	0,05	0,01	94,2	99,2	99,7
Битоксибациллин, Ж + Корадо, ВРК	7,5 + 0,03	7,8	0,9	0,08	0,2	90,8	99,2	97,7
НСР ₀₅	—	—	—	—	—	8,3	5,5	6,0

На протяжении всего учетного периода биоинсектицид сдерживал численность картофельной коровки ниже экономического порога вредоносности. В процессе исследований установлено, что Фитоверм в норме применения 0,07 л/га показал практически одинаковую эффективность с препаратом Акарин в регуляции численности картофельной коровки, но в норме применения 0,16 л/га эффективность была достоверно выше. Фитоверм в данной норме расхода проявил инсектицидную активность на уровне химического препарата Корадо.

Эффективность микробиологических препаратов на основе *Bacillus thuringiensis* на 5-е сутки после обработки отмечена существенно ниже. Низкую эффективность 56,6–61,0% данные препараты показали в 2018 г. В этом же году на момент обработки на растениях кроме личинок первого и второго возрастов отмечены личинки третьего возраста (в 2019 г. на растениях присутствовали личинки только младших возрастов). Погодные условия (частые ливневые дожди

в вегетационный период) не позволили вовремя провести обработку и в дальнейшем оказали влияние на эффективность препаратов. К 10-м суткам в вариантах при использовании Бацикола и Битоксибациллина наблюдали усиление токсического действия, снижение численности вредителя составило 80,5–84,7%. Эффективность защитного действия сохранялась на уровне 84,5–87,7% и на 15-е сутки после обработки. К этому времени отмечены достоверные различия в биологической эффективности Бацикола с препаратами Фитоверм (0,07 л/га) и Акарин (1,2 л/га).

Снижению пестицидной нагрузки способствует применение баковых смесей химических средств защиты растений с биопрепаратами. При применении препаратов на основе актиномицетов (Фитоверм и Акарин), *Bacillus thuringiensis* (Бацикол и Битоксибациллин) и Корадо (0,03 л/га) численность вредителей на 5-е сутки после обработки снизилась на 90,8–96,8%. На 10–15-е сутки отмечена практически полная их гибель (97,0–99,8%). Баковые

Табл. 2. Урожайность картофеля при применении препаратов (среднее за 2018, 2019 гг.)

Table 2. Productivity of potatoes with the application of preparations (average for 2018, 2019)

Вариант опыта	Норма применения препарата, л/га	Средняя урожайность, т/га	Прибавка урожая	
			т/га	%
Контроль	—	26,0	—	—
Фитоверм, КЭ	0,07	29,0	3,0	11,5
Фитоверм, КЭ	0,16	29,8	3,8	14,6
Акарин, КЭ	1,2	28,3	2,3	8,8
Акарин, КЭ	1,6	28,8	2,8	10,8
Бацикол, Ж	15	28,6	2,6	10,0
Битоксибациллин, Ж	15	28,3	2,3	8,8
Корадо, ВРК	0,1	30,2	4,2	16,2
Фитоверм, КЭ + Корадо, ВРК	0,03 + 0,03	30,0	4,0	15,4
Акарин, КЭ + Корадо, ВРК	0,6 + 0,03	29,9	3,9	15,0
Бацикол, Ж + Корадо, ВРК	7,5 + 0,03	30,3	4,3	16,5
Битоксибациллин, Ж + Корадо, ВРК	7,5 + 0,03	30,6	4,6	17,7
НСР ₀₅		3,0		

смеси препаратов проявили эффективность на уровне инсектицида в норме расхода 0,1 л/га.

Применение химических и биологических препаратов оказало влияние на урожайность картофеля, прибавка урожайности клубней картофеля составила в среднем за 2 года от 2,3 до 4,6 т/га при показателе в контроле 26,0 т/га (см. табл. 2). Наибольшая прибавка урожая 3,8–4,6 т/га получена при применении Фитоверма в норме расхода 0,16 л/га и совместном использовании биологических препаратов с инсектицидом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования подтверждают перспективность использования препаратов на основе актиномицетов (Фитоверм и Акарин) и *Bacillus thuringiensis* (Бацикол и Битоксибациллин) в регулировании численности картофельной коровки в Приморском крае. Однократное применение биоинсектицидов обеспечило снижение численности вредителя на 63,8–94,0% и оказало влияние на формирование урожая.

Высокий уровень эффективности био-препаратов Фитоверм, Бацикол, Битоксиба-

циллин, Акарин наблюдали при совместном применении с инсектицидом Корадо. В этих вариантах значительный защитный результат (97,0–99,8%) отмечен на 15-е сутки после применения. Добавка биопрепаратов к инсектициду позволяет уменьшить норму расхода пестицида в 3 раза без снижения общей биологической эффективности смеси, повысить урожайность на 15,0–17,7% и ослабить химическую нагрузку на агробиоценоз.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шорохов М.Н., Петрова Н.Г., Долженко В.И. Совершенствование ассортимента инсектофунгицидов // Российская сельскохозяйственная наука. 2020. № 3. С. 28–31. DOI: 10.31857/S2500262720030072.
2. Долженко О.В., Кривченко О.А. Полифункциональный препарат для защиты картофеля от вредных организмов // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2018. № 2 (51). С. 94–99.
3. Коваленко Т.К. Эффективность применения инсектицидов для защиты картофеля от вредителей в Приморском крае // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 14–19. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-2.

4. Агасьева И.С., Исмаилов В.Я., Неведова М.В., Федоренко Е.В. Видовой состав и биорегуляторная активность энтомофагов в системе управления численностью вредителей картофеля (*Solanum tuberosum* L.) // *Сельскохозяйственная биология*. 2016. Т. 51. С. 401–410. DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.401rus.
5. Агасьева И.С., Федоренко Е.В., Мкртчян А.О., Исмаилов В.Я. Влияние химических и биологических препаратов на выживаемость энтомофагов вредителей кукурузы // *Успехи современного естествознания*. 2018. № 9. С. 7–11. URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36858>. DOI: 10.17513/use.36858.
6. Долженко Т.В., Долженко В.И. Инсектоакарициды на основе аверсектина С и амаектина бензоата // *Агрохимия*. 2017. № 4. С. 41–47.
7. Сергеева О.В., Долженко Т.В. Биологическая эффективность аверсектина С в отношении сосущих вредителей // *Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета*. 2018. № 2 (51). С. 89–94.
8. Долженко Т.В. Метаболиты актиномицетов для защиты сада от вредителей // *Вестник Орловского государственного аграрного университета*. 2012. № 3 (36). С. 91–93.
9. Шульгина О.А., Андреева И.В., Шаталова Е.И., Штерншис М.В. Подавление численности фитофагов капусты Фитовермом в условиях юга Западной Сибири // *Достижение науки и техники АПК*. 2010. № 12. С. 52–54.
10. Гришечкина С.Д., Ермолова В.П., Романова Т.А., Нижников А.А. Поиск природных изолятов *Bacillus thuringiensis* для создания экологически безопасных биологических препаратов // *Сельскохозяйственная биология*. 2018. Т. 53. № 5. С. 1062–1069. DOI: 10.15389/agrobiology.2018.5.1062 rus.
11. Доброхотов С.А., Анисимов А.И., Гришечкина С.Д., Данилов Л.Г., Леднев Г.Р., Фурсов К.Н. Эффективность микробиологических препаратов против основных вредителей овощных, ягодных культур и картофеля в Ленинградской области // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 5. С. 694–704. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.694 rus.
12. Гришечкина С.Д., Ермолова В.П. Эффективность бацикола на основе нового штамма *Bacillus thuringiensis* var. *darmstadiensis* № 25 против вредителей фитофагов и фитопатогенов // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 3. С. 361–368. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.3.661rus.
13. Гришечкина С.Д. Механизмы действия и эффективность микробиологического препарата бацикола // *Сельскохозяйственная биология*. 2015. Т. 50. № 5. С. 685–693. DOI: 10.15389/agrobiology.2015.5.685 rus.
14. Гришечкина С.Д., Ермолова В.П., Коваленко Т.К., Антонец К.С., Белоусова М.Е., Яхно В.В., Нижников А.А. Полифункциональные свойства производственного штамма *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* 800/15 // *Сельскохозяйственная биология*. 2019. Т. 54. № 3. С. 494–504. DOI: 10.15389/agrobiology.2019.3.494 rus.

REFERENCES

1. Shorokhov M.N., Petrova N.G., Dolzhenko V.I. Improving the range of insectofungicides. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2020, no. 3, pp. 28–31. (In Russian). DOI: 10.31857/S2500262720030072.
2. Doizhenko O.V., Krivchenko O.A. Multifunctional preparation for potato protection against harmful organisms. *Izvestiya Saint-Petersburgskogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 2, (51), pp. 94–99. (In Russian).
3. Kovalenko T.K. Effectiveness of plant protection products against pests on potatoes in Primorsky Territory. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 14–19. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-2.
4. Agas'eva I.S., Ismailov V.Ya., Nefedova M.V., Fedorenko E.V. The species composition and bioregulatory activity of entomophages in potato pest control system (*Solanum tuberosum* L.). *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2016, vol. 51, no. 3, pp. 401–410. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiology.2016.3.401rus.
5. Agas'eva I.S., Fedorenko E.V., Mkrtychyan A.O., Ismailov V.Ya. Influence of chemical and biological preparations upon survival among entomophages of corn pests. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya = Advances in Current Natural Sciences*, 2018, no. 9, pp. 7–11.

- URL: <http://www.natural-sciences.ru/ru/article/view?id=36858>. (In Russian). DOI: 10.17513/use.36858.
6. Dolzhenko T.V., Dolzhenko V.I. *Insecto-acaricides based on Aversectin C and Emamectin benzoate*. *Agrokimiya = Agricultural chemistry*, 2017, no. 4, pp. 41–47. (In Russian).
 7. Sergeeva O.V., Dolzhenko T.V. Biological effectiveness of Aversectin C against sucking pests. *Izvestiya Saint-Petersburgskogo agrarnogo universiteta = Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*, 2018, no. 2 (51), pp. 89–94. (In Russian).
 8. Dolzhenko T.V. Actinomycete metabolites to protect the garden from pests. *Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Vestnik Orel State Agrarian University*, 2012, no. 3 (36), pp. 91–93. (In Russian).
 9. Shulgina O.A., Andreeva I.V., Shatalova E.I., Shternshic M.V. Suppression of crucifer insect pest by Phitoverm under conditions of south of Western Siberia. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2010, no. 12, pp. 52–54. (In Russian).
 10. Grisechekina S.D., Ermolova V.P., Romanova T.A., Nizhnikov A.A. Search for natural isolates of *Bacillus thuringiensis* for development of ecologically friendly biologicals. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2018, vol. 53, no. 5, pp. 1062–1069. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2018.5.1062 rus.
 11. Dobrokhoto S.A., Anisimov A.I., Grisechekina S.D., Danilov L.G., Lednev G.R., Fursov K.N. The main pests microbiological control in vegetable, baccate crops and potato in Leningrad Province. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 5, pp. 694–704. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2015.5.694 rus.
 12. Grisechekina S.D., Ermolova V.P. Efficiency of Batsikol based on a new strain *Bacillus thuringiensis* var. *darmstadiensis* № 25 for biocontrol of phytophagous pests and phytopathogens. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 3, pp. 361–368. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2015.3.661rus.
 13. Grisechekina S.D. Mechanism and activity spectrum of microbiological preparation Batsikol with phytoprotective action. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2015, vol. 50, no. 5, pp. 685–693. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2015.5.685 rus.
 14. Grisechekina S.D., Ermolova V.P., Kovalenko T.K., Antonets K.S., Belousova M.E., Yakhno V.V., Nizhnikov A.A. Polyfunctional properties of the *Bacillus thuringiensis* var. *thuringiensis* industrial strain 800/15. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya = Agricultural Biology*, 2019, vol. 54, no. 3, pp. 494–504. (In Russian). DOI: 10.15389/agrobiol-ogy.2019.3.494 rus.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Коваленко Т.К.**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 692684, Приморский край, с. Камень-Рыболов, ул. Мира, 42-а; e-mail: biometod@rambler.ru

Прониюшкина А.С., научный сотрудник

AUTHOR INFORMATION

✉ **Tat'yana K. Kovalenko**, Candidate of Science in Biology, Lead Researcher; **address:** 42-a, Mira St, Kamen-Rybolov, Primorsky Territory, 692684, Russia; e-mail: biometod@rambler.ru

Anna S. Pronyushkina, Researcher

Дата поступления статьи 14.12.2020
Received by the editors 14.12.2020



СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ИММУНОГЕННОСТИ ИНАКТИВИРОВАННЫХ ВАКЦИН ПРОТИВ МЫТА ЛОШАДЕЙ

¹Неустроев М.П., ²Донченко А.С.

¹Якутский научно-исследовательский институт сельского хозяйства
им. М.Г. Сафронова – обособленное подразделение Якутского научного центра
Сибирского отделения Российской академии наук
Республика Саха (Якутия), Якутск, Россия

²Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

Представлены результаты исследований по специфической профилактике инфекционных болезней лошадей. Разработаны способы повышения иммуногенности экологически безопасных вакцин против мыта, который вызывается мытным стрептококком – *Streptococcus equi*. Работа проведена в лабораторных условиях и коневодческих хозяйствах Республики Саха (Якутия). Токсичность и иммуногенность вакцины определяли общепринятыми методами на молодняке лошадей. На основании изучения иммунобиологической реактивности молодняка лошадей обосновано использование иммуномодуляторов при разработке инактивированных вакцинных препаратов. Вакцины с иммуномодуляторами испытывали и регистрировали согласно утвержденным методикам исследования лекарственных средств для ветеринарного применения. В качестве иммуномодулятора в составе вакцин использованы полирибонат (поливедрим) и культуральная жидкость (фугат) из штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3. Для приготовления вакцины против мыта использовали штаммы бактерий *Streptococcus equi* Н-34 и *Streptococcus equi* «Н-5/1», которые депонированы во Всероссийской государственной коллекции штаммов микроорганизмов Всероссийского государственного Центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов, используемых в ветеринарии и животноводстве. После иммунизации инактивированными вакцинами с иммуномодуляторами эффективность вакцин повышается на 20% и достигает 90%. Вакцины повышают иммунобиологическую реактивность организма. Наиболее эффективными отмечены вакцина «Табын» и вакцина из штамма *Streptococcus equi* «Н-5/1» с фугатом, штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3. Вакцина с полирибонатом утверждена в России (2000 г.), вакцина «Табын» применяется в Казахстане (2018 г.). Данные вакцинные препараты, обеспечивающие высокую противозoonотическую эффективность, экологически безвредны, так как не содержат токсичные вещества и антибиотики.

Ключевые слова: штамм бактерий, вакцина, иммуномодулятор, иммунобиологическая реактивность, иммуногенность

WAYS TO INCREASE THE IMMUNOGENICITY OF INACTIVATED VACCINES AGAINST STRANGLES

¹Neustroev M.P., ²Donchenko A.S.

¹M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture – a separate division of the Yakut Scientific Centre of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, Russia

²Siberian Federal Scientific Centre of Agro-BioTechnologies of Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

The results of the study on the specific prevention of infectious diseases in horses are presented. Methods have been developed to increase the immunogenicity of environmentally friendly vaccines against strangles, caused by the beta-hemolytic streptococcus – *Streptococcus equi*. The work was carried out in laboratory conditions and horse breeding farms of the Republic of Sakha (Yakutia). The toxicity and immunogenicity of the vaccine was determined by conventional methods on young horses. Based on the study of the immunobiological reactivity of young horses, the use of immunomodulators in the development of inactivated vaccine preparations has been substantiated. Vaccines with immunomodulators were tested and registered in accordance with approved research methods for medicinal products for veterinary use. Polyribonate (polyvedrim) and culture liquid (fugate) from the bacterial strain *Bacillus subtilis* TNP-3 were used in the composition of vaccines as an immunomodulator. To prepare a vaccine against strangles, strains of bacteria *Streptococcus equi* H-34 and *Streptococcus equi* "H-5/1" were used, which were deposited in the Russian State Collection of Microorganism Strains of the Russian State Center for Animal Feed and Drug Standardization and Quality. After immunization with inactivated vaccines containing immunomodulators, the effectiveness of vaccines increases by 20% and reaches 90%. Vaccines increase the body's immunobiological reactivity. The most effective were the "Tabyn" vaccine and the vaccine from the *Streptococcus equi* strain H-5/1 with fugate, the *Bacillus subtilis* strain TNP-3. The polyribonate vaccine was approved in Russia (2000), the "Tabyn" vaccine is used in Kazakhstan (2018). These vaccine preparations, which ensure high antiepidemic efficacy, are environmentally friendly, since they do not contain toxic substances and antibiotics.

Keywords: bacterial strain, vaccine, immunomodulator, immunobiological reactivity, immunogenicity

Для цитирования: Неустроев М.П., Донченко А.С. Способы повышения иммуногенности инактивированных вакцин против мыта лошадей // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 74–81. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-9>

For citation: Neustroev M.P., Donchenko A.S. Ways to increase the immunogenicity of inactivated vaccines against strangles. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 74–81. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-9>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Благодарность

Авторы благодарят сотрудников лаборатории по разработке микробных препаратов и лаборатории ветеринарной биотехнологии Якутского НИИ сельского хозяйства им. М.Г. Сафронова за помощь при проведении исследований.

Acknowledgments

The authors are grateful to the staff of the laboratory for the development of microbial preparations and the laboratory of veterinary biotechnology of M.G. Safronov Yakut Scientific Research Institute of Agriculture for the help with the research.

ВВЕДЕНИЕ

Рост поголовья и продуктивности табунного коневодства сдерживается рядом факторов, среди которых значительное место занимают инфекционные болезни. Наиболее распространен, особенно среди молодняка лошадей, мыт, который вызывается мытным стрептококком – *Streptococcus equi* [1, 2]. Есть мнение, что возбудитель мыта не меняется в

течение 700 лет, хотя существуют зональные особенности его штаммов [3].

Мыт лошадей наиболее распространен в Новосибирской, Иркутской областях, Красноярском и Алтайском краях [4], республиках Тыва¹, Хакасия и Саха (Якутия) [5] Российской Федерации, а также в Казахстане², Монголии [6], Кыргызстане [7]. Случаи регистрации болезни отмечены в Нидерландах³,

¹Чысыма Р.Б. Эпизоотические особенности и возрастная иммунореактивность жеребят при мыте лошадей: автореф. дис. ... канд. вет. наук / М., 1989. 15 с.

²Сансызбаев А.Р. Мыт лошадей в Казахстане (распространение, свойства возбудителя, разработка средств специфической профилактики и лечения): автореф. дис.... д-ра вет. наук. М., 1993. 41 с.

³Khartford O.M., Foster T.D., Jakobs A.K. Strain and culture of strain *Streptococcus equi* TW 928 for horse vaccination. A.c. 2194752 (RU) МПК ⁷ A 61 K 39/09. Proprietor: Dze Provost FellousEhNDSkolars of DzeKolledzh of DzeKhOLIAdivajded TRINITY OF KvinEhLIZABET NEAR Dublin (IE). № 2194752 C2. Заявл. 24.01.97. Опубл. 30.12.02. <https://findpatent.ru/patent/219/2194752.html>.

Арабской Республике Египет [8], Корею [9], Бразилии [10].

В Республике Саха (Якутия) заболеваемость мытом молодняка лошадей составляет 57,8–62,7% от общего поголовья, летальность в зависимости от развития эпизоотического процесса равняется 4,0–22,0% [5]. В Монголии и в Республике Саха (Якутия) распространение инфекции и повышение уровня заболеваемости мытом связывают со снижением иммунобиологической реактивности организма животных в экстремальных климатических условиях, с исторически сложившимися особенностями ведения традиционной отрасли и отсутствием плановых профилактических мероприятий [5, 6].

Мыт в настоящее время остается серьезной проблемой из-за отсутствия специфических средств профилактики данной болезни. В современном мире испытывают, изготавливают и применяют разные виды вакцин: инактивированные, аттенуированные, живые. В Нидерландах из штамма *Streptococcus equi* TW 928 разработана живая вакцина против мыта лошадей (см. сноску 3), но она не имеет регистрации в России. В США разработаны и применяются живая вакцина из ослабленного штамма, которая вызывает выработку антител сыворотки крови через 7–10 дней, и модифицированная интраназальная вакцина Pinnacle IN двукратного применения. Данные вакцины не применяются в России, требуют двух- и трехкратного введения с интервалом в несколько недель, что неудобно для практики [11].

В Казахстане разработаны инактивированная субъединичная вакцина из штамма *Streptococcus equi* ЮС-15, вакцина «КазНИВИ»⁴ и вакцина «Акынтай»⁵. Однако эти вакцины содержат антибиотики, из-за которых не могут использоваться для получения органической продукции.

В настоящее время общепризнан эффективный метод борьбы с мытом – специфическая профилактика вакцинами, но в ветеринарной практике не существуют экологически безвредные противоэпизоотические вакцинные препараты. Особую значимость проблема профилактики мыта приобретает в период рыночных отношений, когда возрастает ценность племенных животных, расширяются сбыт продукции коневодства и производство органической продукции.

Цель исследования – разработать способы повышения иммуногенности экологически безопасных вакцин против мыта лошадей путем использования иммуномодуляторов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Работа проведена в лаборатории ветеринарной биотехнологии Якутского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ЯНИИСХ), ООО НПЦ Хоту-Бакт и в коневодческих хозяйствах Республики Саха (Якутия).

Для приготовления вакцины против мыта использовали штаммы бактерий *Streptococcus equi* Н-34 и *Streptococcus equi* «Н-5/1», которые депонированы во Всероссийской государственной коллекции штаммов микроорганизмов Всероссийского государственного Центра качества и стандартизации лекарственных средств для животных и кормов (ВГНКИ), используемых в ветеринарии и животноводстве.

Для накопления бактериальной массы с целью изготовления вакцины использовали мясо-пептонный бульон (МПБ) с 1%-й глюкозой и с добавлением сыворотки крови лошадей. Готовую бактериальную основу инактивировали 0,04%-м раствором формалина. В качестве адъюванта применяли гидроокись алюминия.

В вакцину из штамма *Streptococcus equi* Н-34 в качестве иммуномодулятора вносили полирибонат (поливедрим), разработанный Научно-исследовательским конструкторско-

⁴Патент № 36813 Республика Казахстан. Вакцина против мыта лошадей / А.Б. Бижанов, А.Р. Сансызбаев. 1999. Бюл. № 10.

⁵Патент № 31032 Республика Казахстан. Вакцина против мыта лошадей «Акынтай» / Б.Ш. Каратаев, Н.А. Мырзахметулы, А.Б. Бижанов. 2016. Бюл. № 4.

технологическим институтом биологически активных веществ НПО «Вектор» и Институтом экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока. Полирибонат добавляли в вакцину из расчета 0,5 мг/кг живой массы. В вакцину из штамма *Streptococcus equi* «Н-5/1» добавлен иммуномодулятор – культуральная жидкость (фугат) из штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 (регистрационный номер RCAM04759, справка о депонировании от 27.12.2017). Штамм культивировали в течение 5 сут в мясо-пептонном бульоне при температуре 37 °С. Для отделения культуральной жидкости (КЖ) бактериальную массу, содержащую 1 млрд микробных клеток, центрифугировали при 7000 об./мин в течение 15 мин. Фильтровали через мембранные фильтры в стерильные флаконы, нагревали в водяной бане при температуре 95 °С в течение 15 мин. Фугат добавляли в готовую вакцину в соотношении 2 : 1.

Токсичность и иммуногенность вакцины определяли общепринятыми методами на молодняке лошадей. Вакцину с иммуномодулятором полирибонат испытывали и регистрировали согласно утвержденному правилу⁶. Изучение вакцины с фугатом штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 проведено согласно методике⁷.

Испытания вакцины из штамма *Streptococcus equi* Н-34 с фугатом штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 и оформление научно-технической документации проводили в соответствии с правилами⁸.

Для оценки иммуногенных свойств вакцины против мыта лошадей предварительно определяли летальную дозу производственных штаммов (LD_{50}). Эффективность иммунизации определяли по количеству мышей, устойчивых по заболеваемости и летально-

сти к заражению в сравнении с животными контрольной группы. Производственные испытания вакцин проведены в хозяйствах Республики Саха (Якутия), неблагополучных по мыту лошадей.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Иммунобиологическая реактивность организма молодняка лошадей имеет возрастные и сезонные особенности и взаимосвязана с динамикой содержания белковых, минеральных и витаминных компонентов в крови. Наиболее критическими периодами развития жеребят в иммунологическом и физиологическом отношении, обусловленными действием стрессовых факторов (отъем, резкая смена типа и неполноценное кормление, сильные холода и пораженность гельминтами), являются 2-месячный возраст, а также зимний период, особенно первые два месяца после отъема. В связи с этим обосновано использование иммуномодуляторов при разработке вакцинных препаратов.

Инактивированная вакцина, изготовленная из штамма *Streptococcus equi* Н-34 с иммуномодулятором полирибонатом, безвредна и нереактогенна. При двукратном с интервалом 14 дней введении препарата иммунитет высокой напряженности индуцируется не менее, чем у 90–100% иммунизированных лабораторных мышей и лошадей. Иммунизация вызывает повышение фагоцитарной способности лейкоцитов, лизоцимной и бактерицидной активности сыворотки, индуцирует синтез преципитирующих антител и повышение концентрации иммуноглобулинов Ig G и Ig M. Это указывает на стимуляцию клеточных и гуморальных факторов иммунитета, обеспечивающую его напряженность.

⁶Положение о порядке экспертизы, испытания и регистрации ветеринарных препаратов в РФ, утвержденного 3 октября 1995 г. Департаментом ветеринарии МСХиП РФ.

⁷Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации № 101 от 6 марта 2018 г. «Об утверждении правил проведения доклинического исследования лекарственного средства для ветеринарного применения, клинического исследования лекарственного препарата для ветеринарного применения, исследования биоэквивалентности лекарственного препарата для ветеринарного применения».

⁸Правила проведения государственной регистрации (перерегистрации) и ведения Государственного реестра ветеринарных препаратов в Республике Казахстан, утвержденных приказом Министра сельского хозяйства РК от 31.10.2002 г. № 349.

При исследовании целевых животных доказано, что добавка полирибоната в вакцину против мыта повышает ее иммуногенность на 20%. Производственные испытания на 1265 гол. молодняка лошадей показали, что вакцина с полирибонатом предохраняет от заболевания мытом до 97,2% иммунизированных жеребят.

На основании анализа литературных данных и результатов исследований в качестве иммуномодулятора из возможных иммуностимулирующих средств выбран полирибонат. Он обладает иммунорегулирующими, антистрессовыми способностями, усиливающими неспецифическую резистентность организма. Работами А.С. Донченко с соавторами [12] установлена способность полирибоната повышать иммуногенные свойства вакцины БЦЖ⁹. Вакцина с полирибонатом утверждена в 2000 г. Департаментом ветеринарии МСХиП РФ и широко использовалась в субъектах России. Однако в связи с высокой стоимостью полирибоната, прекращением его выпуска и истечением срока регистрации данная вакцина снята с производства.

Новая инактивированная вакцина против мыта лошадей из штамма *Streptococcus equi* «Н-5/1» в качестве иммуномодулятора содержит культуральную жидкость (фугат) из штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3.

Безвредность вакцины установлена на лабораторных животных. Иммуногенность вакцины против мыта на лабораторных белых мышах составила 90%. Клинические испытания, проведенные на 117 гол. молодняка лошадей, показали высокую эффективность вакцинопрофилактики (до 100%). В настоящее время подготовлена научно-техническая документация для утверждения в Россельхознадзоре.

Для применения в Республике Казахстан разработана вакцина «Табын» из штамма бактерий *Streptococcus equi* Н-34 с культуральной жидкостью штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3. Иммунизирующую способность вакцины «Табын» сравнива-

ли с ранее разработанной вакциной против мыта с иммуномодулятором полирибонат. На каждую вакцину брали по 20 гол. белых мышей. Затем животных заражали суточной культурой патогенного штамма мытного стрептококка в дозе 5LD₅₀. В течение 10 дней наблюдения за животными из первой группы мышей заболели и погибли 2 гол., из второй группы – 2 и контрольной группы – 17 гол. Иммунизация вакциной «Табын» предохраняет от экспериментального заражения патогенным штаммом мытного стрептококка до 90% белых мышей. Опыт по контрольному заражению патогенным штаммом вакцинированных жеребят подтвердил высокую иммуногенность инактивированной вакцины.

После иммунизации вакциной «Табын» на 24-й день в сыворотке крови отмечено повышение показателей иммунобиологической реактивности организма (бактерицидная и лизоцимная активность сыворотки крови). К концу наблюдения у иммунизированных вакциной «Табын» жеребят зафиксировано увеличение количества лейкоцитов при заметном повышении их фагоцитарной активности.

В крови жеребят, иммунизированных вакциной «Табын», на 30-й день отмечен наибольший титр преципитирующих антител (1 : 35), который выше, чем у молодняка, привитого вакциной с полирибонатом (1 : 20).

Установлена возможность использования культуральной жидкости штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 в качестве компонента инактивированной вакцины против мыта. Противоэпизоотическая эффективность вакцины «Табын» (вакцина из штамма *Streptococcus equi* Н-34 + культуральная жидкость штамма бактерий *Bacillus subtilis*) не уступает вакцине против мыта инактивированной с иммуномодулятором полирибонат. Экономическая эффективность вакцины «Табын» выше аналога в 2–3 раза.

Данный способ специфической профилактики мыта вакциной «Табын» лоша-

⁹Донченко А.С., Аликин Ю.С., Донченко В.Н. Применение биологически активных веществ в качестве иммуномодуляторов в ветеринарии и медицине. Обзор лит./ ВАСХНИЛ. Сиб. отд-ние. ИЭВСиДВ. Новосибирск, 1989. 44 с.

дей является экологически, экономически и эпизоотологически обоснованным. По результатам исследований разработана научно-техническая документация, которая утверждена Комитетом ветеринарного контроля и надзора Республики Казахстан. Получено регистрационное удостоверение (РК-ВП-1-3750-18 от 27 ноября 2018 г.).

Высокую эффективность инактивированных вакцин с фугатом штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 можно объяснить антигенной активностью вакцинных штаммов и иммуномодулирующим компонентом – культуральной жидкостью (фугатом) штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3. По результатам исследований штамм бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 может индуцировать синтез интерферона и стимулировать иммунобиологическую реактивность организма, усиливать иммуногенность инактивированных бактериальных и вирусных вакцин [13, 14]. Разработанная вакцина по иммуногенности не уступает и даже превосходит (до 90%) препараты, разработанные в Нидерландах (см. сноску 3), США [11], Казахстане (см. сноски 4, 5), а по экологичности и безвредности превосходит, так как в составе не содержит антибиотики.

Отсутствие токсичности вакцины с культуральной жидкостью из штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 согласуется с ранее полученными результатами, показавшими безвредность препарата Сахабактисубтил, состоящего из штаммов бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3 и *Bacillus subtilis* ТНП-5 на линейных крысах и мышах при разработке лекарственного средства – пробиотика [15, 16].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработаны способы повышения иммуногенности экологически безопасных вакцин против мыта лошадей. Представлены новые инактивированные вакцины с иммуномодуляторами полирибонатом и фугатом штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3. Установлена высокая иммуногенность инактивированных вакцин (до 90%). Наиболее эффективными признаны вакцина «Табын» и препарат из штамма *Streptococcus equi*

«Н-5/1» с фугатом штамма бактерий *Bacillus subtilis* ТНП-3, которые могут успешно использоваться в России и в странах Евразии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Timoney J.F. The pathogenic equine streptococci // Veterinary Research. 2004. N 35 (4). P. 397–409. DOI: 10.1051/vetres:2004025.
2. Sweeney C.R., Timoney J.F., Newton J.R., Hines M.T. Streptococcus equi infections in horses: guidelines for treatment, control and prevention of strangles // Journal of Veterinary Internal Medicine. 2005. N 19. P. 123–134. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2005.tb02671.x.
3. Harris S.R., Robinson C., Steward K.F., Webb K.S., Paillot R., Parkhill J., Holden M.T.G., Waller A.S. Genome specialization and decay of the strangles pathogen, *Streptococcus equi*, is driven by persistent infection // Genome Research. 2015. N 25(9). P. 1360–1371. DOI: 10.1101/gr.189803.115.
4. Густокашин К.А. Модель распространения мыта лошадей в Алтайском крае с 1964 по 2011 годы, основанная на эпизоотологическом мониторинге // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 11 (109). С. 79–80.
5. Неустроев М.П. Мыт лошадей в Якутии (этиология, эпизоотология, меры борьбы и профилактика): монография. Новосибирск, 2000. 144 с.
6. Баянжаргал Б., Бадмаева О.Б., Цыдыпов В.Ц. Эпизоотологические аспекты инфекционных болезней лошадей в Монголии // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2014. № 3. С. 156–159.
7. Раимбеков Д.Р., Джетигенов Э.А., Карыпов К.А. Эпизоотические особенности мыта лошадей в Чуйской области // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2016. № 2 (38). С. 48–52.
8. Narmat-Allah A.N.F., Damaty H. M. Strangles in Arabian horses in Egypt: clinical, epidemiological, hematological, and biochemical aspects // Veterinary World. 2016. N 9(4). P. 820–826. DOI: 10.14202/vetworld.2016.820-826.
9. Kim J.W., Jung J.Y., Lee H., Kim H.Y., Yoon S.S., So B.J., Choi E. A case of streptococcus equi zooepidemicus infection in a thoroughbred horse. // Journal of Comparative Pa-

- thology. 2018. N 158. P. 137 DOI: 10.1016/j.jcpa.2017.10.133.
10. Libardoni F., Machado G., Gressler L.T., Kowalski A.P., Diehl G.H., Santos L.C., Corbellini L.G., Vargas A.C. Prevalence of *Streptococcus equi* subsp. in horse and associated risk factors in the State of Rio Grande do Sul, Brazil // *Research in Veterinary Science*. 2016. N 104. P. 53–57. DOI: org/10.1016/j.rvsc.2015.11.009.
11. Boyle A.G., Timoney J.R., Newton J.R. *Streptococcus equi* Infections in Horses: Guidelines for Treatment, Control, and Prevention of Strangles-Revised Consensus Statement // *Journal of Veterinary Internal Medicine*. 2018. N 32(2). P. 633–647.
12. Донченко А.С., Донченко В.Н. Повышение протективных свойств вакцины ВЦЖ // *Вестник российской академии сельскохозяйственных наук*. 1995. № 5. С. 58–61.
13. Осмаев И.А., Юров К.П., Неустроев М.П. Иммуномодулирующие свойства эндогенного интерферона у телят // *Ветеринария*. 2007. № 1. С. 11–12.
14. Неустроев М.П., Тарабукина Н.П., Петрова С.Г. Способ повышения эффективности вакцинации против инфекционных абортов в табунном коневодстве // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2019. № 1, С. 55–57. DOI:10.31857/152500-26272019155-57.
15. Неустроев М.П., Мурашев А.Н., Бондаренко Д.А., Степанова А.М., Тарабукина Н.П. Исследование токсичности препарата Сахабактисубтил на крысах // *Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии*. 2017. № 5. С. 59–64.
16. Неустроев М.П., Мурашев А.Н., Бондаренко Д.А., Степанова А.М., Тарабукина Н.П. Определение максимальной толерантной дозы препарата Сахабактисубтил на мышьях линии СД-1 // *Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии*. 2020. № 2 (34). С. 240–244. DOI: 10.36871/vet.san.hygecol.202002019.
- horses: guidelines for treatment, control and prevention of strangles. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2005, no. 19, pp. 123–134. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2005.tb02671.x.
3. Harris S.R., Robinson C., Steward K.F., Webb K.S., Paillot R., Parkhill J., Holden M.T.G., Waller A.S. Genome specialization and decay of the strangles pathogen, *Streptococcus equi*, is driven by persistent infection. *Genome Research*, 2015, no. 25(9), pp. 1360–1371. DOI: 10.1101/gr.189803.115.
4. Gustokashin K.A. Simulation of epizootic process of strangles in horses in the Altai Region from 1964 to 2011, based on epizootological monitoring. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2013. no. 11 (109). pp. 79–80. (In Russian).
5. Neustroev M.P. *Strangles in horses in Yakutia (etiology, epizootology, control measures and prevention)*. Novosibirsk, 2000, 144 p. (In Russian).
6. Bayanzhargal B., Badmaeva O.B., Tsydypov V.Ts. The epizootic aspects of horse infectious diseases in Mongolia. *Vestnik Krasnodarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = The Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, 2014, no. 3, pp. 156–159. (In Russian).
7. Raimbekov D.R., Dzhethigenov E.A., Karypov K.A. Epizootic features of strangles in the Chui region. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina = Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin*, 2016, no. 2 (38), pp. 48–52. (In Russian).
8. Narmat-Allah A.N.F., Damaty H. M. Strangles in Arabian horses in Egypt: clinical, epidemiological, hematological, and biochemical aspects. *Veterinary World*, 2016, no. 9(4), pp. 820–826. DOI: 10.14202/vet-world.2016.820-826.
9. Kim J.W., Jung J.Y., Lee H., Kim H.Y., Yoon S.S., So B.J., Choi E. A case of streptococcus equi zooepidemicus infection in a thoroughbred horse. *Journal of Comparative Pathology*, 2018, no. 158, pp. 137. DOI: 10.1016/j.jcpa.2017.10.133.
10. Libardoni F., Machado G., Gressler L.T., Kowalski A.P., Diehl G.H., Santos L.C., Corbellini L.G., Vargas A.C. Prevalence of *Streptococcus equi* subsp. in horse and associated

REFERENCES

1. Timoney J.F. The pathogenic equine streptococci. *Veterinary Research*, 2004, no. 35 (4), pp. 397–409. DOI: 10.1051/vetres:2004025.
2. Sweeney C.R., Timoney J.F., Newton J.R., Hines M.T. *Streptococcus equi* infections in

- risk factors in the State of Rio Grande do Sul, Brazil. *Research in Veterinary Science*, 2016, no. 104, pp. 53–57. DOI: org/101016/j.rvsc.2015.11.009.
11. Boyle A.G., Timoney J.R., Newton J.R. Streptococcus equi Infections in Horses: Guidelines for Treatment, Control, and Prevention of Strangles-Revised Consensus Statement. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2018, no. 32(2), pp. 633–647.
12. Donchenko A.S., Donchenko V.N. Increasing the protective properties of the BCG vaccine. *Vestnik rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk = Vestnik of the Russian Agricultural Science*, 1995, no. 5, pp. 58–61. (In Russian).
13. Osmayev I.A., Yurov K.P., Neustroev M.P. Immunomodulatory properties of endogenous interferon in calves. *Veterinariya = Veterinary*, 2007, no. 1, pp. 11–12. (In Russian).
14. Neustroev M.P., Tarabukina N.P., Petrova S.G. A way to increase the effectiveness of vaccination against infectious abortion in the herd horse breeding. *Rossiiskaya sel'skokhozyaistvennaya nauka = Russian Agricultural Sciences*, 2019, no. 1, pp. 55–57. (In Russian). DOI: 10.31857/152500-26272019155-57.
15. Neustroev M.P., Murashev A.N., Bondarenko D.A., Stepanova A.M., Tarabukina N.P. Study of toxicity of Sakhabactisubtil in rats. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i embriologii = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology*, 2017, no. 5, pp. 59–64. (In Russian).
16. Neustroev M.P., Murashev A.N., Bondarenko D.A., Stepanova A.M., Tarabukina N.P. Determination of the maximum tolerated dose of the preparation Sakhabactisubtil in CD-1 mice. *Problemy veterinarnoi sanitarii, gigieny i ekologii = Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology*, 2020, no. 2 (34), pp. 240–244. (In Russian). DOI: 10.36871/vet.san.hyg.ecol.202002019.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Неустроев М.П.**, доктор ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 677000, Республика Саха (Якутия), г. Якутск, ул. Бестужева-Марлинского; e-mail: mneyc@mail.ru

Донченко А.С., академик Российской академии наук, доктор ветеринарных наук, научный руководитель

AUTHOR INFORMATION

✉ **Mikhail P. Neustroev**, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Professor, Head Researcher; **address:** 23/1, Bestuzhev-Marlinsky St., Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk, 677000, Russia; e-mail: mneyc@mail.ru

Alexander S. Donchenko, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Science in Veterinary Medicine, Scientific Director

Дата поступления статьи 24.12.2020
Received by the editors 24.12.2020

ОЦЕНКА ГЕНЕАЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА КАЗАХСКОЙ БЕЛОГОЛОВОЙ ПОРОДЫ

¹Солошенко В.А., ²Плешаков В.А., ¹Инербаев Б.О., ¹Дуров А.С., ¹Храмцова И.А.

¹Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия

²Ассоциация племенного мясного скотоводства Алтай
Алтайский край, Барнаул, Россия

Проведена оценка хозяйственно полезных признаков и экстерьера основных генеалогических линий коров казахской белоголовой породы в двух племенных хозяйствах Алтайского края. Для анализа использованы показатели хозяйственно полезных признаков и экстерьера первотелок и полновозрастных коров казахской белоголовой породы: живая масса, промеры, общий балл за экстерьер, молочность. Установлено, что первотелки линии Замка 3035 превосходят сверстниц по обхвату груди, Задорного 1325 и Короля 13682 – по косой длине туловища. Животные линии Пиона 29 по живой массе уступают сверстницам. Лучшие показатели по живой массе отмечены у полновозрастных коров линии Задорного 1325, по молочности – у линии Короля 13682. В целом достоверных межлинейных отличий по большинству признаков у животных оцениваемых линий не отмечено. Анализ полновозрастных коров, принадлежащих к линиям Замка 3035, Короля 13682, Задорного 1325, свидетельствует о превосходстве сверстниц по живой массе, линии Короля 13682 – по молочности. Изучение коэффициентов наследуемости показало низкий уровень влияния генотипа на изменчивость основных признаков. Данный факт может свидетельствовать о высокой степени консолидации казахской белоголовой породы. В племенной работе с данной породой необходимо шире использовать производителей, принадлежащих линиям Задорного 1325, Замка 3035. Особое внимание необходимо уделить ротации генеалогических групп. Рекомендуется для повышения генетической изменчивости признаков в стадах использовать новых неродственных животных из других регионов. Для этого следует проводить отбор согласно требованиям по бонитировке и параметрам отбора, рассчитанным для конкретного хозяйства.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, казахская белоголовая порода, генеалогическая структура, линия, тип, живая масса, молочность

ESTIMATION OF GENEALOGICAL LINES OF CATTLE OF THE KAZAKH WHITE-HEADED BREED

¹Soloshenko V.A., ²Pleshakov V.A., ¹Inerbaev B.O., ¹Durov A.S., ¹Khramtsova I.A.

¹Siberian Federal Scientific Centre of AgroBioTechnologies of the Russian Academy of Sciences
Krasnoobsk, Novosibirsk region, Russia

²Association of pedigree beef cattle breeding of Altai
Barnaul, Altai Krai, Russia

An assessment of economically useful traits and external conformation of the Kazakh white-headed cows of the main genealogical lines, bred in the farms of the Altai Territory, was carried out. For the analysis, indicators of economically useful traits and conformation of first-calf heifers and full-aged cows of the Kazakh white-headed breed were used: live weight, measurements, total score for conformation, milk production. It was established that first-calf heifers of Zamok 3035 line surpass their herdsmates in chest girth, and heifers of Zadorny 1325 and Korol 13682 lines are superior in oblique body length. Cows of Peon 29 line are inferior to their peers in live weight. The best indicators in live weight were noted in full-aged cows of Zadorny 1325 line, in milk yield – in Korol 13682 line. In general, there were no significant differences in most animal traits between the lines assessed. Analysis of full-aged cows belonging to the lines of Zamok 3035, Korol 13682, Zadorny 1325 showed that they surpass their herdsmates in live weight, the lines of Korol 13682 – in milk yield. The study of the coefficients of heritability showed a low level of influence of the

genotype on the variability of the main traits. This fact may indicate a high degree of consolidation of the Kazakh white-headed breed. In the breeding work with this breed, it is necessary to make wider use of sires belonging to the lines of Zadorny 1325, Zamok 3035. Particular attention should be paid to the rotation of genealogical groups. It is recommended to use new unrelated animals from other regions to increase the genetic variability of traits in herds. In order to do this, selection should be carried out in accordance with the grading requirements and selection parameters calculated for a particular farm.

Keywords: cattle, Kazakh white-headed breed, genealogical structure, line, type, live weight, milk yield

Для цитирования: Солошенко В.А., Плешаков В.А., Инербаев Б.О., Дуров А.С., Храмцова И.А. Оценка генеалогических линий крупного рогатого скота казахской белоголовой породы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 82–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-10>

For citation: Soloshenko V.A., Pleshakov V.A., Inerbaev B.O., Durov A.S., Khramtsova I.A. Estimation of genealogical lines of cattle of the Kazakh white-headed breed. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 82–89. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-10>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

В практике разведения скота казахской белоголовой породы сложился баланс использования быков существующих линий и производителей, относящихся к линиям, формирование которых вышло на завершающую стадию [1].

Значительную роль в данной породе играют животные, относящиеся к линиям Шама-на 1161, Пиона 61184, Графа 8489, Маршала и Акбас-Бая, которые в настоящее время активно используются при создании высокопродуктивных стад животных [2].

Структура линии Зоркого 3433 представлена высокопродуктивным потомством, прошедшим целенаправленный отбор в ряде поколений и отличающимся характерными для линии племенными и продуктивными качествами. Данный родоначальник – потомок быка-производителя Задорного 1325 внутрипородного комолого типа «Заволжский», созданного в Волгоградской области [3].

Кросс линий дает разнообразие животных по признакам продуктивности в каждом сочетании родительских пар. При этом влияние линейных быков на показатели продуктивных и племенных качеств животных неодинаково [4].

Рациональное использование генотипических факторов, а также их взаимодей-

ствие дают реальную возможность совершенствовать продуктивные качества животных применением разнородного подбора. Только в условиях Саратовской области есть возможность использовать потенциал девяти линий животных для разных вариантов подбора [5, 6].

Особое значение имеет работа с линиями в условиях интенсивной технологии. Так, в условиях Тамбовской области наибольшую живую массу имеют бычки, относящиеся к линии Ландыша 9878, в ведущих хозяйствах Республики Казахстан – линии Ветерана 7880, Короля 13682 [7–10].

Использование целевых зоотехнических и генетических параметров племенной ценности при отборе в процессе селекционно-племенной работы с казахской белоголовой породой скота способствует созданию и совершенствованию высокопродуктивных линий в популяциях животных [11–13].

Производители казахской белоголовой породы большинства линий обладают хорошими воспроизводительными качествами. Рациональное использование лучших линейных животных в воспроизводстве стада позволит в более раннем возрасте провести прогноз будущей воспроизводительной способности коров [14, 15].

Двухэтапная оценка быков дает возможность ведения селекционной работы, направленной на создание крупных интенсивно развивающихся животных с хорошими мясными качествами. Для объективной оценки быков-производителей и работы с линиями необходимо иметь систему контрольно-испытательных станций, где проводят работу с животными [16–20].

Цель исследования – оценить продуктивные качества и экстерьер коров казахской белоголовой породы различных генеалогических линий в условиях Алтайского края.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проведены в племенных хозяйствах ООО «Фарм» и ООО «Колос» Алтайского края, занимающихся разведением и селекцией крупного рогатого скота казахской белоголовой породы.

Для анализа использованы показатели хозяйственно полезных признаков и эксте-

рьера первотелок и полновозрастных коров казахской белоголовой породы: живая масса, промеры, общий балл за экстерьер, молочность.

Проведена оценка генеалогических линий полновозрастных коров казахской белоголовой породы. Сравнение линий проводили по отношению к средней величине по стаду и стандарту породы. Межлинейные различия выявлены во внутрихозяйственном аспекте.

Достоверность разницы определена между животными оцениваемой линии и остальной популяцией. Результаты исследований обработаны методом вариационной статистики по общепринятым методикам^{1,2}.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Оценка популяции первотелок казахской белоголовой породы в ООО «Фарм» показывает, что по промерам они относительно однородны (см. табл. 1). Обращает внима-

Табл. 1. Характеристика линий первотелок казахской белоголовой породы ООО «Фарм»

Table 1. Characteristics of the lines of first-calf heifers of the Kazakh white-headed breed in LLC "Farm"

Признак	Линия				По выборке (n = 67)
	Короля 13682 (n = 34)	Задорного 1325 (n = 16)	Замка 3035 (n = 10)	Пиона 29 (n = 7)	
Живая масса, кг	455,0 ± 9,01	450,9 ± 13,04	447,7 ± 16,23	418,1 ± 11,73*	449,1 ± 6,30
Высота в холке, см	122,9 ± 0,65	122,9 ± 1,29	122,6 ± 1,76	119,9 ± 1,33	122,5 ± 0,55
Высота в крестце, см	126,2 ± 0,66	126,3 ± 1,20	127,4 ± 1,37	123,6 ± 1,41	126,1 ± 0,52
Ширина груди за лопатками, см	44,2 ± 0,51	44,3 ± 0,65	46,6 ± 1,04	44,4 ± 0,75	44,6 ± 0,36
Ширина в маклоках, см	51,7 ± 0,41	51,1 ± 0,62	49,8 ± 0,44	50,3 ± 0,56	51,1 ± 0,28
Ширина в седалищных буграх, см	29,3 ± 0,52	28,3 ± 0,86	29,7 ± 0,58	27,4 ± 0,80	28,9 ± 0,37
Косая длина туловища, см	152,7 ± 1,16	153,9 ± 1,95	149,5 ± 2,38	150,1 ± 2,76	152,3 ± 0,90
Косая длина зада, см	51,3 ± 0,38	51,6 ± 0,96	51,4 ± 0,29	51,7 ± 1,83	51,4 ± 0,36
Обхват груди за лопатками, см	182,2 ± 4,67	180,6 ± 6,23	191,5 ± 2,84*	162,4 ± 13,46	181,2 ± 3,28
Молочность, кг	216,9 ± 4,00	221,0 ± 5,87	225,9 ± 8,70	216,7 ± 8,71	219,0 ± 2,77

¹Плохинский Н.А. Руководство по биометрии для зоотехников. М.: Колос, 1969. 255 с.

²Stalh W., Rasch D., Šiler R., Vahal J. Populationsgenetik für tierzüchter. Berlin – Praga, 1969. 439 s.

ние превосходство над сверстницами первотелок линии Замка 3035 по обхвату груди, что целесообразно использовать при заказном спаривании. По косой длине туловища выделяются матки линий Задорного 1325 и Короля 13682. Молочность животных всех линий превышает требования стандарта породы. Живая масса первотелок в среднем по выборке относится к классу элита-рекорд, при этом животные, принадлежащие линии Пиона 29, уступают сверстницам по данному признаку ($p \geq 0,95$).

Лучшие показатели по живой массе отмечены у полновозрастных коров линии

Задорного 1325, по молочности – у линии Короля 13682. Особи, принадлежащие к линии Пиона 29, достоверно уступают сверстникам по молочности. В целом достоверных межлинейных отличий по большинству признаков у животных оцениваемых линий ООО «Фарм» не отмечено (см. табл. 2).

Анализ продуктивных признаков в популяции коров 5 лет и старше казахской белоголовой породы в ООО «Колос» показал, что по живой массе животные соответствуют требованиям класса элита, по молочности – стандарту породы (см. табл. 3).

Табл. 2. Характеристики линий полновозрастных коров казахской белоголовой породы в ООО «Фарм»

Table 2. Characteristics of the lines of full-aged cows of the Kazakh white-headed breed in LLC "Farm"

Признак	Линия			По выборке ($n = 77$)
	Короля 13682 ($n = 42$)	Задорного 1325 ($n = 32$)	Пиона 29 ($n = 3$)	
Живая масса, кг	540,4 ± 8,23	545,9 ± 9,18	506,7 ± 23,21	541,4 ± 6,02
Высота в холке, см	122,9 ± 0,47	123,4 ± 0,64	123,7 ± 1,52	123,2 ± 0,38
Высота в крестце, см	127,1 ± 0,55	126,9 ± 0,65	127,0 ± 1,41	127,0 ± 0,41
Глубина груди, см	85,6 ± 0,58	86,1 ± 0,67	82,3 ± 2,13	85,7 ± 0,44
Ширина груди, см	46,3 ± 0,45	45,9 ± 0,60	44,7 ± 0,98	46,1 ± 0,35
Косая длина туловища, см	159,4 ± 1,57	155,6 ± 4,19	155,0 ± 2,94	157,7 ± 1,96
Косая длина зада, см	52,0 ± 0,36	53,4 ± 0,44	52,3 ± 1,44	52,6 ± 0,29
Обхват груди, см	199,4 ± 2,80	200,4 ± 3,14	196,0 ± 3,09	199,7 ± 2,02
Обхват пясти, см	21,1 ± 0,16	21,1 ± 0,15	20,3 ± 0,27	21,1 ± 0,11
Молочность, кг	243,6 ± 3,82	235,0 ± 5,79	207,3 ± 15,04*	238,6 ± 3,23

Табл. 3. Характеристики линий полновозрастных коров казахской белоголовой породы в ООО «Колос»

Table 3. Characteristics of the lines of full-aged cows of the Kazakh white-headed breed in LLC "Kolos"

Линия	Признак		
	Живая масса, кг	Высота в крестце, см	Молочность, кг
Прочие линии ($n = 93$)	559,1 ± 5,88	129,36 ± 0,51	214,8 ± 2,55
Пион 29 ($n = 68$)	555,0 ± 8,77	129,9 ± 0,70	218,5 ± 3,70
Замка 3035 ($n = 22$)	579,3 ± 11,15	129,6 ± 1,09	216,5 ± 4,29
Короля 13682 ($n = 43$)	560,3 ± 8,59	131,1 ± 0,64	219,1 ± 3,68
Задорного 1325 ($n = 21$)	575,2 ± 9,29	129,9 ± 0,50	214,4 ± 4,75
По выборке ($n = 339$)	564,9 ± 3,24	130,1 ± 0,26	216,4 ± 1,40

Животные, принадлежащие к линиям Замка 3035, Короля 13682, Задорного 1325 по живой массе соответствуют классу элита-рекорд. По молочности и высоте в крестце достоверных отличий не установлено, при этом самыми высокорослыми и обильномолочными отмечены животные линии Короля 13682.

Оценка коэффициентов наследуемости показала низкий уровень влияния генотипа на проявление и изменчивость основных признаков. Данный факт может свидетельствовать о высокой степени консолидации по признакам оцениваемых популяций (см. табл. 4).

В ООО «Фарм» необходимо проводить заказное спаривание родительских форм для достижения цели по улучшению следующих показателей: живой массы, глубины груди, косой длины туловища. Используя лучшие линии быков-производителей, можно достичь более высоких показателей.

В ООО «Колос» предстоит вести селекцию животных на максимальное повышение молочности коров.

В оцениваемой популяции казахской белоголовой породы отмечен низкий коэффициент наследуемости признаков. Чем меньше генетическая изменчивость признаков в конкретном стаде, тем ниже эффект селекции в первом поколении. Рекомендуется для повышения генетической изменчивости признаков в стадах использовать новых не-

родственных животных из других регионов. Для этого следует проводить отбор согласно требованиям по бонитировке и параметрам отбора, рассчитанным для конкретного хозяйства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Казахский белоголовый скот в отличие от аборигенных аналогов как любая культурная порода нуждается в постоянном поддержании и совершенствовании племенных и продуктивных качеств. Для улучшения продуктивных качеств животных необходимо шире использовать производителей, принадлежащих линиям Задорного 1325, Замка 3035. Для остальных генеалогических структур требуется выделение эффективных продолжателей. При составлении селекционных программ и совершенствовании стад особое внимание необходимо уделять ротации генеалогических групп. В этом случае гарантировано быстрое получение улучшенных племенных качеств животных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гонтюрёв В.А., Тюлебаев С.Д., Макаев Ш.А. Результаты оценки создаваемых новых линий казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 3 (71). С. 207–210.
2. Естанов А.К., Нюрнберг А.С. Совершенствование и разведение существующих заводских линий комолого типа казахской белоголовой породы в ТОО «Племзавод Алабота» // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. 2018. Т. 1, № 1. С. 56–60.
3. Дубовскова М.П., Макаев Ш.А., Тюлебаев С.Д., Гонтюрёв В.А., Герасимов Н.П. Создание заводской линии быка-производителя Зоркого 3433к казахской белоголовой породы // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 4 (100). С. 32–39.
4. Макаев Ш.А., Тайгузин Р.Ш., Фомин А.В., Сарыбаев С.А. Метод чистопородного разведения по линиям в совершенствовании казахского белоголового скота // Животноводство и кормопроизводство. 2018. Т. 101, № 2. С. 25–33.

Табл. 4. Коэффициент наследуемости признаков у коров 5 лет и старше

Table 4. The coefficient of trait heritability in cows of 5 years old and older

Признак	Хозяйство	
	ООО «Фарм»	ООО «Колос»
Живая масса	0,05	0,03
Высота в холке	0,17	—
Высота в крестце	0,20	0,01
Глубина груди	0,06	—
Ширина в маклоках	0,23	—
Косая длина туловища	0,11	—
Обхват груди	0,19	—
Обхват пясти	0,02	—
Молочность	0,34	0,07

5. Бактыгалиева А.Т., Джуламанов К.М., Ухт-веров А.М., Герасимов Н.П. Продуктивные и биологические качества молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 94–101.
6. Козлова Н.Н., Гостева Е.Р., Замыгин С.Н., Улимбаев М.Б. Оценка линий, использованных при внутрипородном подборе для повышения генетического потенциала казахской белоголовой породы // Сборник научных трудов Краснодарского научного центра по зоотехнии и ветеринарии. 2019. Т. 8. № 2. С. 11–16.
7. Сушков В.С., Лобанов К.Н., Антипов А.Е. Совершенствование мясного скотоводства в условиях Тамбовской области // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2018. № 3. С. 75–81.
8. Жаркенова Ю.Ю., Гумеров М.Б., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Откормочные и мясные качества молодняка казахской белоголовой породы разных линий // Молодежь и наука. 2019. № 5–6. С. 35–39.
9. Жаркенова Ю.Ю., Гумеров М.Б., Ребезов М.Б., Харлап С.Ю. Эффективность выращивания молодняка казахской белоголовой породы разных линий // Молодежь и наука. 2019. № 7–8. С. 48–51.
10. Насамбаев Е., Нугманова А.Е., Толеп Т. Рост и развитие молодняка казахской белоголовой породы различных генотипов // Вестник науки. 2020. Т. 1. № 6 (27). С. 249–263.
11. Дубовскова М.П., Колпаков В.И., Ворожейкин А.М., Киц Е.А. Формирование генеалогической структуры герефордов по генотипическим признакам // Вестник мясного скотоводства. 2017. № 2 (98). С. 30–38.
12. Гонтыурев В.А., Искандерова А.П., Христиановский П.И., Белоусов А.М. Племенная и генетическая характеристика стада казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 273–276.
13. Макаев Ш.А., Тайгузин Р.Ш., Ляпин О.А., Фомин А.В. Генетическая характеристика казахского белоголового скота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 281–285.
14. Насамбаев Е.Г., Ахметалиева А.Б., Нугманова А.Е., Жумаева А.К., Досжанова А.О., Зинулина Г.Б. Возрастные и генотипические особенности воспроизводительных качеств скота заводских линий казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (74). С. 194–197.
15. Айтжанова И.Н., Джуламанов Е.Б., Джуламанов К.М., Хайнауцкий В.Ю., Никулин В.Н. Воспроизводительная способность телок разных генотипов // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. 2019. № 4 (57). С. 6–12.
16. Тайгузин Р.Ш., Фомин А.В., Макаев Ш.А., Герасимов Н.П. Формирование племенной оценки линейных быков-производителей // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 3 (65). С. 124–126.
17. Гумеров М.Б., Горелик О.В., Найманов Д.К., Бисембаев А.Т. Оценка ремонтного молодняка казахской белоголовой породы крупного рогатого скота по собственной продуктивности // Аграрный вестник Урала. 2018. № 3 (170). С. 5–9.
18. Макаев Ш.А., Ляпин О.А., Тайгузин Р.Ш. Убойные качества и мясная продуктивность бычков различных генотипов казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 212–217.
19. Макаев Ш.А. Аминокислотный состав длиннейшей мышцы спины бычков разных заводских линий казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 261–266.
20. Даниленко О.В., Тамаровский М.В. Систематизация племенного обеспечения отрасли специализированного мясного скотоводства в Республике Казахстан // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. 2018. № 4 (49). С. 65–68.

REFERENCES

1. Gontyuryov V.A., Tyulebaev S.D., Makaev Sh.A. The results of evaluation of the newly created lines of Kazakh white-headed cattle. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2018, no. 3 (71), pp. 207–210. (In Russian).
2. Estanov A.K., Nyurenberg A.S. Improvement and breeding of the existing breeding lines of

- the hornless type of Kazakh white-headed breed in the TU «Plemzavod Alabota». *Aktual'nyye problemy nauki i obrazovaniya v oblasti yestestvennykh i sel'skokhozyaystvennykh nauk* = *Actual problems of science and education in the field of natural and agricultural sciences*, 2018, vol. 1, no. 1, pp. 56–60. (In Russian).
3. Dubovskova M.P., Makaev Sh.A., Tyulebaev S.D., Gontyurev V.A., Gerasimov N.P. Creation of the breeding line of Zorky 3433k sire of the Kazakh white-headed breed. *Vestnik myasnogo skotovodstva* = *The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2017, no. 4 (100), pp. 32–39. (In Russian).
 4. Makaev Sh.A., Tajguzin R.Sh., Fomin A.V., Sarybaev S.A. Purebred breeding by lines for the improvement of Kazakh white-headed cattle. *Zhivotnovodstvo i kormoproizvodstvo* = *Animal Husbandry and Fodder Production*, 2018, vol. 101, no. 2, pp. 25–33. (In Russian).
 5. Baktygalieva A.T., Dzhulamanov K.M., Uxtverov A.M., Gerasimov N.P. Productive and biological traits of young cattle of different genotypes of Kazakh white-headed breed. *Izvestiya Samarskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii* = *Bulletin Samara State Agrarian University*, 2019, no. 2, pp. 94–101. (In Russian).
 6. Kozlova N.N., Gosteva E.R., Zamygin S.N., Ulimbashev M.B. Assessment of lines used in the inside breed selection for improvement of the genetic potential of the Kazakh white-headed breed. *Sbornik nauchnykh trudov Krasnodarskogo nauchnogo tsentra po zootekhnii i veterinarii* = *Collection of scientific works of the Krasnodar Scientific Center for Animal Science and Veterinary Medicine*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 11–16. (In Russian).
 7. Sushkov V.S., Lobanov K.N., Antipov A.E. Improvement of beef cattle breeding in Tambov region. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *The Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*, 2018, no. 3, pp. 75–81. (In Russian).
 8. Zharkenova Yu.Yu., Gumerov M.B., Rebezov M.B., Xarlap S.Yu. Fattening and meat qualities of young cattle of Kazakh white-headed breed of different lines. *Molodezh' i nauka* = *Youth and Science*, 2019, no. 5-6, pp. 35–39. (In Russian).
 9. Zharkenova Yu.Yu., Gumerov M.B., Rebezov M.B., Xarlap S.Yu. Its effectiveness in rearing young Kazakh white-headed breed of different lines. *Molodezh' i nauka* = *Youth and Science*, 2019, no. 7–8, pp. 48–51. (In Russian).
 10. Nasambaev E., Nugmanova A.E., Tolep T. Growth and development of young Kazakh white-headed breed of different genotypes. *Vestnik nauki* = *Science Bulletin*, 2020, vol. 1, no. 6 (27), pp. 249–263. (In Russian).
 11. Dubovskova M.P., Kolpakov V.I., Vorozhejkin A.M., Kicz E.A. Formation of the genealogy structure of Hereford by genotypes and phenotypic characters. *Vestnik myasnogo skotovodstva* = *The Herald of Beef Cattle Breeding*, 2017, no. 2 (98), pp. 30–38. (In Russian).
 12. Gontyurev V.A., Iskanderova A.P., Kristianovskij P.I., Belousov A.M. Tribal and genetic characteristics of herds of Kazakh white-headed breed. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2019, no. 6 (80), pp. 273–276. (In Russian).
 13. Makaev Sh.A., Tajguzin R.Sh., Lyapin O.A., Fomin A.V. Genetic characteristics of the Kazakh white-headed cattle. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2019, no. 6 (80), pp. 281–285. (In Russian).
 14. Nasambaev E.G., Axmetalieva A.B., Nugmanova A.E., Zhumaeva A.K., Doszhanova A.O., Zinulina G.B. Age and genotypical characteristics of reproductive qualities of stud lines of Kazakh white-headed breed. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2018, no. 6 (74), pp. 194–197. (In Russian).
 15. Ajtzhanova I.N., Dzhulamanov E.B., Dzhulamanov K.M., Xajnaczkij V.Yu., Nikulin V.N. Reproductive capacity of heifers of different genotypes. *Vestnik Buryatskoj gosudarstvennoj sel'skoxozyajstvennoj akademii im. V.R. Filippova* = *Vestnik of Buryat State Academy of Agriculture*, 2019, no. 4 (57), pp. 6–12. (In Russian).
 16. Tajguzin R.Sh., Fomin A.V., Makaev Sh.A., Gerasimov N.P. The practice of breeding evaluation of linear sires. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2017, no. 3 (65), pp. 124–126. (In Russian).
 17. Gumerov M.B., Gorelik O.V., Najmanov D.K., Bisembaev A.T. Evaluation of rearing Kazakh white-headed breed of cattle productivity. *Agrarnyy vestnik Urala* = *Agrarian Bulletin of*

- the Urals*, 2018, no. 3 (170), pp. 5–9. (In Russian).
18. Makaev Sh.A., Lyapin O.A., Tajguzin R. Sh. Slaughter qualities and meat productivity of bulls of various genotypes of the Kazakh white-headed breed. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 2 (82), pp. 212–217. (In Russian).
19. Makaev Sh.A. Amino acid composition of the longest dorsum muscle Kazakh white-headed steers of different stud lines. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo uni-*
- versiteta = Izvestiya of Orenburg State Agrarian University*, 2020, no. 4 (84), pp. 261–266. (In Russian).
20. Danilenko O.V., Tamarovskij M.V. Systematization of pedigree support for the specialized beef cattle breeding industry in the Republic of Kazakhstan. *Vestnik Kyrgyzskogo natsional'nogo agrarnogo universiteta im. K.I. Skryabina = Bulletin of the Kyrgyz National Agrarian University named after K.I. Skryabin*, 2018, no. 4 (49), pp. 65–68. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Солошенко В.А.**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель научного направления; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: animal@sfscs.ru

Инербаев Б.О., доктор сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией

Дуров А.С., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Храмцова И.А., кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник

Плешаков В.А., кандидат сельскохозяйственных наук, директор ООО «Мясоплем Алтай»; e-mail: myasplem@mail.ru

AUTHOR INFORMATION

✉ **Vladimir A. Soloshenko**, RAS Academician, Doctor of Science in Agriculture, Head of Scientific Division; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: animal@sfscs.ru

Bazarbay O. Inerbaev, Doctor of Science in Agriculture, Head of Laboratory

Alexander S. Durov, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Irina A. Khramtsova, Candidate of Science in Agriculture, Senior Researcher

Vladimir A. Pleshakov, Candidate of Science in Agriculture, Director of LLC Altai Myasoplem; e-mail: myasplem@mail.ru

Дата поступления статьи 18.10.2020
Received by the editors 18.10.2020

ОСОБЕННОСТИ АККУМУЛЯЦИИ МЕДИ В ЩЕТИНЕ СВИНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД

Зайко О.А., Назаренко А.В., Королева И.А., Романенко М.А., Магер С.Н.

Новосибирский государственный аграрный университет

Новосибирск, Россия

Приведены результаты оценки содержания меди в щетине свиней ландрасской, кемеровской и скороспелой мясной пород. Исследования выполнены на клинически здоровых шестимесячных животных в хозяйствах Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края. Условия содержания животных стандартные с типовым кормлением. Элементный анализ проб щетины свиней выполнен методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Обработку данных проводили с применением Microsoft Office Excel и Statistica 8 (StatSoft Inc., USA), в том числе используя непараметрические методы. Установлен убывающий ранжированный ряд по уровню меди в волосе свиней для пород: ландрасская → кемеровская → скороспелая мясная. В виде отношения он представлен как 5,1 : 4,5 : 1. Показатели меди в щетине свиней ландрасской, кемеровской и скороспелой мясной пород составили 44,0; 39,0 и 8,7 мг/кг соответственно. Аккумуляция меди в щетине свиней ландрасской и кемеровской пород зафиксирована в 5,6 и 4,5 раза больше, чем в скороспелой мясной ($p < 0,001$). Однородностью показателей отмечены скороспелая мясная и кемеровская породы, у них зарегистрирован наименьший межквартильный размах и отношение крайних вариантов. Исследованиями с использованием критерия Краскела-Уоллиса установлено, что порода влияет на аккумуляцию меди в щетине свиней. Различия зарегистрированы в парах: скороспелая мясная – кемеровская и скороспелая мясная – ландрасская породы ($p < 0,001$). Наиболее сходные результаты изучения животных на основании кластерного анализа выявлены между кемеровской и ландрасской породами. Скороспелая мясная порода отличается относительной устойчивостью к аккумуляции меди в щетине. Полученные данные можно предварительно принять в качестве физиологической нормы концентрации меди в щетине свиней различных пород, районированных в Западной Сибири.

Ключевые слова: медь, щетина, свиньи, влияние пород

PECULIARITIES OF COPPER ACCUMULATION IN THE BRISTLES OF PIGS OF DIFFERENT BREEDS

Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Koroleva I.A., Romanenko M.A., Mager S.N.

Novosibirsk State Agrarian University

Novosibirsk, Russia

The results of assessing the copper content in the bristles of pigs of Landrace, Kemerovo and Early maturing meat breeds are presented. The study was carried out on clinically healthy six-month-old animals in the farms of Novosibirsk and Kemerovo regions and Altai Territory. The conditions for keeping animals were standard with typical feeding. Elemental analysis of pig bristle samples was carried out by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. The data was processed using Microsoft Office Excel and Statistica 8 (StatSoft Inc., USA), including nonparametric methods. A decreasing ranged series was established according to the level of copper in the hair of pigs for Landrace → Kemerovo → Early maturing meat breeds. As a ratio, it is represented as 5.1 : 4.5 : 1. Copper in the bristles of Landrace, Kemerovo and Early maturing meat breeds amounted to 44.0, 39.0 and 8.7 mg/kg, respectively. The accumulation of copper recorded in the bristles of Landrace and Kemerovo pig breeds was 5.6 and 4.5 times higher than that of Early maturing meat breed ($p < 0.001$). The Early maturing meat and Kemerovo breeds were characterized with the homogeneity of indicators; they had the smallest interquartile range and the ratio of the extreme variants. The study using Kruskal-Wallis criterion established that the breed affects the accumulation of copper in the bristles of pigs. Differences were registered in pairs: Early maturing meat – Kemerovo and Early

maturing meat – Landrace breeds ($p < 0.001$). The most similar results of studying animals based on cluster analysis were found between Kemerovo and Landrace breeds. Early maturing meat breed is relatively resistant to copper accumulation in the bristles. The data obtained can be tentatively taken as a physiological norm for the accumulation of copper in the bristles of pigs of various breeds zoned in Western Siberia.

Keywords: copper, bristles, pigs, influence of breeds

Для цитирования: Зайко О.А., Назаренко А.В., Королева И.А., Романенко М.А., Магер С.Н. Особенности аккумуляции меди в щетине свиней различных пород // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 90–98. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-11>

For citation: Zaiko O.A., Nazarenko A.V., Koroleva I.A., Romanenko M.A., Mager S.N. Peculiarities of copper accumulation in the bristles of pigs of different breeds. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 90–98. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-11>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Стабильность химического состава в организме – одно из важнейших условий жизни человека и животных, изменения которого приводят к широкому спектру заболеваний [1]. В связи с этим изучаются величина аккумуляции химических элементов в тканях и органах, соотношение между ними и биохимическими компонентами организма на разных уровнях. Актуальны вопросы, касающиеся индивидуального минерального статуса и здоровья животных, воздействия на человека, потребляющего в пищу продукты животного происхождения¹⁻³ [2].

Медь – один из важных химических элементов для реализации генетического потенциала млекопитающих, в частности свиней, посредством влияния на экспрессию генов. Она служит минеральным компонентом и кофактором многих ферментов в организме [3]. Медь оказывает проокислительные и антиоксидантные эффекты, необходимые для полноценного обеспечения биологических процессов и развития заболеваний [4]. Например, медь – компонент супероксиддисмутазы и глутатионпероксидазы, снижение активности которых приводит к нарушению

в антиоксидантной защите. Но чрезмерное поступление добавок, содержащих медь, может индуцировать системное перекисное окисление липидов и окислительный стресс [5]. Свиньи, по данным исследований, редко нуждаются в дополнительном введении меди при условии сбалансированности рациона, в основе которого лежат зерновые корма [6].

Оценка минерального статуса животных по концентрации тех или иных химических элементов в производных кожи вызывает интерес многих ученых [7, 8]. Медь относится к группе элементов с высоким коэффициентом обогащения, что свидетельствует о незначительной восприимчивости к экзогенной контаминации, концентрация в производных кожи обусловлена в основном эндогенными факторами [9].

Оценка экологической безопасности объектов неживой и живой природы выполняется в различных субъектах Российской Федерации, в том числе в сибирских регионах [10–12]. Оценка интерьера животных сельскохозяйственного назначения включает исследования содержания химических элементов в органах и тканях, гематологи-

¹Зайко О.А. Изменчивость и корреляция химических элементов в органах и тканях свиней скороспелой мясной породы СМ-1: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2014. 183 с.

²Нарожных К.Н. Изменчивость, корреляции и уровень тяжелых металлов в органах и тканях герефордского скота в условиях Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2019. 163 с.

³Стрижкова М.В. Содержание, изменчивость и корреляция макроэлементов в органах и тканях крупного рогатого скота черно-пестрой породы: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Новосибирск, 2018. 126 с.

ческих и иммунобиохимических параметров крови. Она необходима для оценки состояния здоровья животных и мониторинга экологического фона, отражающегося на безопасности и качестве сельскохозяйственной продукции⁴ [13]. Интерпретация результатов этих исследований затруднена из-за отсутствия референсных интервалов, характеризующих допустимое содержание различных химических элементов в органах и тканях животных [14].

Цель исследований – установить межпородные особенности аккумуляции меди в волосяном покрове свиней различных пород, районированных в Западной Сибири.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследование проведено в 2016–2020 гг. на группах клинически здоровых свиней трех пород: скороспелой мясной (СМ-1), кемеровской и ландрасской, выращенных в хозяйствах Новосибирской, Кемеровской областей и Алтайского края. Животных содержали в стандартных условиях для данного вида на мясном откорме⁵. Свиньи вакцинированы в соответствии с планами ветеринарно-профилактических мероприятий. Специалисты систематически выполняли элементы общего исследования, проводили исследование габитуса, кожи, производных кожи, слизистых оболочек и специального исследования. Животных обеспечивали типовым кормлением полнорационным комбикормом в зависимости от живой массы животных. Рационы сбалансированы по питательным, минеральным веществам и витаминам. В частности, количество меди,

в зависимости от изменения живой массы животных, составляло во всех группах от 19 до 38 мг на одну голову в сутки. Контроль комбикормов по номенклатуре гарантированных и дополнительных показателей осуществляли в установленном порядке^{6, 7}. Поение животных выполняли из собственных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения, при этом качество воды соответствовало второму классу ГОСТа⁸.

Центром коллективного пользования научным оборудованием многоэлементных и изотопных исследований Сибирского отделения Российской академии наук (СО РАН) Института геологии и минералогии им. В.С. Соболева и Институтом неорганической химии им. А.В. Николаева СО РАН в районах разведения свиней изучены вода, почва и корма на содержание тяжелых металлов, в том числе меди⁹ [15].

Предмет данного исследования – щетина свиней. Образцы получены с дорсальной поверхности шеи с помощью очищенных этанолом ножниц из нержавеющей стали. Они представлены остевым волосом. Общее количество проб составило 65. Отобрана навеска щетины, выполнена ее очистка от загрязнений и дальнейшая пробоподготовка по соответствующим ГОСТам. Непосредственно элементный анализ выполнен методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой с использованием спектрометра iCAP-6500 фирмы Thermo Scientific (USA) [16].

Полученные данные обработаны программами Microsoft Office Excel и Statistica 8 (StatSoft Inc., USA). Критерий Шапиро-Уил-

⁴Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Kononova T.V., Biryulya I.K., Petukhov V.L., Kamaldinov E.V., Narozhnykh K.N., Osadchuk L.V. Biochemical, hematological and mineral parameters in pigs of two breeds reared in large industrial complexes of Western Siberia // 3 rd International Symposium for Agriculture and Food. Ohrid: Faculty of agriculture and food, 2017. P. 100.

⁵ГОСТ 28839–2017. Животные сельскохозяйственные. Свиньи. Зоотехнические требования к содержанию на откорме. Взамен ГОСТ 28839-90; введ. 2018-07-01. М.: Стандартинформ, 2017. 4 с.

⁶ГОСТ Р 51550–2000. Комбикорма-концентраты для свиней. Общие технические условия.– Введен впервые; введ. 2001-01-01.М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 10 с.

⁷ГОСТ Р 51850–2001. Продукция комбикормовая. Правила приемки. Упаковка, транспортирование и хранение; введ. впервые; введ. 2004-01-01. М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. 4 с.

⁸ГОСТ 2761–84. Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора (с изменением № 1). Взамен ГОСТ 17.1.3.03–77; введ. 1986-01-01. М.: Стандартинформ, 2006. 12 с.

⁹Сысо А.И. Тяжёлые металлы в окружающей среде как угроза растениям, животным и человеку // Агрохимия в XXI веке. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной памяти академика РАН В.Г. Минеева. Под редакцией В.А. Романенкова. 2018. С. 30–33.

ка и Колмогорова-Смирнова служили для оценки характера распределения. Оценены следующие показатели: среднее арифметическое, ошибка среднего арифметического, медиана, среднее квадратическое отклонение, интерквартильный размах, максимальное и минимальное значение содержания меди в щетине. В качестве альтернативы одномерному дисперсионному анализу использован непараметрический критерий Краскела-Уоллиса для установления различий в аккумуляции меди между породами. Проведен кластерный анализ для объединения пород с однородными характеристиками с использованием метода Варда. В качестве метрики расстояний применяли манхэттенское расстояние.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведения ряда тестов установлено, что количественная характеристика уровня меди в щетине свиней кемеровской и скороспелой мясной пород характеризуется нормальностью распределения. В тесте Шапиро-Уилка установлено, что W -критерий равен 0,97 ($p > 0,05$). Гипотеза о нормальности распределения этого же признака у свиней породы ландрас отклонена.

В таблице 1 представлены данные по уровню меди в волосе свиней рассматриваемых пород. Ранжируя породы по изучаемому признаку, установили, что убывающий ряд выглядит следующим образом: порода ландрас → кемеровская порода → скороспелая мясная порода, в качестве относи-

тельных показателей, учитывая медиану: 5,1 : 4,5 : 1. Установлены весомые различия среди животных породы ландрас по способности накапливать медь в щетине, что выражается значительным отношением крайних вариантов. В научной литературе отсутствует информация об отличиях в аккумуляции химических элементов в организме свиней различных пород. Но известно о существенных особенностях обмена меди в организме у разных пород овец и его физиологических последствиях для животных¹⁰.

Концентрация меди в щетине свиней кемеровской и ландрасской пород в 4,5 и 5,6 раза соответственно выше, чем данный показатель скороспелой мясной породы ($p < 0,001$).

Не установлено различий в содержании меди в производном кожи у свиней ландрасской и кемеровской пород. Необходимо отметить, что на территории Западной Сибири отсутствует загрязнение тяжелыми металлами за пределами санитарно-гигиенических зон [17].

Уровень аккумуляции химических элементов в волосяном покрове животных позволяет определить индивидуальный минеральный статус, что актуально для сельскохозяйственных животных, содержащихся групповым способом. При этом полученные данные могут служить нормативными показателями для пород животных, районированных на определенной территории, так как информация по данному вопросу в литературе разрознена. По данным исследовате-

Содержание меди в щетине свиней некоторых пород, районированных в Западной Сибири, мг/кг
The content of copper in the bristles of some pig breeds zoned in Western Siberia, mg / kg

Порода	n	$\bar{X} \pm Sx$	Me	σ	IQR	lim	Отношение крайних вариант
Кемеровская	26	39,4 ± 1,6	39,0	7,9	12,2	25 – 56	1 : 2,2
СМ-1	18	8,72 ± 0,2	8,7	1,0	1,7	7,2 – 10,9	1 : 1,5
Ландрас	21	49,2 ± 8,0	44,0	36,7	68	7,7 – 110	1 : 14,3

Примечание. Me – медиана, σ – среднее квадратическое отклонение, IQR – интерквартильный размах.

¹⁰Radostits O.M., Gay C.C., Hinchcliff K.W., Constable P.D. Veterinary medicine: a textbook of the diseases of cattle, sheep, pigs, goats and horses // Toronto: Saunders Elsevier, 2007. 2180 p.

лей, существуют уровни аккумуляции меди в волосе свиней 3–7 и 8–15 мг/кг, как дефицитный и нормальный соответственно¹¹. В сравнении с этими значениями зарегистрировано превышение показателей описательной статистики у животных ландрасской и кемеровской пород.

Изучение содержания химических элементов в органах, тканях, производных кожи различных пород и видов актуально для решения вопроса о наличии или отсутствии наследственно обусловленных факторов [18]. В данном исследовании более однородной по содержанию меди в щетине оказалась порода СМ-1, зарегистрирован наименьший межквартильный размах и отношение крайних вариантов (см. рис. 1). Подобными характеристиками отличались животные кемеровской породы.

После расчета критерия Краскела-Уол-

лиса установили, что фактор породы влияет на величину депонирования меди в щетине свиней ($p < 0,001$), если оценивать три породы вместе. В парах СМ-1 – кемеровская порода и СМ-1 – ландрасская порода есть существенные различия ($p < 0,001$). Анализ полученных данных свидетельствует о межпородной дифференциации по концентрации изучаемого химического элемента в щетине, что является фактором, подтверждающим роль наследственности в предрасположенности и устойчивости к накоплению меди в щетине свиней.

На рис. 2 показано сходство между рассматриваемыми породами свиней по содержанию меди в щетине. Установлено, что кемеровская и ландрасская породы имеют большее сходство в сравнении с животными скороспелой мясной породы.

Исследованиями установлена наслед-

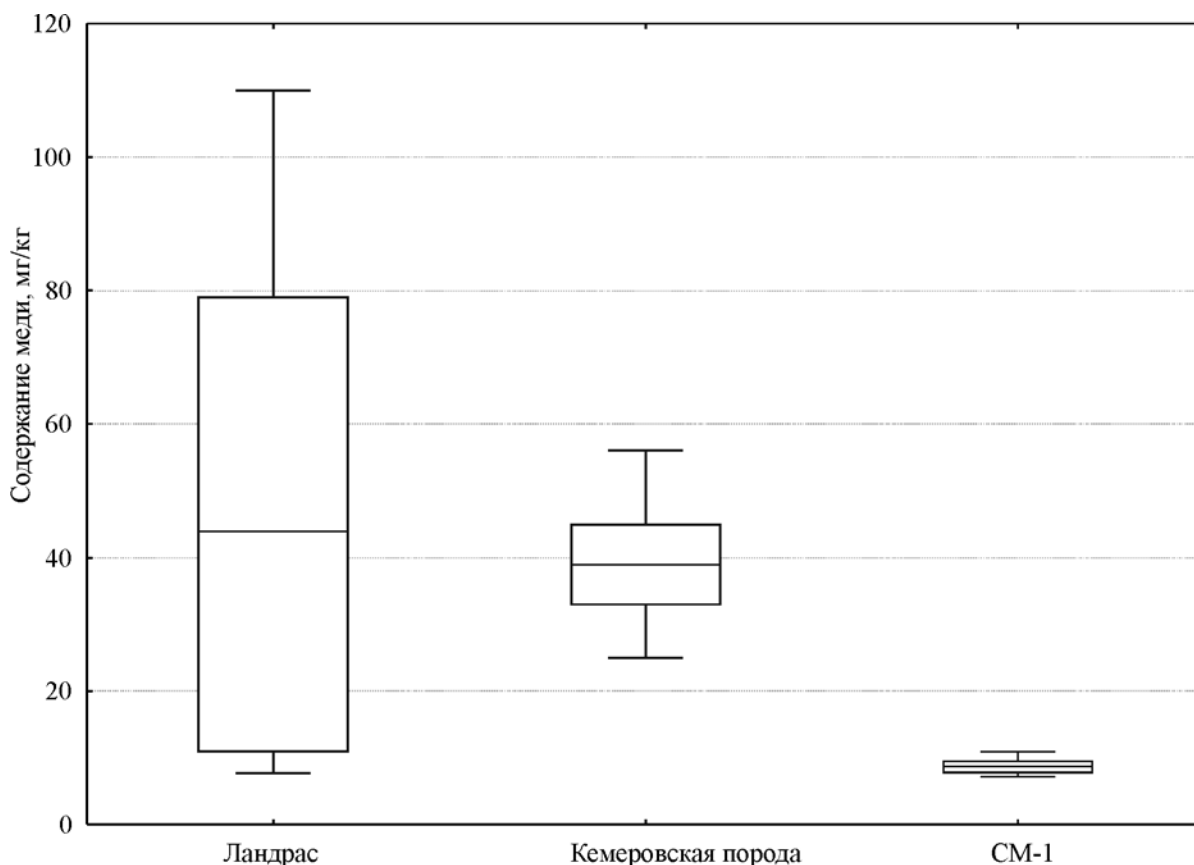


Рис. 1. Диаграммы размаха содержания меди в щетине свиней некоторых пород

Fig. 1. Diagrams of copper content range in the bristles of some pig breeds

¹¹Puls R. Mineral levels in animal health: diagnostic data. Canada: Trinity Western University Press, 1988. 240 p.

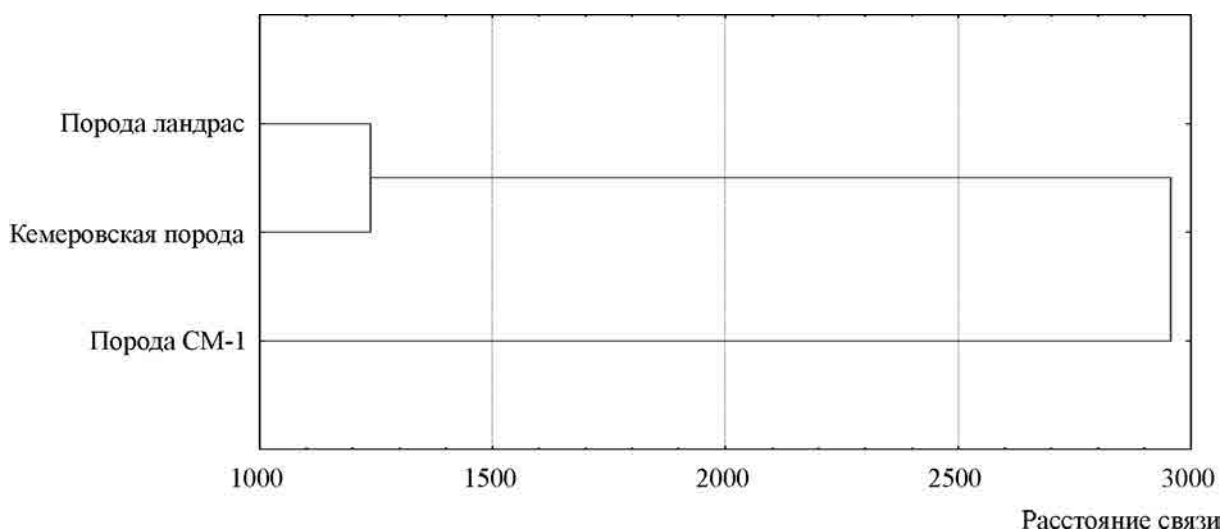


Рис. 2. Дендрограмма межпородного сходства содержания меди в щетине свиней

Fig. 2. Dendrogram of interbreed similarity of copper content in pig bristles

ственная детерминированность накопления химических элементов в органах, тканях и производных кожи сельскохозяйственных животных [15, 19].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлены межпородные различия в аккумуляции тяжелых металлов в производных кожи свиней пород, районированных в Западной Сибири. Показатели наличия меди в щетине свиней скороспелой мясной, кемеровской и ландрасской пород составили 8,7; 39,0 и 44,0 мг/кг соответственно. Установлено влияние породы на процесс аккумуляции металла ($p < 0,001$). Показатели по содержанию меди в щетине свиней различных пород, районированных на территории Западной Сибири, можно предварительно использовать в качестве физиологической нормы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Savinov S.S., Sharypova R.M., Drobyshchev A.I. Determination of the trace element composition of human nails // *Journal of Analytical Chemistry*. 2020. Vol. 75. N 3. P. 409–415. DOI: 10.1134/S1061934820030168.
2. Rakic A., Milovanovich I.D., Trbovich A.M., Stefanović S., Nikolić D., Janković S., Soldatović I., De Luka S.R. Trace elements in different tissues in aging rats // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2020. Vol. 62. P. 126604. DOI: 10.1016/j.jtemb.2020.126604.
3. Gaetke L.M., Chow-Johnson H.S., Chow C.K. Copper: toxicological relevance and mechanisms // *Archives of Toxicology*. 2014. Vol. 88. N 11. P. 1929–1938. DOI: 10.1007/s00204-014-1355-y.
4. Deloncle R., Guillard O. Is brain copper deficiency in Alzheimer's, Lewy Body, and Creutzfeldt Jakob diseases the common key for a free radical mechanism and oxidative stress-induced damage? // *Journal of Alzheimer's Disease*. 2015. Vol. 43. № 4. P. 1149–1156. DOI: 10.3233/JAD-140765.
5. Zhang Y.M., Dong Z.L., Yang H.S., Liang X., Zhang S., Li X., Wan D., Yin Y.L. Effects of dose and duration of dietary copper administration on hepatic lipid peroxidation and ultrastructure alteration in piglets' model // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2020. Vol. 61. P. 126561. DOI: 10.1016/j.jtemb.2020.126561.
6. Hill G.M. Minerals and mineral utilization in swine // *Sustainable Swine Nutrition*. New York: John Wiley & Sons, 2013. P. 173–195.
7. Brummer-Holder M., Cassill B.D., Hayes S.H. Interrelationships between age and trace element concentration in horse mane hair and whole blood // *Journal of Equine Veterinary Science*. 2020. Vol. 87. P. 102922. DOI: 10.1016/j.jevs.2020.102922.
8. Нарожных К.Н. Содержание, изменчивость и корреляция химических элементов

- в волосе герефордского скота // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2014. № 4 (239). С. 74–78.
9. Hu L., Fernandez D.P., Cerling T.E. Trace element concentrations in horn: Endogenous levels in keratin and susceptibility to exogenous contamination // *Chemosphere*. 2019. Vol. 237. P. 124443. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124443.
 10. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the republic of Tyva // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9. N 9. P. 1530–1535.
 11. Григорьева А.А., Миронова Г.Е., Олесова Л.Д., Кривошапкина З.Н., Семенова Е.И., Ефремова А.В., Константинова Л.И., Яковлева А.И., Охлопкова Е.Д. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды в условиях криолитозоны // *Проблемы региональной экологии*. 2018. № 6. С. 51–58. DOI: 10.24411/1728-323X-2018-16051.
 12. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I., Shishin N.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Dementiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia) // *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45. N 4. P. 866–871.
 13. Осадчук Л.В., Себежко О.И., Шишин Н.Г., Короткевич О.С., Коновалова Т.В., Петухов В.Л., Фихман Е.В. Гормональный и метаболический статус бычков голштинской породы в эколого-климатических условиях Кемеровской области // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2017. № 2. С. 52–61.
 14. Нарожных К.Н., Стрижкова М.В., Коновалова Т.В. Межпородные различия по уровню макро- и микроэлементов в мышечной ткани крупного рогатого скота Западной Сибири // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2–10. С. 2158–2163.
 15. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V. Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9. N 6. P. 958–964.
 16. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., Saprykin A.I., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V. Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with DC ARC excitation sources // *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 2017. Vol. 9. N 5. P. 601–605.
 17. Мингжун Л., Саурбаева Р.Т., Венронг Л., Себежко О.И., Андреева В.А., Коновалова Т.В., Короткевич О.С. Влияние генотипа баранов-производителей романовской породы на аккумуляцию цинка в шерсти потомства // *Вестник Новосибирского государственного аграрного университета*. 2019. № 3 (52). С. 91–97.
 18. Нарожных К.Н., Коновалова Т.В., Миллер И.С., Стрижкова М.В., Зайко О.А., Назаренко А.В. Межвидовые различия по концентрации тяжелых металлов в производных кожи животных // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2–26. С. 5815–5819.
 19. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Fedyaev Y.I., Shishin N.I., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Osadchuk L.V. Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia // *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 2017. Vol. 44. N 5. P. 74.

REFERENCES

1. Savinov S.S., Sharypova R.M., Drobyshev A.I. Determination of the trace element composition of human nails. *Journal of Analytical Chemistry*, 2020, vol. 75, no. 3, pp. 409–415. DOI: 10.1134/S1061934820030168.
2. Rakic A., Milovanovich I.D., Trbovich A.M., Stefanović S., Nikolić D., Janković S., Soldatović I., De Luka S.R. Trace elements in different tissues in aging rats. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2020, vol. 62, pp. 126604. DOI: 10.1016/j.jtemb.2020.126604.
3. Gaetke L.M., Chow-Johnson H.S., Chow C.K. Copper: toxicological relevance and mechanisms. *Archives of Toxicology*, 2014, vol. 88,

- no. 11, pp. 1929–1938. DOI: 10.1007/s00204-014-1355-y.
4. Deloncle R., Guillard O. Is brain copper deficiency in Alzheimer's, Lewy Body, and Creutzfeldt Jakob diseases the common key for a free radical mechanism and oxidative stress-induced damage? *Journal of Alzheimer's Disease*, 2015, vol. 43, no. 4, pp. 1149–1156. DOI: 10.3233/JAD-140765.
 5. Zhang Y.M., Dong Z.L., Yang H.S., Liang X., Zhang S., Li X., Wan D., Yin Y.L. Effects of dose and duration of dietary copper administration on hepatic lipid peroxidation and ultrastructure alteration in piglets' model. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2020, vol. 61, pp. 126561. DOI: 10.1016/j.jtemb.2020.126561.
 6. Hill G.M. *Minerals and mineral utilization in swine. Sustainable Swine Nutrition*. New York: John Wiley & Sons, 2013, pp. 173–195.
 7. Brummer-Holder M., Cassill B.D., Hayes S.H. Interrelationships between age and trace element concentration in horse mane hair and whole blood. *Journal of Equine Veterinary Science*, 2020, vol. 87, pp. 102922. DOI: 10.1016/j.jevs.2020.102922.
 8. Narozhnykh K.N. The content, variation and correlation of certain chemical elements in hair of Hereford bull calves. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*. 2014, no. 4 (239), pp. 74–78. (In Russian).
 9. Hu L., Fernandez D.P., Cerling T.E. Trace element concentrations in horn: Endogenous levels in keratin and susceptibility to exogenous contamination. *Chemosphere*, 2019, vol. 237, pp. 124443. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124443.
 10. Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Shishin N.I., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Zheltikov A.I., Marenkov V.G., Nezavitin A.G., Osadchuk L.V., Chysyma R.B., Kuzmina E.E. Influence of anthropogenic pollution on interior parameters, accumulation of heavy metals in organs and tissues, and the resistance to disorders in the yak population in the republic of Tyva. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, vol. 9, no. 9, pp. 1530–1535.
 11. Grigor'eva A.A., Mironova G.E., Olesova L.D., Krivoshapkina Z.N., Semenova E.I., Efremova A.V., Konstantinova L.I., Yakovleva A.I., Okhlopko E.D. Heavy metals as a factor of environmental pollution in cryolithozone conditions. *Problemy regional'noi ekologii = Regional Environmental Issues*, 2018, no. 6, pp. 51–58. (In Russian). DOI: 10.24411/1728-323X-2018-16051.
 12. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Fedyaev J.I., Shishin N.I., Sebezhko O.I., Petukhov V.L., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Marenkov V.G., Osintseva L.A., Reimer V.A., Nezavitin A.G., Dementiev V.N., Osadchuk L.V., Syso A.I. Lead content in soil, water, forage, grains, organs and the muscle tissue of cattle in Western Siberia (Russia). *Indian Journal of Ecology*, 2018, vol. 45, no. 4, pp. 866–871.
 13. Osadchuk L.V., Sebezhko O.I., Shishin N.G., Korotkevich O.S., Konovalova T.V., Petukhov V.L., Fikhman E.V. Hormonal and metabolic state of Holstein bulls in environmental and climate conditions of Kemerovo region. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2017, no. 2, pp. 52–61. (In Russian).
 14. Narozhnykh K.N., Strizhkova M.V., Konovalova T.V. Differences between breeds relative to the level of macro- and microelements in muscle tissue of cattle of Western Siberia. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2015, no. 2–10, pp. 2158–2163. (In Russian).
 15. Skiba T.V., Tsygankova A.R., Borisova N.S., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V. Direct determination of copper, lead and cadmium in the whole bovine blood using thick film modified graphite electrodes. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, vol. 9, no. 6, pp. 958–964.
 16. Tsygankova A.R., Kuptsov A.V., Saprykin A.I., Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Sebezhko O.I., Korotkevich O.S., Petukhov V.L., Osadchuk L.V. Analysis of trace elements in the hair of farm animals by atomic emission spectrometry with DC ARC excitation sources. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 2017, vol. 9, no. 5, pp. 601–605.
 17. Mingzhun L., Saurbaeva R.T., Venrong L., Sebezhko O.I., Andreeva V.A., Konovalova T.V., Korotkevich O.S. The impact of the Romanov

- stud rams' genotype on the accumulation of zinc in the wool. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2019, no. 3 (52). pp. 91–97. (In Russian).
18. Narozhnykh K.N., Konovalova T.V., Miller I.S., Strizhkova M.V., Zaiko O.A., Nazarenko A.V. Interspecies differences in concentration of heavy metals in derivatives of animal skin. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2015, no. 2–26, pp. 5815–5819. (In Russian).
19. Konovalova T.V., Narozhnykh K.N., Petukhov V.L., Fedyaev Y.I., Shishin N.I., Sebezhenko O.I., Korotkevich O.S., Kamaldinov E.V., Osadchuk L.V. Copper content in hair, bristle and feather in different species reared in Western Siberia. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 2017, vol. 44, no. 5, pp. 74.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

✉ **Зайко О.А.**, кандидат биологических наук, доцент; **адрес для переписки:** Россия, 630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160; e-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Назаренко А.В., заведующий лабораторией

Романенко М.А., аспирантка

Королева И.А., аспирантка

Магер С.Н., доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой

AUTHOR INFORMATION

✉ **Olga A. Zaiko**, Candidate of Science in Biology, Assistant Professor; **address:** 160 Dobrolyubov St, Novosibirsk, 630039, Russia; e-mail: zheltikovaolga@gmail.com

Andrey V. Nazarenko, Head of Laboratory

Mariia A. Romanenko, Postgraduate Student

Irina A. Korolyova, Postgraduate Student

Sergey N. Mager, Doctor of Science in Biology, Professor, Head of the Department

Дата поступления статьи 21.12.2020
Received by the editors 21.12.2020



К СОЗДАНИЮ МЕТРИЧЕСКОГО ПРОСТРАНСТВА ОБРАЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

Куценогий П.К., Каличкин В.К.

*Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук
Новосибирская область, р.п. Краснообск, Россия*

Представлен анализ различных подходов к прогнозированию сложных многофакторных систем в условиях неопределенности внешних условий. Данные подходы необходимо развивать с целью создания адекватных моделей сельскохозяйственной деятельности для целей ее эффективного планирования и управления. Отличительная особенность сельскохозяйственного производства – критическая зависимость от факторов внешней среды, которые не поддаются точному прогнозированию. Используемые для решения данной задачи в настоящее время регрессионное моделирование и анализ временных рядов в сложных случаях не дают адекватный прогноз динамики сельскохозяйственного объекта. В качестве подхода предлагается использовать построение «образа» системы. Данный подход относится к «природоподобным», так как моделирует способ принятия решения специалистом на основе накопленного опыта и интуиции. Ключевым параметром этого построения будет корректный выбор метрики (системы координат). Данный подход проиллюстрирован примером создания образа двумерного явления в одномерной системе координат. В результате под образом понимается изображение реальности в векторном пространстве определенной размерности. Образ в представлении авторов – отображение реальности в искусственно созданной метрике, более доступное пониманию и анализу, но сохраняющее основные (важные) черты и функции исходного объекта. Методы искусственного интеллекта можно рассматривать в качестве инструментов для создания и анализа образов. Важной характеристикой образа является его прогностическая сила, т.е. возможность для использования образа с целью прогнозирования состояния реального объекта в будущем периоде. Образ сохраняет свою прогностическую силу, если прогноз, полученный с использованием данного образа, соответствует данным, полученным при наблюдении за реальным объектом. Образ формируется в подходящей метрике для решения конкретной задачи. Ключевым метрическим параметром образа сельскохозяйственной деятельности, пригодного для целей прогнозирования, является минимальная размерность используемого векторного пространства, при котором сохраняется прогностическая сила образа для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: образ системы, моделирование процессов, прогнозирование, искусственный интеллект, размерность метрического пространства

CREATION OF THE SPATIAL METRIC FOR THE IMAGE OF AN AGRICULTURAL OBJECT

Kutsenogii P.K., Kalichkin V.K.

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

The analysis of various approaches to forecasting complex multifactorial systems in conditions of uncertainty of external conditions is presented. It is necessary to develop these approaches in order

to create adequate models of agricultural activities for their effective planning and management. A distinctive feature of agricultural production is a critical dependence on environmental factors, which cannot be accurately predicted. Regression modeling and analysis of time series used at present to solve this problem in difficult cases do not result in an adequate forecast of the dynamics of an agricultural object. As an approach, it is proposed to use the construction of the "image" of the system. This approach is classified as "nature-like", as it simulates a way of decision-making by a specialist on the basis of accumulated experience and intuition. The key parameter of this construction will be the correct choice of the metric (coordinate system). This approach is illustrated by an example of creating an image of a two-dimensional phenomenon in a one-dimensional coordinate system. As a result, an image is understood as an image of reality in a vector space of a certain dimension. The image in the authors' view is a reflection of reality in an artificially created metric, more suitable for understanding and analysis, but retaining the main (important) features and functions of the original object. Artificial intelligence techniques can be seen as tools for image creation and analysis. An important characteristic of an image is its predictive power, i.e. the ability to use the image in order to predict the state of a real object in the future period. An image retains its predictive power if the forecast obtained using this image corresponds to the data obtained when observing a real object. The image is formed in a suitable metric for solving a specific problem. The key metric parameter of the image of agricultural activity, suitable for forecasting purposes, is the minimum dimension of the vector space used, at which the predictive power of the image is retained to solve the problem.

Keywords: system image, process modeling, forecasting, artificial intelligence, spatial metric dimension

Для цитирования: Куценогий П.К., Каличкин В.К. К созданию метрического пространства образа сельскохозяйственного объекта // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 99–109. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-12>

For citation: Kutsenogii P.K., Kalichkin V.K. Creation of the spatial metric for the image of an agricultural object. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 99–109. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-12>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Создание образа какого-либо объекта, процесса или явления в науке связано прежде всего с двумя дисциплинами – моделированием и прогнозированием. Считается, что всякое познание представляет собой моделирование [1, 2]. Модель – это искусственно создаваемая система, в которой отражено сходство структуры и функции с системой-оригиналом, но которая всегда упрощает и искажает оригинал. В то же время упрощение необходимо в связи с большой сложностью аграрной системы и накопленного знания о ее функционировании. Адекватность моделей аграрных систем ограничивается сложностью математического описания и их нестационарностью, которая проявляется в их эволюции во времени. Следовательно, модель и моделирование независимо от ме-

тодов (подходов) имеют ограниченное значение и распространение. К этому следует добавить, что моделирование развито в академической среде и слабо используется специалистами производства. Математическое моделирование сельскохозяйственных процессов и объектов (например, управление продукционным процессом растений) является, по сути, «вещью в себе».

В свою очередь, компьютерное моделирование развивается в настоящее время в сторону обработки больших данных и их визуализации (создание образов), поскольку именно этот процесс преобразования данных наиболее легко воспринимается человеком [3]. В рамках этой парадигмы технологии виртуальной (virtual reality, VR) и дополненной (augmented reality, AR) реаль-

ности наиболее перспективны в упрощении процесса восприятия и понимания данных, а также процессов поддержки принятия решений [4]. В то же время, по мнению Н.Н. Шаброва¹, решение экстраординарных задач невозможно обеспечить набором разработанных ранее моделей многоцелевого назначения в силу их неадекватности или неэффективного масштабирования вычислений. Для решения таких задач требуется разработка уникальных моделей и уравнений состояния объекта, а также разработка численных схем решения. В связи с этим моделирование осуществляется с использованием суперкомпьютеров. Моделирование на суперкомпьютерах порождает сверхбольшие объемы данных, анализ и интерактивная визуализация которых в системах виртуального окружения в режиме реального времени в свою очередь также требует применения суперкомпьютерных вычислений. В процессе моделирования с производительностью вычислительных систем на уровне петафлопс (10^{15} операций в секунду) создаются объемы данных уровня петабайт (10^{15} байт). При этом для визуализации объемов данных уровня Petabyte требуются как новые технологии анализа и визуализации результатов, так и новые программные и аппаратные средства визуализации².

В России в настоящее время формируется национальная технологическая платформа по созданию и развитию суперкомпьютерных технологий даже экзотического класса [3]. Однако выразим предположение, что в ближайшее время решение сельскохозяйственных задач (заметим, что они относятся к экстраординарным) вряд ли возможно на данной технологической платформе. Бизнес и государство заинтересованы в ней, однако в настоящее время в России нет исследователей, способных решать эту задачу на высоком профессиональном уровне (аграрные наука и образование таких исследователей не подготовили).

Создание методов прогнозирования – одна из главных проблем науки, и, возможно, труднейшая из них. Наиболее распространенное в сельском хозяйстве прогнозирование основано на использовании факторной регрессионной модели [5–7]. Однако ни в одну регрессионную модель невозможно включить все факторы, влияющие на изучаемый показатель, например на урожайность культур. Во-первых, часть факторов вообще неизвестна, так как наши знания не имеют статуса абсолютной истины. Во-вторых, часть факторов теоретически известна, но на практике по ним нет достаточно надежной информации. В-третьих, если число известных факторов велико, то все их невозможно включить в уравнение регрессии по математическим ограничениям (превышение числа факторов над численностью выборки, мультиколлинеарность [8, 9], гетероскедастичность) [10, 11].

Еще одним распространенным методом является анализ временных рядов, в котором прогнозирование осуществляется по тренду [12–14]. Этот метод также имеет недостатки, а именно: неявность факторов динамики, скрытых за «номером периода», лишает исследователя возможности учесть ожидаемый скачок в развитии того или иного фактора. Нет возможности моделировать разные варианты прогноза при разных сочетаниях значений факторов, что обычно делается при прогнозе по регрессионной модели с управляемыми факторами. Прогноз по тренду несет в себе как бы черты фатализма.

Следовательно, регрессионное моделирование и анализ временных рядов в сложных случаях не дают адекватный прогноз динамики сельскохозяйственного объекта. Тем не менее, человек принимает решения и чаще всего они оказываются удачными. Что-то слабо уловимое, интуитивное, не подлежащее строгой формализации подсказывает человеку нужное решение. По на-

¹Шабров Н.Н., Киев В.А., Кузин А.К. Системы виртуального окружения – ключевые технологии анализа результатов суперкомпьютерного моделирования // Суперкомпьютерные дни в России: материалы конф., 2015. С. 428–435.

²Шабров Н.Н., Орлов С.Г., Кузин А.К., Суетов А.Е. Параллельные компьютерные технологии в системах виртуального окружения. Цели и задачи // Суперкомпьютерные технологии в науке, образовании и промышленности: материалы конф. М.: Изд-во МГУ, 2011. С. 669–671.

шему мнению, это интуитивное, созданное субъективным опытом человека, предстает у него в голове в качестве некоторого образа результата действия, образом выступает и само действие.

Аксиомой понимания образа в современной философии и психологии стало определение образа, данное Г.В. Гегелем³, «...являет нашему взору не абстрактную сущность, а конкретную ее действительность...». В когнитивной науке образ понимается как «репрезентация в уме неприсутствующего объекта или события» [15]. Основная задача образа – сохранение в памяти событий и явлений реальности в виде некоторой «картинки в голове», «проекции сцен из реального мира».

С точки зрения использования образа в качестве общедоступного инструмента, а не только «картинки в голове» отдельного субъекта, более подходящим является определение «проекция сцены из реального мира». Данная проекция всегда осуществляется в некоторой метрике. Например, кинематограф прошлого века (не 3D) – это проекция визуальной картинки на плоский экран, т.е. двухмерное изображение трехмерного мира. То же относится к искусству живописи. Если образ – это «картинка», соответствующая некоторому оригиналу, то размерность пространства картинки и размерность пространства оригинала совсем не обязательно совпадают. Тем не менее, требуемый и имеющий практическую значимость образ должен позволять получать адекватное представление об оригинале и иметь прогностическую силу. Иными словами, в адекватном образе отражаются необходимые для прогноза характеристики оригинала, или же по-другому: на основании образа возможно точно (с допустимой точностью) опознать оригинал. Так, по фотографии можно практически со 100%-й вероятностью идентифицировать человека по признакам его внешности, хотя фотография – это двухмерное изображение, а внешность человека – это функция трехмерного

пространства. Более того, близкой к 100%-й идентификация допускается по черно-белой фотографии, хотя лицо человека обладает всей цветовой гаммой. Данный пример показывает, что для функции «идентификация» достаточно создания образа объекта в пространстве, размерность которого намного меньше, чем возможная размерность пространства, требуемого для точного описания объекта.

То же необходимо применить к описанию сельскохозяйственной деятельности. Для точного и полномасштабного описания подобных процессов требуется многопараметрическое (многомерное) описание. Существует огромное количество разнообразных взаимодействующих факторов, приводящих в итоге к конечному результату деятельности. Учет всех возможных факторов, а тем более, их точное прогнозирование, является неразрешимой задачей. Однако действительно ли следует создавать наиболее детальный из возможных образов в наиболее сложной и полной метрике для адекватного описания ситуации и прогнозирования результата?

Цель исследования – определить образ сельскохозяйственного объекта как инструмент адекватного прогнозирования, рассмотреть понятия требуемой и возможной детализации образа исходя из конкретики решаемой задачи и определить ключевое метрическое пространство создаваемого образа.

В психологии образ понимается как отражение реальности в виде целостной структуры, которая становится содержанием психики человека. Данный природоподобный и антропоцентрический подход можно развивать, моделируя образы реальных объектов так, как это происходит в искусственных нейронных сетях. Однако существует и несколько иной подход. Модель объекта создается для того, чтобы прогнозировать события, связанные с данным объектом, которые еще никогда по факту не происходили, на основе предыдущего похожего или аналогичного опыта. Следует подчеркнуть, что если возможно точное повторение условий

³Гегель Г.В. Эстетика. Т. 1. М.: Искусство, 1968. 311 с.

эксперимента, как это постулируется в физике, то можно точно предсказать результат данного эксперимента исключительно на основе опыта. Если повторение условий эксперимента невозможно или данные условия являются недоопределенными изначально, то в любом случае необходимо строить модель с рядом допущений и прогнозировать результат на основе данной модели. Таким образом, иное определение образа объекта – это модель, позволяющая прогнозировать состояние данного объекта с допустимой степенью точности (достоверности).

Второе (физическое) определение «образа» пересекается с первым в той части, в которой образ, являющийся отображением реальности в психике человека, так же, как и численная модель, подлежит «улучшению» по мере накопления знаний об объекте. Здесь уместно привести простые примеры. Первое впечатление одного человека о другом человеке – это образ, который служит для предсказания поведения. Что можно от этого конкретного человека ожидать в той или иной ситуации? По мере накопления опыта взаимодействия с человеком в различных ситуациях первое впечатление может оказаться ошибочным, и появляется более совершенная модель предсказания (образ личности другого человека), которая предлагает более точные варианты поведения в тех или иных ситуациях. Пример с поведением человека достаточно характерный, так как описывает очень сложный объект с большим числом факторов, влияющих на конечный результат.

Образ или «прогностическая модель» сельскохозяйственной деятельности однозначно относятся к активности, проистекающей в условиях воздействия большого числа факторов, имеющих критическое влияние на итоговые результаты происходящих процессов, при этом ряд факторов подвержен сильной изменчивости, другие вообще недоопределены. Сельскохозяйственная деятельность связана с жизненными циклами биологических объектов: растений и животных. Развитие и гибель данных биологических объектов зависит как от свойств самих

объектов, закодированных в геноме, так и от внешних условий. Одними из самых значимых внешних условий, определяющих развитие растений, является погода в виде совокупности метеорологических показателей: температуры, освещенности, осадков, скорости ветра и др. Важно осознать, что под понятием «погода» скрывается очень широкий набор параметров состояния атмосферы, гидросферы и почвы в точке измерений и в момент времени, когда проводят измерения. Часто при попытке создать предикативную модель сельскохозяйственной деятельности пытаются найти способ предсказания погоды на период, для которого необходимо получить прогноз урожайности сельскохозяйственных культур. Долгосрочный прогноз погоды – всегда значения, полученные с некоторой степенью вероятности. Еще один фактор, который следует принять во внимание: текущие погодные условия в момент наблюдения (текущий эксперимент) никогда в точности не повторятся. С точки зрения физического моделирования это означает, что невозможно воспроизвести условия эксперимента с целью проверки истинности сделанных наблюдений на текущем этапе. Важен не просто факт наличия трудно прогнозируемых условий, важен факт недоопределенности данных условий, поскольку единственное, что известно наверняка, – в точности данные условия (тем более, во временной развертке) не повторятся никогда.

Любой конечный результат, который мы хотим достигнуть, может быть представлен в виде образа. Фактически, в зависимости от «полноты» образ позволяет симулировать результат в процессе мысленного (для человека) или численного эксперимента в случае создания численного виртуального образа. Образ помещается в граничные условия, соответствующие ожиданиям, и выдает прогностический результат. Как и человек, который может ориентироваться в не совсем знакомой ему обстановке, опираясь на накопленный опыт и соответствующие логические конструкции, так и исследователи ожидают от качественно сконструированного образа результата, максимально

соответствующего наблюдаемой действительности при наличии неполных или недоопределенных граничных условий. Чем более «полным» будет создаваемый образ, тем меньше требований он будет предъявлять к количеству и точности используемых входных параметров. С точки зрения человеческой деятельности, именно это и называется «опытом».

Образ – это искусственно созданная реальность, к которой мы должны стремиться (или которую должны прогнозировать?). Или модель, обладающая прогностической силой? Под понятием образа понимаем сложившуюся картину, которая будучи дополненной условиями (предполагаемыми) выдает ожидаемый результат. Правильно созданный образ должен быть минимально чувствителен к точности определения условий в будущих периодах. Как определить «качество» образа? После наступления события реальность может быть соотнесена с прогнозом. Условия уже не моделируются и не предсказываются, а наступили по факту. В этой ситуации наблюдатель имеет фактическую величину предсказанного значения и может сравнить его с предсказанием на основе построенного предварительно образа. Чем лучше соответствие, тем качественней создаваемый образ. Если соответствие не вписывается в заданный диапазон, предстоит корректировка образа. Происходит накопление опыта, в соответствии с которым корректируется образ. В идеале, образ стремится к некому предельному случаю, когда дальнейшее накопление опыта уже не приводит к более точному описанию. Точность прогнозов больше не растет с ростом числа проведенных опытов и ростом числа вносимых корректив. Это может быть связано и с недоопределенностью условий, в которых существует физическая реальность, образ которой создается исследователем. В этом случае образ должен быть принят адекватным реальности в достижимой мере, и именно к этому образу стремится исследователь (наблюдатель).

Данный подход похож на тот, который применяется для «тренировки» нейронных сетей в машинном обучении. В данном слу-

чае нейронную сеть можно рассматривать как модель, способную предсказать интересующий исследователя результат после определенной настройки или обучения. Внутри модели остаются определенные степени свободы, а именно: весовые коэффициенты сигналов, передающихся с одного слоя сети на следующий с тем, чтобы активировать функции виртуальных нейронов следующего слоя. При наличии достаточного количества обучающих примеров, т.е. наборов условий и известных результатов, соответствующих данным условиям, происходит тренировка, подбор весовых коэффициентов так, чтобы модель адекватно воспроизводила весь массив обучающих примеров. На степени адекватности остановимся ниже. Сейчас рассмотрим случай, когда обучение не удастся успешно завершить. Причин для этого может быть несколько:

- недостаточное число обучающих примеров. Проверить данную гипотезу не составляет труда, если есть возможность дальнейшего накопления опыта. Если есть возможность продолжать эксперименты в новых условиях и по мере накопления опыта точность последующих предсказаний растет, значит, модель (образ) адекватна, но изначально было недостаточно данных. По мере накопления данных образ (модель) уточняется, но до определенного предела, заложенного в самой структуре образа или модели. Дальнейшее накопление данных становится избыточным;

- неадекватность самой структуры образа или модели поставленной задаче. Если по мере накопления данных точность предсказаний не растет, необходимо модифицировать саму модель. Вероятно, в ней изначально недостаточно степеней свободы или они неадекватно определены;

- возможно, задача в принципе не решается с помощью какого-либо моделирования или не существует адекватного образа, описывающего действительность в существенных для процесса условиях. Данный результат возник, скорее всего, из-за изначально завышенных ожиданий исследователя от

создаваемого образа и некорректно сформулированной задачи.

Рассмотрим данную проблему более подробно. Ключевым вопросом является следующий: насколько детальным должен и может быть образ, создать который для моделирования реальных физических или биологических процессов мы стремимся? Парадокс, но в данном случае, «лучше» может быть и «хуже». Прогностическая сила слишком детализированного образа может оказаться заведомо хуже, чем у образа с большим количеством допущений и обобщений. В области искусственного интеллекта и машинного обучения данный парадокс описан в терминах «переобученная модель». Поясним суть проблемы на примере.

Представим, что необходимо по фотографии определить личность человека. Можно иметь очень четкую детализированную оцифрованную фотографию и отталкиваться от нее. На основе этой фотографии создаем детальный цифровой образ данного человека, учитывая все детали имеющейся фотографии. Тогда для идентификации человека необходимо будет сделать точно такую же фотографию, в том же ракурсе и разрешении. Скорее всего, точно воспроизвести снимок не удастся, и машинный алгоритм будет утверждать, что любая из представленных фотографий не соответствует оригиналу, в том числе и фотографии, на которых запечатлен человек с оригинального снимка, использованного в качестве изначального образа или модели. У данной весьма точной модели прогностическая сила равна нулю, так как она со 100%-й вероятностью при идентификации любого человека (включая правильного) выдаст отрицательный ответ.

Теперь попытаемся «заглубить» образ, используя не всю полноту данных оцифрованной фотографии. Разработаем систему соотношений, описывающих основные черты лица: отношение длины носа к расстоянию между кончиком носа и подбородком, соотношение ширины и высоты лба, соотношение длины рта и расстояния между глаз и др. Выделив, например, 100 таких параметров, которые могут быть определены по

фотографиям человека, фактически создадим новую метрику, в которой может быть преобразован фотоснимок. После кодировки снимка в новой метрике объем используемых и хранящихся данных резко сокращается. Для создания образа лица человека в новой метрике лучше использовать не один точный снимок с высоким разрешением, а множество снимков, пусть и плохого качества. Использование множества снимков позволит учесть особенности мимики каждого конкретного человека при фотографировании. Размерность метрики может быть 100, может быть больше или меньше. Чем больше размерность, тем точнее будем отсеивать неверные образы. Однако сразу можно сказать, что даже очень грубая модель или образ дают не нулевую вероятность получения правильного результата: с некоторой конечной вероятностью такой образ будет соответствовать реальному искомому человеку. Поскольку вероятность обнаружения правильного человека в случае переобученной модели сразу оценена нами, как равная нулю, любая конечная вероятность получения правильного ответа в бесконечное число раз лучше с точки зрения прогностической силы образа или модели. В приведенном примере видно, что грубый образ может быть существенно лучше попытки создания точного образа применительно к конкретной задаче.

Из сказанного выше следует, что образ, к которому мы стремимся – это не идеализированное описание, максимально точно приближенное к представляемой нами картине мира, а та модель, которая при наложении на нее адекватных граничных условий даст прогнозные значения интересующей величины с максимально возможной (допустимой) точностью. С данной точки зрения, определение пределов минимально допустимых пределов разброса прогнозных значений применительно к конкретной задаче – важнейший вопрос, который предстоит решать при конструировании предсказательных образов или моделей.

Процесс «заглубления» образа для целей его практического использования можно

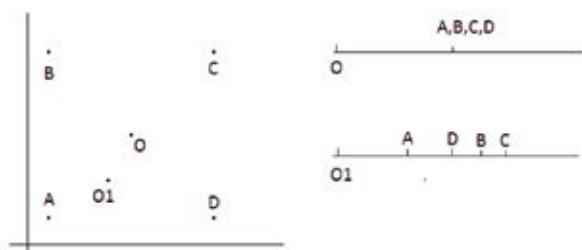
представить в виде формальной математической задачи поиска минимальной возможной размерности пространства для представления. Некоторые авторы [16] описывают в качестве способа визуализации объекта из n -мерного пространства его проекцию в пространство меньшей размерности. На самом деле, это единственный практически работающий подход. Так, когда мы говорим о «визуализации», то имеем в виду, что образ может быть представлен в графическом представлении, удобном для восприятия. Однако человек способен визуально воспринимать объекты в виде двух- и трехмерного изображения. Достаточно сложно, даже обладая весьма развитой фантазией, представить себе четырехмерный объект. Следующей задачей визуализации при выборе проекции в двух- или трехмерное пространство является выбор такой метрики, при которой наблюдатель может адекватно оценить реальный (многомерный) объект, видя лишь его «образ» или проекцию в пространство меньшей размерности. В приведенной работе [16] мера адекватности оценивается по такому признаку, как способность оператора сложной технической системы, описываемой многими параметрами, верно оценить ее техническое состояние и пересказать при необходимости возникновение внештатной ситуации. В данном случае имеем конкретное приложение прогностической силы образа. Система в общем виде описывается в

n -мерном пространстве: число параметров, каждый из которых может измеряться в широком диапазоне значений, достаточно велико. Оператор системы способен быстро воспринимать только двухмерную картинку, выводимую на дисплей. Правильный выбор осей (метрики двухмерного) изображения позволит оператору различить в данной картинке ситуацию, предсказывающую возможное аварийное поведение системы.

Критичность выбора метрики для целей использования образа в дальнейшем для решения практических задач можно проиллюстрировать элементарным (наивным) примером. На рисунке представлены 4 точки (объекта) A, B, C, D в исходном двухмерном пространстве. Предлагается выбрать метрику для одномерного представления объектов. Выберем в качестве метрики расстояние каждой из точек до некоторого центра O. Если в качестве точки отсчета, выбрать точку O в центре квадрата, образуемого точками ABCD, то в новом одномерном пространстве будет видно, что все объекты равноудалены от O. Следовательно, в исходном (истинном) пространстве можно расположить объекты на окружности. Однако информация о равноудаленности точек вдоль окружности окажется утерянной, что является примером издержек при сокращении размерности образа по сравнению с исходным представлением. Данный факт указывает, что выбор метрики для создания адекватного образа зависит и от постановки задачи, для решения которой образ создается.

Рассмотрим данный элементарный пример с точки зрения некорректного выбора метрики для создания образа в $n-1$ -мерном пространстве. Если в качестве точки отсчета новой метрики выбрать не точку O, а точку O1, отображение объектов в новом пространстве будет иметь вид странного распределения, в котором трудно увидеть систему и сделать какие-то выводы относительно объектов в исходном представлении.

Описанный пример – это не образ будущего системы, а образ ее настоящего состояния, позволяющий отразить главные чер-



Пример создания одномерного образа расположения четырех объектов в двухмерном пространстве

An example of creating a one-dimensional image of the location of four objects in two-dimensional space

ты, связанные с развитием ситуации, или с динамикой развития системы в некоторой временной перспективе. Именно этот подход позволяет перейти к прогнозированию поведения сложных систем в будущем.

Как уже отмечалось выше, полный прогноз в исходной метрике (исходных координатах описания) становится невозможным из-за обилия факторов, некоторые из которых невозможно учесть. Упрощение метрики при сохранении возможности идентификации образа – это возможность учесть именно важные и значимые факторы, в том числе влияющие критическим образом на поведение системы. Упростив картину, возможно сохранить прогностическую силу создаваемого образа.

Образ формируется на основе знаний о потенциальных возможностях объекта, погруженных в условия. В общем виде задачу прогнозирования можно сформулировать как получение образа конечной системы для момента времени T , имея некий набор данных о системе в моменты времени, предшествующие времени T . Понятие «образа» неразрывно связано с понятием «наблюдателя». Когда речь идет о прогнозе, для наблюдателя важны совершенно конкретные параметры интересующего его образа. Если речь идет о картинке, его интересует портретное сходство с искомым объектом или субъектом, о сельскохозяйственной деятельности – например, возможная ожидаемая урожайность конкретных культур и необходимые действия по ее получению. Речь идет об образе в конкретной «метрике» или системе координат. Здесь и возникает «наблюдатель», так как образ создается в соответствии с техническим заданием наблюдателя и включает в себя параметры, важные для него. Наблюдателя интересует конкретный прогноз по конкретным параметрам системы. Выбор оптимальной метрики происходит именно с целью решения задачи, поставленной наблюдателем. Если стоит задача создания образа, пригодного для прогнозирования состояния системы, необходимо учесть, сколько и каких параметров системы необходимо описывать, а также от каких внешних условий зависимость

является критической и какие внешние условия могут, а какие не могут быть адекватно спрогнозированы в интересующей временной перспективе.

Например, задача – получение прогноза сельскохозяйственной деятельности в будущем периоде. Критические параметры, влияющие на результат, – погодные условия будущего периода, погодные условия предшествующего периода и совокупность применяемых агротехнологий по возделыванию исследуемой культуры. Наиболее непредсказуемые параметры – погодные параметры будущего периода. Соответственно, адекватная прогностическая модель должна быть построена в виде образа будущего периода в такой метрике, чтобы иметь минимальную чувствительность к изменению параметров, описывающих актуальную погоду.

Размерность пространства образа может быть ограничена размерностью имеющегося массива исходных данных, на основе которых предполагается создать данный образ. Задача поиска оптимальной размерности, или оптимальной «метрики» образа, сама по себе является безусловно важной.

Практически все методы искусственного интеллекта или машинного обучения (в более узком смысле) сводятся к представлению исходного массива данных в пространстве со сконструированной метрикой таким образом, чтобы выявить скрытые закономерности, закодированные в самих данных, но не являющиеся очевидными в исходной метрике. Главный плюс таких подходов в том, что система сама подбирает метрику, в которой представление выйдет наиболее очевидным образом. Выбор данной метрики – ключевая задача построения образа, что проиллюстрировано на рисунке.

Любой конечный результат, включая результат сельскохозяйственной деятельности, описываемый в будущем прогнозном периоде, может быть представлен в виде образа. Образ – это отображение реальности в искусственно созданной метрике, более доступное пониманию и анализу, но сохраняющее основные (важные) черты и функции исходного объекта.

Образ – это состояние объекта в будущем, которое предполагается использовать в прогностических целях на основе знаний о потенциальных возможностях объекта, погруженных в условия (например, отдельный агрометеорологический ресурс, урожайность и др.). Под образом понимаем существующую объективную реальность, смоделированную с помощью множества векторов. Методы искусственного интеллекта можно рассматривать в качестве инструментов для создания и анализа создаваемых образов.

При создании образа сельскохозяйственного объекта (деятельности) существует ряд объективных ограничений на предельно допустимую детализацию, связанную с недоопределенностью условий, в которых будет воспроизводиться деятельность. Недоучет деталей (информации), имеющихся в распоряжении исследователя при создании образа, ведет к снижению точности прогноза на его основе. Попытка создания образа с детализацией большей, чем допускает объект исследований, ведет к нестабильному поведению образа, неадекватным выводам на его основе и излишней трате вычислительных ресурсов. Ключевым метрическим параметром образа сельскохозяйственного объекта (деятельности), пригодного для целей прогнозирования является минимальная размерность пространства создаваемого образа, при котором сохраняется его прогностическая сила для решения поставленной задачи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амосов Н.М. Моделирование мышления и психики: монография. Киев: Наукова думка, 1965. 303 с.
2. Lewandowsky S., Farrell S. Computational modeling in cognition: Principles and practice. SAGE publications, Inc., 2011. 359 p.
3. Шабров Н.Н., Куриков Н.Н. Анализ и визуализация результатов научных исследований с помощью технологий виртуальной реальности // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2011. № 4 (135). С. 200–205.
4. Шабров Н.Н. Программно-аппаратные комплексы виртуального окружения – ключевые компоненты технологий виртуального инжиниринга // CAD/CAM/CAE Observer. 2016. № 3 (103). С. 83–86.
5. Огородников П.И., Усик В.В. Прогнозирование производства и урожайности зерновых культур на основе регрессионных моделей // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 13 (132). С. 354–359.
6. Затонский А.В., Сиротина Н.А. Прогнозирование экономических систем по модели на основе регрессионного дифференциального уравнения // Экономика и математические методы. 2014. Т. 50. № 1. С. 91–99.
7. Адамадзе К.Р., Касимова Т.М. Методы прогнозирования развития сельского хозяйства // Фундаментальные исследования. 2014. Т. 1. № 5.
8. Бурда А.Г., Мокропуло А.А., Полусмак В.И., Бурда С.А. Мультиколлинеарность в рейтинговых моделях оценки инвестиционных проектов агроэкономических систем // Фундаментальные исследования. 2019. № 3. С. 11–16.
9. Моисеев Н.А. Методы повышения достоверности прогнозных эконометрических исследований: монография. М.: «Русайнс», 2019. 272 с.
10. Салль М.А. Климатические риски: временные тренды и гетероскедастичность // Метеорология и гидрология. 2015. № 7. С. 84–92.
11. Истигечева Е.В., Мицель А.А. Модели с авторегрессионной условной гетероскедастичностью // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2006. № 5 (13). С. 15–21.
12. Канторович Г.Г. Анализ временных рядов // Экономический журнал Высшей школы экономики. 2002. Т. 6. № 4. С. 498–523.
13. Афанасьева Т.В. Моделирование нечетких тенденций временных рядов: монография. Ульяновск: Издательство Ульяновского государственного технического университета, 2013. 215 с.
14. Татьянакин В.М. Использование многослойных нейронных сетей в прогнозировании временных рядов // Приоритетные направления развития науки и образования. 2014. № 3. С. 195–197.
15. Солсо Р. Когнитивная психология: монография. СПб.: Питер, 2006. 589 с.
16. Емельянова Ю.Г., Фраленко В.П. Методы когнитивно-графического представления информации для эффективного мониторинга сложных технических систем // Программные системы: теория и приложения. 2018. Т. 9. № 4 (39). С. 117–158.

REFERENCES

1. Amosov H.M. *Modeling of thinking and psyche*. Kiev: Naukova dumka Publ., 1965, 303 p. (In Russian).
2. Lewandowsky S., Farrell S. *Computational modeling in cognition: Principles and practice*. SAGE publications, Inc., 2011, 359 p.
3. Shabrov N.N., Kurikov N.N. Analysis and visualization of scientific research results using virtual reality technologies. *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbPU. Estestvennye i inzhenernye nauki = St. Petersburg State Polytechnic University Journal of Engineering Science and Technology*, 2011, no. 4 (135), pp. 200–205. (In Russian).
4. Shabrov N.N. Virtual environment software and hardware complexes are key components of virtual engineering technologies. *CAD/CAM/CAE Observer*, 2016, no. 3 (103), pp. 83–86. (In Russian).
5. Ogorodnikov P.I., Usik V.V. Forecasting the production and yield of grain crops based on regression models. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta. = Vestnik Orenburg State University*, 2011, no. 13 (132), pp. 354–359. (In Russian).
6. Zatonskii A.V., Sirotina N.A. Forecasting economic systems using a model based on a regression differential equation. *Ekonomika i matematicheskie metody = Economics and Mathematical Methods*, 2014, vol. 50, no. 1, pp. 91–99. (In Russian).
7. Adamadziev K.R., Kasimova T.M. Methods of forecasting of development of agriculture. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2014, vol. 1, no. 5. (In Russian).
8. Burda A.G., Mokropulo A.A., Polusmak V.I., Burda S.A. Multicollinearity in rating models of evaluation of investment projects of agro-economic systems. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*, 2019, no. 3, pp. 11–16. (In Russian).
9. Moiseev N.A. *Methods for increasing the reliability of predictive econometric studies*. M.: Ruscience Publ., 2019, 272 p. (In Russian).
10. Sall' M.A. Climate Risks: Temporal Trends and Heteroscedasticity. *Meteorologiya i gidrologiya = Russian Meteorology and Hydrology*, 2015, no. 7, pp. 84–92. (In Russian).
11. Istigecheva E.V., Mitsel' A.A. Models with autoregressive conditional heteroscedasticity. *Doklady Tomskogo gosudarstvennogo universiteta sistem upravleniya i radioelektroniki = Proceedings of the TUSUR University*, 2006, no. 5 (13), pp. 15–21. (In Russian).
12. Kantorovich G.G. Time series analysis. *Ekonomicheskii zhurnal Vysshei shkoly ekonomiki = Higher School of Economics Economic Journal*, 2002, vol. 6, no. 4, pp. 498–523. (In Russian).
13. Afanas'eva T.V. *Modeling fuzzy time series trends*. Ul'yanovsk: Izdatel'stvo Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta = Publishing House of Ulyanovsk State Technical University, 2013, 215 p. (In Russian).
14. Tat'yankin V.M. Using multilayer neural networks in time series forecasting. *Prioritetnye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya = Priority directions of development of science and education*, 2014, no. 3, pp. 195–197. (In Russian).
15. Solso R. *Cognitive psychology*. SPb.: Piter Publ., 2006, 589 p. (In Russian).
16. Emel'yanova Yu.G., Fralenko V.P. Methods of cognitive-graphical representation of information for effective monitoring of complex technical systems. *Programmnye sistemy: teoriya i prilozheniya = Program Systems: Theory and Applications*, 2018, vol. 9, no. 4 (39), pp. 117–158. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Куценогий П.К., кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник; e-mail: peter@kutsenogiy.ru

✉ **Каличкин В.К.**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 630501, Новосибирская область, р.п. Краснообск, а/я 463; e-mail: kvk@ngs.ru

AUTHOR INFORMATION

Peter K. Kutsenogii, Candidate of Science in Physics and Mathematics, Lead Researcher, e-mail: peter@kutsenogiy.ru

✉ **Vladimir K. Kalichkin**, Doctor of Science in Agriculture, Professor, Head Researcher; **address:** PO Box 463, SFSCA RAS, Krasnoobsk, Novosibirsk Region, 630501, Russia; e-mail: kvk@ngs.ru

Дата поступления статьи 03.10.2020
Received by the editors 03.10.2020

ТЕНДЕНЦИИ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТЕХНИКОЙ АПК ОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н.

Омский аграрный научный центр

г. Омск, Россия

Представлены результаты анализа технической оснащенности производителей сельскохозяйственной продукции мобильными энергетическими средствами и технологическими машинами в зависимости от площадей возделываемых культур. Изучены данные 2008–2020 гг. государственной статистики Министерства сельского хозяйства и продовольствия Омской области. Общие посевные площади региона составляют 2881,2 тыс. га. Отмечено незначительное сокращение площади под зерновыми культурами на 2,9 тыс. га, под кормовыми культурами на 75,2 тыс. га, или 0,14 и 13,2%, соответственно. Показано значительное изменение количественного состава машинно-тракторного парка. Отмечено ежегодное сокращение количества тракторов, кормозаготовительных и зерноуборочных комбайнов. Количество тракторов уменьшилось на 2811 ед., или 26,6%. По состоянию на декабрь 2020 г. эксплуатация 30,6% зерноуборочных и 56,7% кормозаготовительных самоходных комбайнов не превышает 10 лет. Уменьшение количества сельскохозяйственных тракторов связано с использованием минимальной технологии обработки почвы, сокращением энергетических затрат и средств для проведения агротехнических операций по сравнению с традиционной технологией. Сокращение количества тракторов и комбайнов приводит к возрастанию средней нагрузки на машину. Данная тенденция определяет увеличение сроков проведения основных агротехнических операций, что сказывается на количестве и качестве конечной продукции. Определение оптимального состава тракторного парка должно проводиться для каждого конкретного хозяйства с учетом местных условий, структуры хозяйственной деятельности и его специализации.

Ключевые слова: техника, обеспеченность, тракторы, комбайны, посевные площади

TRENDS IN MACHINERY AVAILABILITY IN AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF OMSK REGION

Chekusov M.S., Kem A.A., Mikhal'tsov E.M., Shmidt A.N.

Omsk Agricultural Scientific Center

Omsk, Russia

The results of the analysis on the assessment of technical equipment of agricultural producers with mobile power facilities and technological machines depending on the area of cultivated crops in the Omsk region are presented. The state statistics data of the Ministry of Agriculture and Food of Omsk Region were studied for the period of 2008–2020. The total cultivation area of the region is 2881.2 thousand hectares. There was a slight decrease in the area under grain crops by 2.9 thousand hectares, under fodder crops by 75.2 thousand hectares, or by 0.14 and 13.2%, respectively. A significant change in the quantitative composition of the machine and tractor fleet is shown. An annual reduction in the number of tractors, forage harvesters and grain harvesters was noted. The number of tractors decreased by 2811 units, or by 26.6%. As of December 2020, the operation of 30.6% of grain harvesters and 56.7% of self-propelled forage harvesters does not exceed 10 years. A decrease in the number of agricultural tractors is connected with the use of a minimum tillage technology, a reduction in energy costs and funds for carrying out agrotechnical operations in comparison with traditional technology. Reducing the number of tractors and combines leads to an increase in the average load on the machine. This tendency leads to increasing the terms of the main agrotechnical operations, which affects the quantity and quality of the final product. The determination of the optimal composition of the tractor fleet should be carried out for each specific farm, taking into account local conditions, the structure of economic activity and its specialization.

Keywords: machinery, equipment, tractors, combine harvesters, cultivation areas

Для цитирования: Чекусов М.С., Кем А.А., Михальцов Е.М., Шмидт А.Н. Тенденции обеспеченности техникой АПК Омской области // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021. Т. 51. № 1. С. 110–117. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-13>

For citation: Chekusov M.S., Kem A.A., Mikhaltsov E.M., Shmidt A.N. Trends in machinery availability in Agro-Industrial Complex of Omsk region. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki* = *Siberian Herald of Agricultural Science*, 2021, vol. 51, no. 1, pp. 110–117. <https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-13>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Современное состояние агропромышленного комплекса России характеризуется устаревшей производственно-технической базой, отсутствием инвестиционной привлекательности и конкуренции. Региональный агропромышленный комплекс оказывает влияние на экономическую, политическую и социальную обстановку в регионах, предприятиями АПК производится более 70% потребительских товаров для населения и одна третья доля валового продукта^{1,2} [1–3].

Уровень развития агропромышленного комплекса во многом определяется его технической оснащенностью, которая зависит от наличия и объемов приобретения им сельскохозяйственной техники и энергетических ресурсов, а также от их качества. В настоящее время произошло значительное сокращение количества сельскохозяйственных машин и оборудования, поступающих в сельскохозяйственное производство³ [4–6].

В ходе реформирования экономики страны и АПК произошло абсолютное и относительное сокращение численности машинно-тракторного парка (МТП), его моральное и физическое старение, ухудшение технического состояния, отклонение структуры парка техники от оптимальных параметров. Оптимизация количественного и качественного состава МТП – исходное условие проведения всех необходимых агротехнических операций на имеющихся в хозяйстве площадях в оптимальные агротехнические сроки с

минимальными затратами и максимальной доходностью производства [7–9].

Для сельскохозяйственной отрасли обеспеченность тракторами и другими самоходными машинами актуальна, так как большая часть механизированных работ проводится в растениеводстве мобильными энергетическими средствами [10–12]. Основная причина ухудшения состояния технической обеспеченности сельского хозяйства – отсутствие средств на приобретение техники и оборудования, сокращение инвестиций в отрасль.

Обеспеченность сельскохозяйственных организаций Омской области тракторами и самоходными сельскохозяйственными машинами снижается, но число общих посевных площадей остается на прежнем уровне. В результате низких темпов обновления МТП возрастает нагрузка на устаревшие морально и физически средства механизации. Это приводит к увеличению сроков проведения агротехнических операций по возделыванию сельскохозяйственных культур и снижению качества продукции. В современных условиях становится актуальным поиск путей для приобретения и модернизации технической обеспеченности сельского хозяйства [13].

По состоянию на 2020 г. в Омской области насчитывается более 300 сельскохозяйственных организаций, 2,3 тыс. крестьянско-фермерских хозяйств и более 333 тыс.

¹Проект стратегии инновационного развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2020 г. Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.09.2011 г.

²Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013–2020 гг., утвержденная Постановлением № 747 Правительства Российской Федерации от 14 июля 2012 г.

³Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 г. Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13.12.2016 г.

личных подсобных хозяйств⁴. Постепенно идет процесс укрупнения сельскохозяйственных предприятий. Динамика изменений посевных площадей сельскохозяйственных культур 2008–2020 гг. представлена на рис. 1.

Анализ представленного материала указывает на то, что посевные площади в рассматриваемый период изменились незначительно. В 2020 г. они занимали 2881,2 тыс. га. Площади под зерновыми культурами в 2008–2020 гг. сократились на 2,9 тыс. га, под кормовыми культурами – на 75,2 тыс. га, или 0,14 и 13,2%, соответственно.

Несмотря на небольшие изменения в объеме посевных площадей, количественный состав МТП Омской области за указанный период значительно сократился⁵. Уменьшение наличия тракторов в АПК обусловлено сокращением отрасли животноводства. Число колесных тракторов, находящихся в эксплуатации в сельскохозяйственной отрасли, за 12 лет сократилось на 2811 ед., или 26,6% (см. рис. 2). Изменения в количестве гусеничных тракторов в данной статье не рассматриваются, так как в Омской области

этот вид тракторов в настоящее время практически не используется, в основном из-за ненадежности.

Сокращение количества техники также связано с переоформлением ее в собственность физических лиц. Машины после смены собственников большей частью уже не участвуют в товарном производстве сельскохозяйственной продукции. Перемены качественного состава машинно-тракторного парка в большинстве хозяйств, как правило, не происходит по причине финансовой неустойчивости большинства хозяйств и отсутствия у них возможности покупки новых энергонасыщенных высокоэффективных машин на замену старым.

Уменьшение количества сельскохозяйственных тракторов связано с переходом от технологии обработки почвы с оборотом пласта к минимальной обработке, требующей меньших энергозатрат и состава энергетических средств для проведения всех необходимых агротехнических операций, входящих в технологию [14].

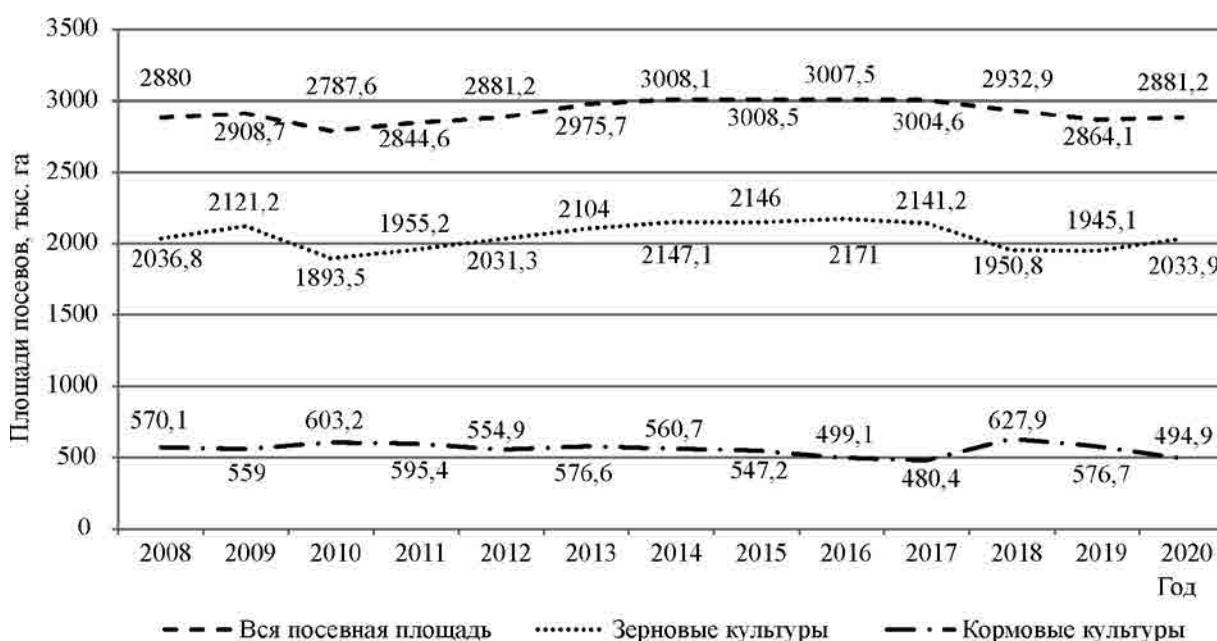


Рис. 1. Изменение посевных площадей в Омской области

Fig. 1. Changes in the cultivated areas in Omsk region

⁴Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. URL: <https://omsk.gks.ru/agriculture>

⁵Наличие тракторов, сельскохозяйственных машин и энергетических мощностей в сельскохозяйственных организациях Омской области на 1 января 2019 г. Омск: Омкстат, 2020. 27 с

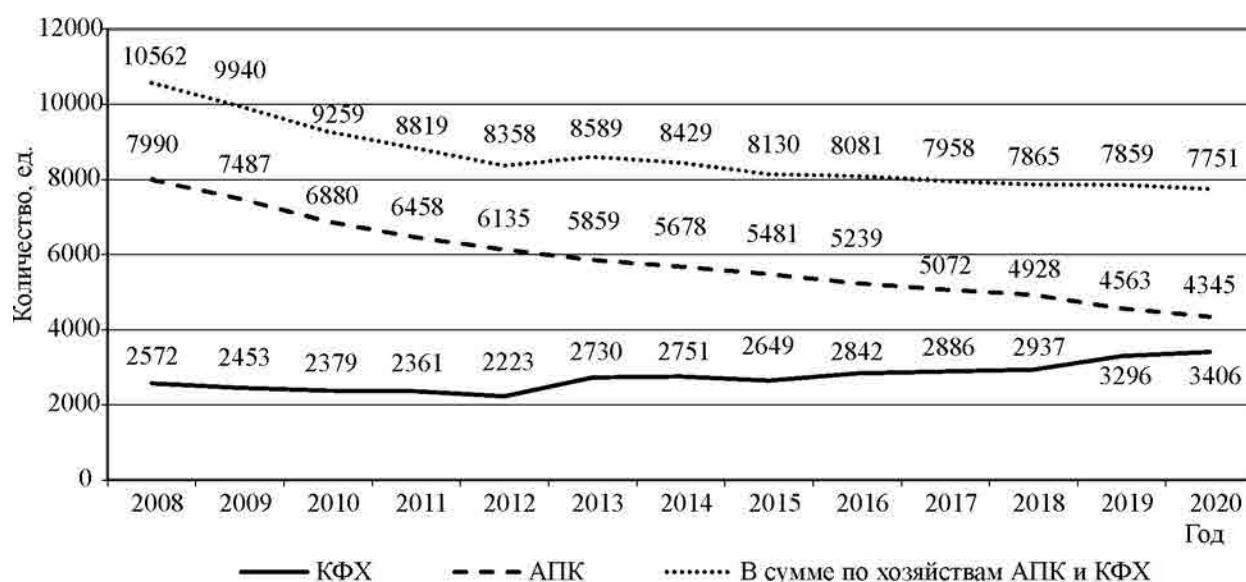


Рис. 2. Изменение количества колесных тракторов, зарегистрированных в собственности сельскохозяйственных товаропроизводителей, ед.

Fig. 2. Change in the number of wheeled tractors registered in the ownership of agricultural producers, units

Машинно-тракторный парк Омской области характеризуется продолжительными сроками эксплуатации техники и значительной изношенностью. Данные по срокам эксплуатации различных видов мобильной сельскохозяйственной техники Омской области приведены в таблице.

Наибольшим износом характеризуется парк тракторов и зерноуборочных комбайнов – 88,0 и 68,8% соответственно (см. таблицу).

Отмечено интенсивное обновление таких универсальных технических средств, как

самоходные косилки. В настоящее время в хозяйствах области косилок насчитывается 285 ед., из них 65,1% эксплуатируются до 3 лет.

С внедрением в производство интенсивных технологий в хозяйствах Омской области работает 126 ед. высокопроизводительных самоходных опрыскивателей.

Для обработки почвы и посева на полях Омской области ежегодно задействовано более 15 000 ед. сельскохозяйственной техники (см. рис. 3).

Обеспеченность хозяйств Омской области мобильной сельскохозяйственной техникой (2020 г.)
Provision of farms of the Omsk region with mobile agricultural machinery (2020)

Наименование	Техника, ед.	Техника, отработавшая амортизационный срок, ед. (% к наличию)
Тракторы	26229	24183 (88)
Косилки самоходные	285	84 (29,5)
Опрыскиватели самоходные	126	20 (15,9)
Жатки самоходные	301	36 (12,0)
Комбайны зерноуборочные	4788	3296 (68,8)
В том числе иностранного производства	974	318 (32,6)
Комбайны кормоуборочные	274	157 (57,3)
В том числе иностранного производства	93	32 (34,4)

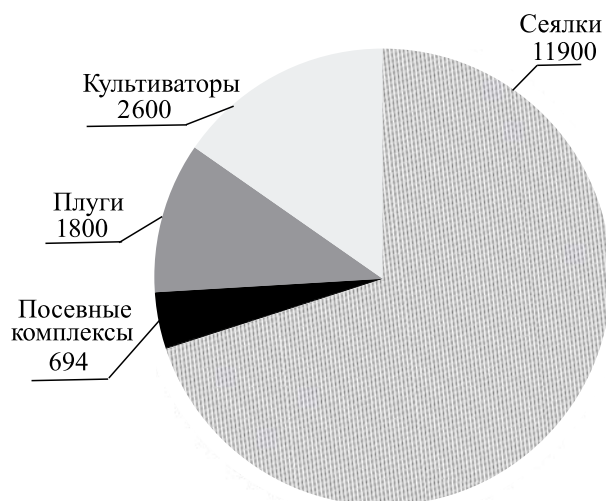


Рис. 3. Почвообрабатывающие и посевные орудия в Омской области, ед. (2020 г.)

Fig. 3. Tillage and sowing tools in Omsk region, units (2020)

Парк самоходных сельскохозяйственных комбайнов Омской области находится в более благоприятном состоянии в сравнении с парком тракторов (см. рис. 4.).

В настоящее время проведена замена значительной части как физически, так и морально устаревших уборочных машин. По состоянию на декабрь 2020 г. 30,6% зерноуборочных и 56,7% кормозаготовитель-

ных самоходных комбайнов имеют сроки, не превышающие 10 лет. В данном случае можно говорить о качественном скачке в обеспеченности аграриев современной высокопроизводительной техникой. Наряду с зарубежной техникой на полях используется и отечественная (в первую очередь производства ОАО «Ростсельмаш») [15]. Данные машины финансово доступны в основном хозяйствам, находящимся на юге Омской области и специализирующимся на возделывании зерновых.

На основании анализа данных наличия комбайнов у товаропроизводителей различных форм собственности приведена нагрузка на один комбайн в Омской области в 2008–2020 гг. (см. рис. 5).

Нагрузка на зерноуборочный комбайн увеличилась от 402 до 543 га, на кормозаготовительные машины изменилась незначительно (см. рис. 5).

Для определения количества мобильной техники в условиях Западной Сибири основным критерием выступает площадь, которую должна обработать одна машина в оптимальный агротехнический срок.

Необходимое количество сельскохозяйственных машин для выполнения техноло-

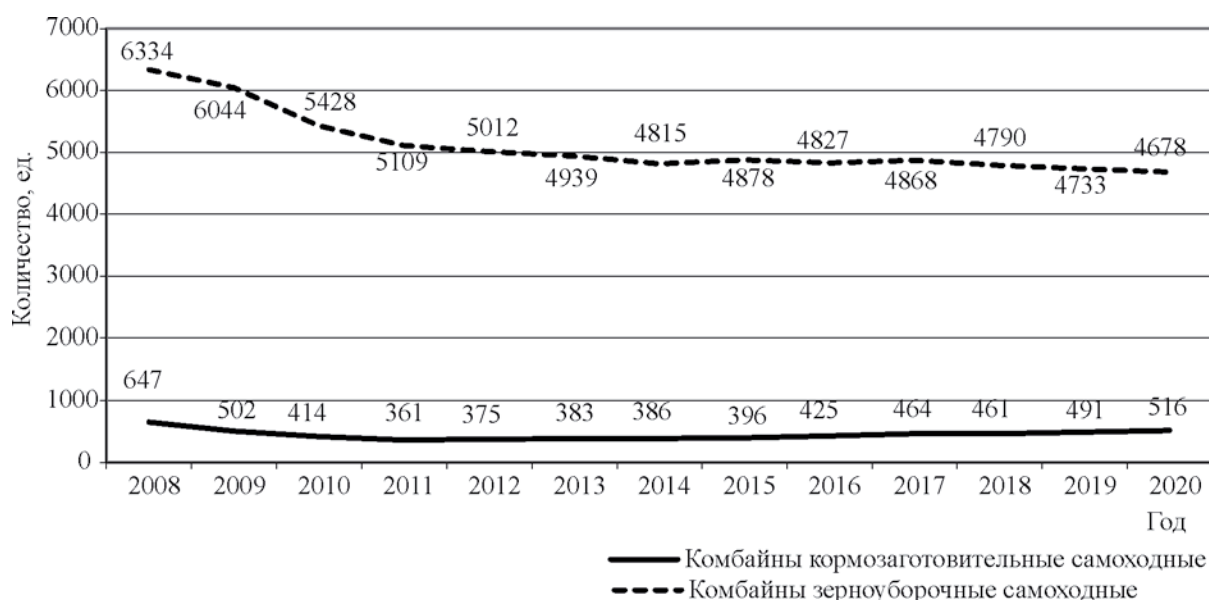


Рис. 4. Динамика изменения количества самоходных комбайнов

Fig. 4. Dynamics of changes in the number of self-propelled combines

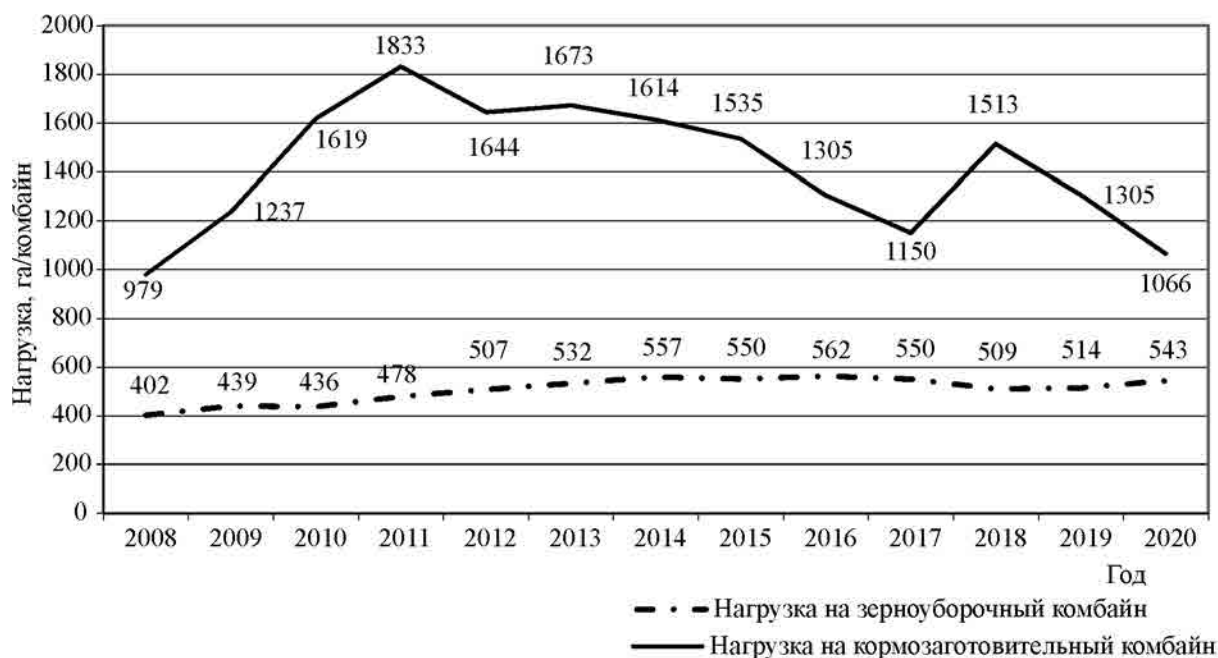


Рис. 5. Изменение средней нагрузки на самоходный комбайн

Fig. 5. Change in the average load on a self-propelled combine

гических операций в растениеводстве рассчитывается по формуле

$$N = \frac{S_{\text{об.р}} \times k_{\text{т.г}}}{H_{\text{год}}},$$

где $S_{\text{об.р}}$ – объем работ, которые необходимо провести в течение года, га; $k_{\text{т.г}}$ – коэффициент технической готовности (средние значения по результатам технического осмотра последних 10 лет для зерноуборочных комбайнов $k_{\text{т.г}} = 0,8$, для тракторов $k_{\text{т.г}} = 0,7$); $H_{\text{год}}$ – нормативная годовая наработка на одну машину или орудие, га.

От эффективности использования машинно-тракторных агрегатов в целом непосредственно зависят количество и качество производимой сельскохозяйственной продукции, затраты соответствующих ресурсов и в конечном итоге экономическое благополучие хозяйства. Высокая техническая вооруженность хозяйства – важнейшее условие минимизации затрат, что обеспечивает высокий уровень культуры земледелия и четкое выполнение технологических операций в оптимальные сроки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При незначительном изменении объема посевных площадей и их структуры в Омской области за 2008–2020 гг. сложилась тенденция сокращения машинно-тракторного парка. Численность тракторов, используемых в сельском хозяйстве в 2020 г., составила 7751 ед., зерновых комбайнов – 4678 ед., кормозаготовительных комбайнов – 516 ед. Сокращение числа тракторов и комбайнов в изучаемый период привело к росту средней годовой нагрузки на трактор на 99 га, или 36%, на зерноуборочный комбайн – на 141 га, или 35%. Это влияет на сроки выполнения основных агротехнических операций, количество и качество конечной продукции. Определение оптимального состава тракторного и комбайнового парка должно проводиться для каждого конкретного хозяйства с учетом местных условий и структуры хозяйственной деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пустовалова К.А. Формирование машинно-тракторного парка в региональном АПК // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследования. 2017. № 28. С. 172–176.

2. Дзуганов В.Б., Дзуганова М.А. Состояние и оценка развития технической оснащенности АПК региона // Фундаментальные исследования. 2016. № 8–1. С. 134–138.
3. Лещенко Г.С. Техническая обеспеченность сельского хозяйства на современном этапе // Молодой ученый. 2015. № 20 (100). С. 252–254.
4. Кулов А.Р., Соловьева Н.Е. Состояние технической обеспеченности сельского хозяйства и тенденции его развития на современном этапе // Научный результат. Экономические исследования. 2017. Т. 3. № 2.
5. Солодилов А.В. Агропромышленный комплекс России в условиях санкций: состояние и перспективы развития // Вестник московского государственного областного университета. Серия Экономика. М.: МГОУ. 2016. № 2. С. 30–37.
6. Самаруха В., Тяпкина М. Техническая оснащенность сельского хозяйства // Экономика сельского хозяйства России. 2020. № 6. С. 31–36.
7. Докин Б.Д., Степчук С.А., Ёлкин О.В. Обоснование выбора технологий и технических средств для возделывания зерновых культур в условиях Сибири // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2013. № 1 (26). С. 111–118.
8. Лебедев А.Т., Арженовский А.Г. Повышение эффективности использования машинно-тракторных агрегатов // Технический сервис машин. 2019. № 1. С. 46–52.
9. Поляков Г.Н., Шуханов С.Н. Состояние и тенденции технического обеспечения АПК Иркутской области // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 52–57.
10. Иванова С.В. Наилучшие доступные технологии в растениеводстве для регионов Сибири // XXI век. Техносферная безопасность. 2016. № 1 (1). С. 59–67.
11. Яковлев Н.С., Назаров Н.Н. Техническое оснащение технологии возделывания зерновых культур // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2017. Т. 47, № 3 (256). С. 68–75.
12. Докин Б.Д., Ёлкин О.В., Лапченко Е.А. Техническое обеспечение сроков проведения полевых работ в условиях Сибири // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2015. № 3. С. 30–33.
13. Назаров Н.Н., Милаев П.П. Инженерное

проектирование агротехнологий растениеводства: монография. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2019. 255 с.

14. Храмцов И.Ф., Кошелев Б.С. Развитие сельскохозяйственной науки в Омском регионе: монография. Омск: ЛИТЕРА, 2015. 588 с.
15. Семин А.Н., Иовлев Г.А. Сравнительный анализ эффективности функционирования отечественной и зарубежной сельскохозяйственной техники // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2018. № 5. С. 17–21.

REFERENCES

1. Pustovalova K.A. Formation of the machine and tractor fleet in the regional agro-industrial complex. *Novoe slovo v nauke i praktike: gipotezy i aprobatsiya rezul'tatov issledovaniya* = *A new word in science and practice: hypotheses and approbation of research results*, 2017, no. 28, pp. 172–176. (In Russian).
2. Dzuganov V.B., Dzuganova M.A. Condition assessment and development of regional technical equipment and agrarian and industrial complex. *Fundamental'nye issledovaniya* = *Fundamental Research*, 2016, no. 8–1, pp. 134–138. (In Russian).
3. Leshchenko G.S. Technical provision of agriculture at the present stage. *Molodoi uchenyi* = *Young Scientist*, 2015, no. 20 (100), pp. 252–254. (In Russian).
4. Kulov A.R., Solov'eva N.E. The state of technical provision of the agricultural industry and the tendency of its development at the present stage. *Nauchnyi rezul'tat. Ekonomicheskie issledovaniya* = *Research Result. Economic Research*, 2017, vol. 3, no. 2, (In Russian).
5. Solodilov A.V. Agro-industrial complex of Russia under sanctions: modern state and prospects of development. *Vestnik moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya Ekonomika* = *Bulletin of the Moscow Region State University. Series: Economics*, 2016, no. 2, pp. 30–37. (In Russian).
6. Samarukha V., Tyapkina M. Agricultural technical equipment. *Ekonomika sel'skogo khozyaystva Rossii* = *The Economy of Agriculture in Russia*, 2020, no. 6, pp. 31–36. (In Russian).
7. Dokin B.D., Stepchuk S.A., Elkin O.V. Justification of the choice of technologies and technical means for the cultivation of grain crops

- in Siberia. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2013, no. 1 (26), pp. 111–118. (In Russian).
8. Lebedev A.T., Arzhenovskii A.G. Improvement of efficiency of the machine and tractor units use. *Tekhnicheskii servis mashin* = *Machinery Technical Service*, 2019, no. 1, pp. 46–52. (In Russian).
9. Polyakov G.N., Shukhanov S.N. State and tendencies of technical support of agriculture of the Irkutsk region. *Izvestiya Mezhdunarodnoi akademii agrarnogo obrazovaniya* = *Izvestia International Academy of Agricultural Education*, 2019, no. 45, pp. 52–57. (In Russian).
10. Ivanova S.V. The best available technologies in Siberian agricultural industry. *Tekhnosfernaya bezopasnost'* = *Technosphere safety*, 2016, no. 1 (1), pp. 59–67. (In Russian).
11. Yakovlev N.S., Nazarov N.N. Technical equipment of techniques for grain crop cultivation. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = *Bulletin of Novosibirsk State Agrarian University*, 2017, vol. 47, no. 3 (256), pp. 68–75. (In Russian).
12. Dokin B.D., Elkin O.V., Lapchenko E.A. Provision of technical support for timely cultivations of Siberia. *Sel'skokhozyaistvennye mashiny i tekhnologii* = *Agricultural Machinery and Technologies*, 2015, no. 3, pp. 30–33. (In Russian).
13. Nazarov N.N., Milaev P.P. *Engineering design of agricultural technologies for crop production*. Novosibirsk: SFNTsA RAN, 2019, 255 p. (In Russian).
14. Khrantsov I.F., Koshelev B.S. *Development of agricultural science in Omsk region*. Omsk: LITERA, 2015, 588 p. (In Russian).
15. Semin A.N., Iovlev G.A. A comparative effectiveness analysis of functioning foreign and domestic agricultural machinery. *Ekonomika sel'skokhozyaistvennykh i pererabatyvayushchikh predpriyatii* = *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*, 2018, no. 5, pp. 17–21. (In Russian).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чекусов М.С., кандидат технических наук, доцент

✉ **Кем А.А.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник; **адрес для переписки:** Россия, 644012, Омск, пр. Академика Королева, 26; e-mail: kem@anc55.ru

Михальцов Е.М., кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

Шмидт А.Н., младший научный сотрудник

AUTOR INFORMATION

Maksim S. Chekusov, Candidate of Science in Engineering, Associate Professor

✉ **Aleksandr A. Kem**, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher; **address:** 26 Academician Korolev Avenue, Omsk, 644012, Russia; e-mail: kem@anc55.ru

Evgenii M. Mikhaltsov, Candidate of Science in Engineering, Lead Researcher.

Andrei N. Schmidt, Junior Researcher

Дата поступления статьи 21.12.2020
Received by the editors 21.12.2020

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

Правила публикации рукописей в журнале определяют требования к оформлению, научной экспертизе и подготовке к публикации направляемых в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рукописей. Правила для авторов составлены на основе этических принципов, общих для членов научного сообщества, и правил публикации в международных и отечественных научных периодических изданиях, а также в соответствии с требованиями ВАК для периодических изданий, включенных в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Журнал публикует оригинальные статьи по фундаментальным и прикладным проблемам по направлениям:

- общее земледелие и растениеводство;
- селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений;
- защита растений;
- кормопроизводство;
- кормление сельскохозяйственных животных и технологии кормов;
- ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунологией;
- технология и средства механизации сельского хозяйства.

В журнале также публикуются обзоры, краткие сообщения, хроника, рецензии, книжные обзоры, материалы по истории сельскохозяйственной науки и деятельности учреждений и ученых.

Статья, направляемая в редакцию, должна соответствовать тематическим разделам журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»:

Наименование рубрики	Группы специальностей научных работников в соответствии с Номенклатурой научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени
Земледелие и химизация	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство
Растениеводство и селекция	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений
Защита растений	06.01.07 Защита растений
Кормопроизводство	06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов
Животноводство и ветеринария	06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных
Механизация, автоматизация, моделирование и информационное обеспечение	05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Проблемы. Суждения	06.01.01 Общее земледелие и растениеводство 06.01.05 Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений 06.01.07 Защита растений 06.02.02 Ветеринарная микробиология, вирусология, эпизоотология, микология с микотоксикологией и иммунология 06.02.07 Разведение, селекция и генетика сельскохозяйственных животных 06.02.08 Кормопроизводство, кормление сельскохозяйственных животных и технология кормов 05.20.01 Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Журнал принимает материалы от аспирантов, соискателей, докторантов, специалистов и экспертов в данной области.

При направлении статьи в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» рекомендуем руководствоваться следующими правилами.

РЕКОМЕНДАЦИИ АВТОРУ ДО ПОДАЧИ СТАТЬИ

Представление статьи в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» подразумевает, что:

- статья ранее не была опубликована в другом журнале;
- статья не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией текущей версии статьи.

Перед отправкой статьи на рассмотрение необходимо убедиться, что в файле (файлах) содержится вся необходимая информация на русском и английском языках, указаны источники информации, размещенной на рисунках и в таблицах, все ссылки оформлены корректно.

На публикацию представляемых в редакцию материалов требуются письменное разрешение и рекомендация руководства организации, на средства которой проводились работы. Авторы (соавторы) подписывают рукопись, подтверждая свое участие в выполняемой работе и удостоверяя согласие с ее содержанием. Сведения об авторах (соавторах) заполняются согласно представленной анкете на русском и английском языках.

АНКЕТА АВТОРА

- Фамилия, имя, отчество (полностью)
- Ученая степень
- Место работы (полное название организации и подразделения)
- Должность
- Почтовый адрес места работы

- Контактные телефоны (служебный, домашний, мобильный), e-mail
- Отдельно следует выделить автора, ответственного за связь с редакцией, и указать его контактные e-mail и мобильный телефон

По представленной форме заполняется Авторская справка <http://sibvest.elpub.ru/>, в которой должно быть выражено согласие на открытое опубликование статьи в печатном варианте журнала и его электронной копии в сети Интернет. Автор, подписывая рукопись и направляя ее в редакцию, тем самым передает авторские права на издание этой статьи СФНЦА РАН.

Полный пакет документов (сопроводительное письмо, анкеты авторов, авторская справка, статья на одной стороне стандартного листа формата А4) направить по адресу: 630501, Новосибирская область, Новосибирский район, р.п. Краснообск, а/я 463, научно-организационный отдел СФНЦА РАН.

Необходимо также предоставить электронный вариант рукописи по электронной почте: vestnik.nsk@ngs.ru. Запись на электронном носителе должна быть идентична оригиналу на бумаге. Текст оформляется в программе Word кеглем 14, шрифтом Times New Roman с интервалом 1,5, все поля 2,0 см, нумерация страниц внизу и посередине. Объем статьи, включая таблицы, иллюстрации и библиографию, не должен превышать 15 страниц компьютерного набора; статей, размещаемых в рубриках «Из диссертационных работ» и «Краткие сообщения», – не более 5 страниц.

Число публикаций одного автора в номере журнала не должно превышать двух, при этом вторая статья допустима лишь в соавторстве.

Плата за публикацию статей в журнале с аспирантов не взимается, для иных авторов статьи в журнале публикуются на платной основе. После прохождения рецензирования рукописи редакция направляет в адрес организации или автора счет для оплаты.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК

Заголовок статьи на русском и английском языках (не более 70 знаков).

Фамилии и инициалы авторов, информация об авторах, полное официальное название научного учреждения, в котором проведены исследования, а также его полный почтовый адрес (включая индекс, город и страну), на русском и английском языках.

Если в подготовке статьи принимали участие авторы из разных учреждений, необходимо указать принадлежность каждого автора к конкретному учреждению с помощью надстрочного индекса.

Информация о конфликте интересов либо его отсутствии. Автор обязан уведомить редактора о реальном или потенциальном конфликте интересов, включив информацию о конфликте интересов в соответствующий раздел статьи. Если конфликта интересов нет, автор должен также сообщить об этом.

Пример формулировки: «Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов».

Реферат на русском и английском языках. Реферат является кратким и последовательным изложением материала статьи по основным разделам и должен отражать основное содержание, следовать логике изложения материала и описания результатов в статье с приведением конкретных данных. Объем реферата не менее 200–250 слов. Не следует включать впервые введенные термины, аббревиатуры (за исключением общеизвестных), ссылки на литературу. В реферате не следует подчеркивать новизну, актуальность и личный вклад автора; место исследования необходимо указывать до области (края), не упоминать конкретные организации.

Ключевые слова на русском и английском языках. 5–7 слов по теме статьи. Желательно, чтобы ключевые слова дополняли аннотацию и название статьи.

Благодарности на русском и английском языках. В этом разделе указываются все источники финансирования исследования, а также благодарности людям, которые участвовали в работе над статьей, но не являются ее авторами.

Основной текст статьи. При изложении оригинальных экспериментальных данных рекомендуется использовать подзаголовки:

ВВЕДЕНИЕ (постановка проблемы, цель, задачи исследования)

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ (условия, методы (методика) исследований, описание объекта, место и время проведения)

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЗАКЛЮЧЕНИЕ или **ВЫВОДЫ**

Теоретические, обзорные и проблемные статьи могут иметь произвольную структуру, но обязательно должны содержать реферат, ключевые слова, список литературы.

Список литературы. Библиографический список должен быть оформлен в виде общего списка в порядке цитирования в тексте (не менее 15 источников), желательны ссылки на источники 2–3-летнего срока давности. Список литературы должен быть оформлен в соответствии с требованиями и правилами составления библиографической ссылки (ГОСТ Р 7.05–2008). В тексте ссылка на источник отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на тех языках, на которых она издана. В библиографическое описание публикации необходимо вносить всех авторов, не сокращая их одним, тремя и т.п. Недопустимо сокращение названий статей, журналов, издательств.

В список литературы включаются только рецензируемые источники: статьи из научных журналов и монографии, упоминающиеся в тексте статьи.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ И REFERENCES

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

Монография

Климова Э.В. Полевые культуры Забайкалья: монография. Чита: Поиск, 2001. 392 с.

Часть книги

Холмов В.Г. Минимальная обработка кулисного пара под яровую пшеницу при интенсификации земледелия в южной лесостепи Западной Сибири // Ресурсосберегающие системы обработки почвы. М.: Агропромиздат, 1990. С. 230–235.

Периодическое издание

Пакуль А.Л., Лапшинов Н.А., Божанова Г.В., Пакуль В.Н. Технологические качества зерна мягкой яровой пшеницы в зависимости от системы обработки почвы // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2018. Т. 48. № 4. С. 27–35. DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

REFERENCES составляется в том же порядке, что и русскоязычный вариант, по следующим правилам:

Фамилии И.О. авторов в транслитерированном варианте, англоязычное название статьи, *транслитерация названия русскоязычного источника = англоязычное название источника*,

(для монографии: город, англоязычное название издательства, год, количество страниц; для журнала: год, номер, страницы). (In Russian).

Транслитерация осуществляется через сайт: <https://antropophob.ru/translit-bis>

Пример: Avtor A.A., Avtor B.B., Avtor C.C. Title of article.

Транслитерация авторов. Англоязычное название статьи

Zaglavie jurnala = Title of Journal, 2012, vol. 10, no. 2, pp. 49–54.

Транслитерация источника = англоязычное название источника

Монография

Klimova E.V. *Field crops of Zabaikalya*. Chita, Poisk Publ., 2001, 392 p. (In Russian).

Часть книги

Kholmov V.G. Minimum tillage of coulisse-strip fallow for spring wheat with intensification of arable agriculture in southern forest-steppe of Western Siberia. *Resource-saving tillage systems*, Moscow, Agropromizdat Publ., 1990, pp. 230–235. (In Russian).

Периодическое издание

Pakul A.L., Lapshinov N.A., Bozhanova G.V., Pakul V.N. Technological grain qualities of spring common wheat depending on the system of soil tillage. *Sibirskii vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki = Siberian Herald of Agricultural Science*, 2018, vol. 48, no. 4, pp. 27–35. (In Russian). DOI: 10.26898/0370-8799-2018-4-4.

Если необходимо сослаться на авторефераты, диссертации, сборники статей, учебники, учебные пособия, ГОСТы, информацию с сайтов, статистические отчеты, статьи в общественно-политических газетах и прочее, то такую информацию следует оформить в *сноску* в конце страницы. Сноски нумеруются арабскими цифрами, размещаются постранично сквозной нумерацией.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СНОСКИ:

Цитируемый текст¹.

¹Климова Э.В., Андреева О.Т., Темникова Г.П. Пути стабилизации кормопроизводства Забайкалья // Проблемы и перспективы совершенствования зональных систем земледелия в современных условиях: материалы науч.-практ. конф. (Чита, 16–17 октября 2008 г.). Чита, 2009. С. 36–39.

Цифровой идентификатор Digital Object Identifier – DOI (когда он есть у цитируемого материала) необходимо указывать в конце библиографической ссылки.

Пример:

Chu T., Starek M.J., Brewer M.J., Murray S.C., Pruter L.S. Assessing lodging severity over an experimental maize (*Zea mays* L.) field using UAS images // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. P. 923. DOI: 10.3390/rs9090923.

Наличие DOI статьи следует проверять на сайте <http://search.crossref.org/> или <https://www.citethisforme.com>. Для этого нужно ввести в поисковую строку название статьи на английском языке.

РИСУНКИ, ТАБЛИЦЫ, СКРИНШОТЫ И ФОТОГРАФИИ

Рисунки должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Все рисунки должны иметь

подрисуночные подписи. Подрисуночную подпись необходимо перевести на английский язык. Рисунки нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если рисунок в тексте один, то он не нумеруется. Отсылки на рисунки оформляются следующим образом: «На рис. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. рис. 3)». Подрисуночная подпись включает порядковый номер рисунка и его название. Выравнивается по центру: «Рис. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после подрисуночной подписи не ставится. Перевод подрисуночной подписи следует располагать после подрисуночной подписи на русском языке. Таблицы должны быть хорошего качества, пригодные для печати. Предпочтительны таблицы, пригодные для редактирования, а не отсканированные или в виде рисунков. Все таблицы должны иметь заголовки. Название таблицы должно быть переведено на английский язык. Таблицы нумеруются арабскими цифрами по порядку следования в тексте. Если таблица в тексте одна, то она не нумеруется. Отсылки на таблицы оформляются следующим образом: «В табл. 3 указано, что ...» или «Указано, что ... (см. табл. 3)». Заголовок таблицы включает порядковый номер таблицы и ее название. Выравнивается по центру: «Табл. 2. Описание жизненно важных процессов». Точка после заголовка таблицы не ставится. Перевод заголовка

таблицы следует располагать после заголовка таблицы на русском языке.

Следует обратить внимание на написание формул в статье. Во избежание путаницы необходимо греческие (α , β , π и др.), русские (А, а, Б, б и др.) буквы и цифры писать прямым шрифтом, латинские – курсивным (W , Z , m , n и др.). Математические знаки и символы нужно писать также прямым шрифтом. Необходимо четко указывать верхние и нижние надстрочные символы (W^1 , F_1 и др.).

Фотографии, скриншоты и другие нерисованные иллюстрации необходимо загружать отдельно в специальном разделе формы для подачи статьи в виде файлов формата *.jpeg, *.bmp, *.gif (*.doc и *.docx – в случае, если на изображение нанесены дополнительные пометки). Разрешение изображения должно быть >300 dpi. Файлам изображений необходимо присвоить название, соответствующее номеру рисунка в тексте.

В описании файла следует отдельно привести подрисовочную подпись, которая должна соответствовать названию фотографии, помещаемой в текст.

Редакция просит авторов при подготовке статей руководствоваться изложенными выше правилами. Статьи, оформленные не по правилам, будут возвращаться авторам без рассмотрения.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ЖУРНАЛОМ И АВТОРОМ

Редакция журнала ведет переписку с ответственным (контактным) автором, однако при желании коллектива авторов письма могут направляться всем авторам, для которых указан адрес электронной почты.

Все поступающие в журнал «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» статьи проходят предварительную проверку на соответствие формальным требованиям. На этом этапе статья может быть возвращена автору (авторам) на доработку с просьбой устранить ошибки или добавить недостающие данные. Также на этом этапе статья может быть отклонена из-за несоответствия ее целям журнала, отсутствия оригинальности, малой научной ценности.

Все научные статьи, поступившие в редакцию журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки», проходят обязательное двухстороннее «слепое» рецензирование (double-blind – автор и рецензент не знают друг о друге). Рукописи направляются по профилю научного исследования на рецензию членам редакционной коллегии.

В спорных случаях редактор может привлечь к процессу рецензирования нескольких специалистов, а также главного редактора. При положительном заключении рецензента статья передается редактору для подготовки к печати.

При принятии решения о доработке статьи замечания и комментарии рецензента передаются автору. Автору дается 2 месяца на устранение замечаний. Если в течение этого срока автор не уведомил редакцию о планируемых действиях, статья снимается с очереди публикации.

При принятии решения об отказе в публикации статьи автору отправляется соответствующее решение редакции.

Ответственному (контактному) автору принятой к публикации статьи направляется финальная версия верстки, которую он обязан проверить.

ПОРЯДОК ПЕРЕСМОТРА РЕШЕНИЙ РЕДАКТОРА/РЕЦЕНЗЕНТА

Если автор не согласен с заключением рецензента и/или редактора или отдельными замечаниями, он может оспорить принятое решение. Для этого автору необходимо:

- исправить рукопись статьи согласно обоснованным комментариям рецензентов и редакторов;
- ясно изложить свою позицию по рассматриваемому вопросу.

Редакторы содействуют повторной подаче рукописей, которые потенциально могли бы быть приняты, однако были отклонены из-за необходимости внесения существенных изменений или сбора дополнительных данных, и готовы подробно объяснить, что требуется исправить в рукописи для того, чтобы она была принята к публикации.

ДЕЙСТВИЯ РЕДАКЦИИ В СЛУЧАЕ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЛАГИАТА, ФАБРИКАЦИИ ИЛИ ФАЛЬСИФИКАЦИИ ДАННЫХ

Редакция научного журнала «Сибирский вестник сельскохозяйственной науки» в своей работе руководствуется традиционными этическими принципами научной периодики и сводом принципов «Кодекса этики научных публикаций», разработанным и утвержденным Комитетом по этике научных публикаций, требуя соблюдения этих правил от всех участников издательского процесса.

ИСПРАВЛЕНИЕ ОШИБОК И ОТЗЫВ СТАТЬИ

В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, влияющих на ее восприятие, но не искажающих изложенные результаты исследования, они могут быть исправлены путем замены pdf-файла статьи. В случае обнаружения в тексте статьи ошибок, искажающих результаты исследования, либо в случае плагиата, обнаружения недобросовестного поведения автора (авторов), связанного с фальсификацией и/или фабрикацией данных, статья может быть отозвана. Инициатором отзыва статьи может быть редакция, автор, организация, частное лицо. Отзываемая статья помечается знаком «Статья отозвана», на странице статьи размещается информация о причине отзыва статьи. Информация об отзыве статьи направляется в базы данных, в которых индексируется журнал.

УВАЖАЕМЫЕ ПОДПИСЧИКИ!

*Подписка на журнал
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
принимается в почтовых отделениях ФГУП «Почта России»
и в других организациях, осуществляющих прием подписки*

*В каталоге «Газеты. Журналы»
ОАО Агентство «Роспечать»
подписной индекс 46808*

*На годовой комплект журналов
или отдельные номера можно подписаться
в редакции*

*Полнотекстовая версия журнала
«Сибирский вестник сельскохозяйственной науки»
размещена на сайте Научной электронной библиотеки:
<http://www.elibrary.ru>*